



НАУКА



ТА БУДІВНИЦТВО

3(37)' 2023

Виходить чотири рази на рік

ЗАСНОВНИК

Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

Заснований в лютому 2014 року.

Свідцтво про державну реєстрацію
КВ № 20575-10375 Р від 24.02.2014 р.

Журнал входить до міжнародної наукометричної бази даних Copernicus з №1(15) 2018 року

<https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=63800&lang=pl>

Головний редактор:

Фаренюк Г.Г., д.т.н., проф., Україна

Заступник Головного редактора:

Слюсаренко Ю.І., к.т.н., с.н.с., Україна

Редакційна колегія:

Балаш Георгій, д.т.н., проф., Угорська Республіка

Бамбура А. М., д.т.н., проф., Україна

Брандль Хайнц, д.т.н., проф., Австрійська Республіка

Ванічек Іван, д.т.н., проф., Чеська Республіка

Жусупбеков А., Ж., д.т.н., проф., Республіка Казахстан

Ковров А. В., к.т.н., проф., Україна

Назаренко І. І., д.т.н., проф., Україна

Немчинов Ю. І., д.т.н., проф., Україна

Савицький М. В., д.т.н., проф., Україна

Шейніч Л. О., д.т.н., проф., Україна

Виконавчий редактор: Гах Н.Д., к.т.н., Україна
Комп'ютерна верстка: Чорна К.В., Україна

Затверджено до друку Науково-технічною радою ДП НДІБК (Протокол № 5 від 26.09.2023).

Журнал включено до переліку наукових фахових видань, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт (Затверджено наказом Міністерства освіти і науки України від 17.03.2020, №409).

При передруках посилання на «Наука та будівництво» є обов'язковим. Редакційна колегія не завжди поділяє думку авторів.

Адреса редакції: вул. Преображенська, 5/2, м. Київ-37, 03037, тел.: + 38 (044) 249-38-04
E-mail: journal@ndibk.gov.ua,
www.journal-niisk.com

© "Наука та будівництво" 2023

Підписано до друку: 28.09.2023

Віддруковано: Товариство з обмеженою відповідальністю «Мастеркниг», 01030 м. Київ, вул. Михайла Коцюбинського, 12, тел. 044 209-24-70

Свідцтво про реєстрацію суб'єкта видавничої справи ДК №3861 від 18.08.2010

Замовлення 340/09 від 28 вересня 2023 р.

Наклад 400 примірників

ЗМІСТ

3

Фаренюк Г.Г.

Методологія та експериментальний комплекс з досліджень в галузі будівельної фізики

20

Jarosław Szulc, Jan Sieczkowski

Захист великопанельних будівель від прогресуючого обвалення

28

Лісеній О.М.

Особливості обстеження та оцінки технічного стану споруд елеваторних комплексів

36

Фаренюк Г.Г., Белоконь О.А., Гах Н.Д.

Застосування європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції

42

Немчинов Ю.І., Мар'єнков М.Г.,

Глуховський В.П., Бабік К.М.

Сейсмостійке будівництво в Україні: стан експериментально-теоретичних досліджень та розробка нормативної бази

52

Слюсаренко Ю.С., Гах Н.Д., Шумінський В.Д.

Вимоги безпеки гребель бетонних та залізобетонних в проектних умовах експлуатації

63

Сергійчук В.А., Табаркевич О.О., Табаркевич Н.В.

Відновлення пошкоджених обстрілами житлових будинків Чернігівщини

71

Мелашенко Ю.Б., Яковенко М.С.,

Зорін Є.В., Бень І.В.

Багаторічний моніторинг деформацій будівель і споруд геодезичними методами

88

Оксень Є.І., Титаренко В.А., Домбровський Я.І.,

Степанчук С.В., Шумінський В.Д.

Особливості обстеження мостових споруд Київської ГЕС

97

Шейніч Л.О., Миколаєць М.Г.,

Сурмачевський А.С., Бугайчук М.М.,

Пушкарьова К.К.,

Зимове бетонування за технологією «HEATING OFF TECHNOLOGY»



3(37)' 2023

Published four times a year

FOUNDER

State enterprise «State Scientific Research Institute of Building Constructions»

Founded in February 2014.

Certificate of state registration

KV № 20575-10375 R dated on 24.02.2014

The journal is included in the Index Copernicus scientific database from №1(15) 2018

<https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=63800&lang=pl>

Editor-in-chief:

Farenjuk G., Dr., Prof., Ukraine

Deputy editor-in-chief:

Slusarenko Yu., PhD, Ukraine

Editorial Board

Balazs G., Dr., Prof., Republic of Hungary

Bambura A., Dr., Prof., Ukraine

Brandl H., Dr., Prof., Republic of Austria

Kovrov A., PhD, Prof., Ukraine

Nazarenko I., Dr., Prof., Ukraine

Nemchynov Iu., Dr., Prof., Ukraine

Savytskyi M., Dr., Prof., Ukraine

Sheinich L., Dr., Prof., Ukraine

Vanicek I., Dr., Prof., Czech Republic

Zhussupbekov A., Dr., Prof., Republic of Kazakhstan

Executive Editor: N. Gakh, PhD, Ukraine

Computer layout: K. Chorna

Issue is approved for print by Scientific and technical Council of SE NIISK (Protocol N 5 dated on 26.09.2023)

Journal is included in List of the scientific professional issues, where the dissertation works results may be published (It is approved by order of Ministry of education and science of Ukraine dd. 17.03.2020, №409)

The referencing on «Science & Construction» is obligatory when reprinting. The Editorial Board may be not agreed with authors' opinion.

Address of Editorial Board:

5/2 Preobrazhenska str., Kyiv-37, 03037,

tel.: + 38 (044) 249-38-04

E-mail: journal@ndibk.gov.ua,

www.journal-niisk.com

© «Science & Construction», 2023

Signed for printing: 28.09.2023

Printed: Master book Limited Liability Company 12, Mykhailo Kotsyubynskyi St., Kyiv, 01030, tel. 044 209-24-70

Certificate of Publishing Business Entity Registration DK No. 3861 of 18.08.2010

Order № 340/09 from 28.09.2023

Drawing: 400 copy

CONTENT

- | | |
|----|---|
| 3 | Farenjuk G.
Methodology and experimental complex for research in the field of construction physics |
| 20 | Jarosław Szulc, Jan Sieczkowski
Protection of large panel buildings against progressive collapse |
| 28 | Lisenyi O.M.
Inspection and assessment of the technical condition of elevator complex structures |
| 36 | Farenjuk G.G., Belokon O.L., Gakh N. D.
Use of European assessment documents for certain categories of construction products |
| 42 | Nemchynov I., Maryenkov M., Hlukhovskiy V., Babik K.
Earthquake-resistant construction in Ukraine. State of experimental and theoretical research and development of a regulatory framework |
| 52 | Slyusarenko Y., Gakh N., Shuminskyi V.
Concrete and reinforced concrete dams under design operating conditions. Safety requirements |
| 63 | Sergiychuk V., Tabarkevych O., Tabarkevych N.
Reconstruction of residential buildings damaged by shelling in Chernihiv region |
| 71 | Melashenko Y. B., Yakovenko M. S., Zorin E. V., Ben I. V.
Long-term monitoring of deformations of buildings and structures using geodetic methods |
| 88 | Oksen Y. Tytarenko V., Dombrovskiy Y., Stepanchuk S., Shuminskyi V.
Features of inspection of bridge structures of the Kyiv hydroelectric power plant |
| 97 | Sheinich L.O., Mykolaiets M.G., Surmachevskiy A.S., Bugaichuk M.M., Pushkarova K.K.
Cold-weather concreting using «HEATING-OFF TECHNOLOGY» |



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-1>

УДК 624.011:536.2



ФАРЕНЮК Г.Г.

Доктор техн. наук, професор,
директор, ДП «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: ndibk@ndibk.gov.ua,
тел.: +38 (044) 249-38-00,
ORCID: 0000-0002-5703-3976

МЕТОДОЛОГІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС З ДОСЛІДЖЕНЬ В ГАЛУЗІ БУДІВЕЛЬНОЇ ФІЗИКИ

АНОТАЦІЯ

Протягом більш ніж 40 років у Державному науково-дослідному інституті будівельних конструкцій (далі – ДП НДІБК) проводяться системні дослідження в галузі будівельної фізики. Будівельна фізика є сукупністю наукових дисциплін прикладної фізики, які розглядають фізичні явища і процеси, пов'язані з будівельною теплофізикою, будівельною і архітектурною акустикою, світлотехнікою.

Українська будівельна наука за цим напрямком має значні досягнення в розвитку теорії переносу теплоти та маси в огорожувальних конструкціях, забезпеченню акустичного комфорту в будівлях, спорудах та на прилеглих територіях, розробки та удосконаленню правил проектування будівель та споруд за вимогами енергоефективності. Ґрунтовність наукових результатів та їх практичне значення обумовлено застосуванням існуючого в ДП НДІБК експериментального комплексу з досліджень в галузі будівельної фізики, що складається з системи експериментального обладнання для проведення наукових досліджень будівельної продукції за теплофізичними, акустичними і світлотехнічними властивостями.

Випробувальний теплофізичний комплекс ДП НДІБК – це особливий науково-дослідний комплекс, основними елементами якого є унікальні кліматичні камери для випробувань теплоізоляційних властивостей огорожуваль-

них конструкцій та випробувальне обладнання для визначення теплотехнічних показників та теплофізичних властивостей будівельних конструкцій, матеріалів та виробів. Акустичний випробувальний комплекс ДП НДІБК – це науково-дослідний комплекс, основою якого є унікальні акустичні звукомірні камери та інше випробувальне обладнання, дослідження на яких дозволяють вирішувати комплексні задачі акустичного благоустрою та захисту від шуму приміщень в будівлях різного призначення, територій житлової забудови, ландшафтно-рекреаційних територій при їх проектуванні, новому будівництві та реконструкції.

У статті наведені методологічні основи проведення досліджень та надається опис експериментального комплексу лабораторних установок та обладнання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: будівлі, будівельна теплофізика, показники енергоефективності, акустика, звукоізоляція, кліматичні камери, акустичні камери.

METHODOLOGY AND EXPERIMENTAL COMPLEX FOR RESEARCH IN THE FIELD OF CONSTRUCTION PHYSICS

ABSTRACT

For more than 40 years, the State Research Institute of Building Constructions (NIISK) has



been conducting systematic research in the field of construction physics. Construction physics is a set of scientific disciplines of applied physics that consider physical phenomena and processes related to construction thermophysics, construction and architectural acoustics, and lighting engineering.

In this area, Ukrainian construction science has significant achievements in developing the theory of heat and mass transfer in enclosing structures, providing acoustic comfort in buildings, structures, and adjacent areas, and developing and improving the design rules for buildings and structures according to energy efficiency requirements. The thoroughness of scientific results and their practical significance is due to the use of the NIISK experimental complex for research in the field of construction that comprises a system of experimental equipment for conducting scientific research of construction products on thermophysical, acoustic, and lighting properties.

The test thermophysical complex of the NIISK is a special research complex, whose main elements are unique climate chambers for testing the thermal insulation properties of enclosing structures and test equipment for determining the thermal engineering indicators and thermophysical properties of building structures of materials and products. The main elements of the acoustic testing complex of the NIISK is a special research complex that employs unique acoustic chambers and other testing equipment, which allows solving complex problems of acoustic improvement and noise protection of premises in buildings of various purposes, residential areas, and landscape and recreational areas during their design, construction, and reconstruction.

The article presents the methodological basis for conducting research and provides a description of the experimental complex of laboratory units and equipment.

KEYWORDS: buildings, construction thermophysics, energy performance indicators, acoustics, acoustic insulation, climate chambers, acoustic chambers.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Основним призначенням будівель є створення умов для життєдіяльності людини, які характеризуються тепловими, звуковими, світловими, бактеріологічними та газовими параметрами. Рівень комфортності перебування людини у приміщеннях будівлі є основним критерієм експлуатаційної придатності будівлі, що потребує відповідних енергетичних витрат на його забезпечення. Теплові параметри повітря та приміщень, рівень акустичного комфорту та світлового режиму вивчаються експериментально із застосуванням комплексу випробувального обладнання.

У 21-му столітті кардинально змінюється конструктивно-технологічний парк, що застосовується при новому будівництві та при

реконструкції. В масовому порядку приймаються принципово нові технічні рішення теплоізоляції будинків і споруд, використовуються новітні технології і матеріали. Це потребує суттєвої реформації методології проектування та створення нормативної бази з встановленням правил розробки сучасних конструктивних рішень та вимог до них з урахуванням особливостей розвитку як технічної бази, так і економічного стану держави. Підставою для проведення відповідного реформування є здійснення досліджень за енергетичними параметрами сучасних конструктивних рішень будівель, на основі яких приймаються рішення щодо їх застосування в практиці будівництва.

Шум, як один із фізичних факторів навколишнього середовища, в умовах сучасного суспільного життя став значним негативним соціальним явищем. Проблема захисту від шуму стала однією із найважливіших складових комплексу проблем екологічної безпеки навколишнього середовища.

Конструктивно-архітектурні рішення сучасних громадських будівель все частіше реалізуються з використанням скла в оздобленні фасаду. Відповідно, потребують розвитку нові принципи проектування стінових огорожувальних конструкцій з урахуванням сучасних архітектурних вимог та вимог з енергоефективності. Основне призначення світлопрозорих конструкцій полягає у виконанні функції освітлення приміщень та забезпеченні прямого зорового контакту між інтер'єром і зовнішнім середовищем. Теплотехнічні показники віконних конструкцій регламентуються на підставі забезпечення теплової ізоляції приміщення в холодний період року та теплозахисту в літні місяці. Вікна є не тільки елементом тепловтрат, але і джерелом теплонаходжень в зимовий період року, що потребує спеціальних досліджень світлопрозорості при виборі конструктивних рішень світлопрозорих елементів теплоізоляційної оболонки будівель.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Методологія експериментального комплексу побудована на моделі взаємодії елементів будівлі як єдиної енергетичної системи [1]. Основний вплив на формування теплового режиму, акустичного та світлового середовища і, відповідно, енергетичного статусу будівлі (енергетичних витрат на забезпечення необхідних умов комфортності) здійснює його ізоляційна оболонка. Об'ємно-планувальне рішення будівлі та конструктивні принципи ізоляційної оболонки обумовлюють ступінь корисного використання енергії сонця при кліматизації внутрішнього простору будівлі. Крім того, саме ця підсистема має найбільший потенціал в підвищенні енергоефективності будівель житлового та громадського призначення. Як цільова функція встановлюється завдання оптимізації цієї енергетичної підсистеми за енергетичними витрата-



ми на її створення та подальшу експлуатацію будівлі при забезпеченні необхідного теплового режиму в її приміщеннях.

Реалізація цього принципу на основі результатів експериментальних досліджень сучасних конструктивних систем ізоляційної оболонки будівель дозволила розробити комплекс норм та стандартів в галузі будівельної теплофізики та акустики [2-21].

Методологія побудови норм в галузі енергоефективності будівель висвітлена у роботах [22, 23].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Основною задачею даного дослідження є висвітлення питань методології експериментальних досліджень в галузі будівельної фізики.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Ізоляційна оболонка складається з непрозорих та світлопрозорих конструкцій, а за конструктивними ознаками – з огорожень підпілля та фундаменту, зовнішніх стін, перекриттів, покриттів та даху. Сучасні огорожувальні стінові конструкції є переважно багатошаровими і складаються з теплоізоляційного шару і захисних міцних та щільних шарів, які обумовлюють термічну неоднорідність конструкцій в цілому. Тому теплоізоляційні властивості визначаються експериментально та характеризуються приведеним опором теплопередачі огорожувальних конструкцій. Цей показник до введення сучасних норм [3, 4] був основним показником енергоефективності будівель.

Визначення цього показника здійснюється у кліматичних камерах, в яких імітуються розрахункові умови експлуатації, на які проектується будівля. Експериментальні дослідження дозволяють здійснити обґрунтований вибір конструктивних принципів огорожувальних конструкцій, проводити аналіз їх експлуатаційних властивостей з подальшою оптимізацією їх теплотехнічних показників та енергетичних характеристик будівель.

Дослідження в лабораторних камерних умовах при розрахункових теплових характеристиках проводяться за методичним алгоритмом, наведеним на рис.1.

В процесі досліджень визначаються наступні теплофізичні характеристики теплоізоляційної оболонки будівлі та використовуються такі методичні принципи і засоби:

- температурні поля внутрішньої та зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій з використанням контактних та термографічних методів;
- густина теплових потоків через характерні зони зовнішніх стін контактним методом та неруйнівним (по тепловому принципу) методом дистанційного термографування;
- вологісний режим огорожувальних конструкцій (середня вологість теплоізоляційного шару

зовнішніх стін, характер розподілу вологості по товщі конструкції, динаміка зміни вологості стінових конструкцій) ваговим та кондуктометричними методами;

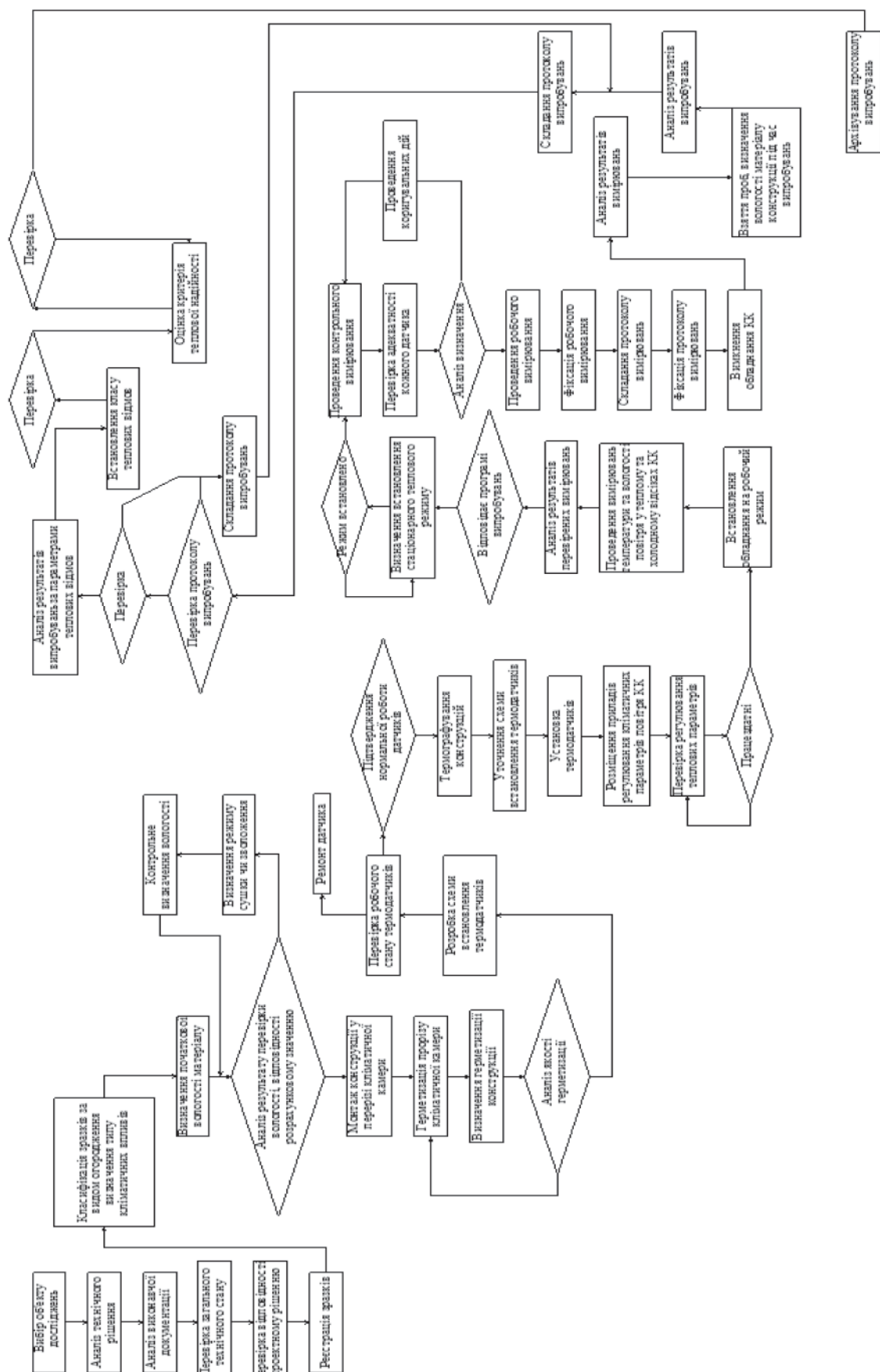
- температури, вологості та швидкості руху внутрішнього та зовнішнього повітря.

Методичною особливістю досліджень в умовах фізичного моделювання процесів тепломасопереносу в огорожувальних конструкціях є:

- комплексне визначення показників, що характеризують експлуатаційний енергетичний стан будівельних об'єктів – опір теплопередачі, температурний режим, вологість, повітропроникність, водопроникність, світлопропускання теплоізоляційної оболонки та її елементів;
- використання різних фізичних методів при визначенні теплових характеристик конструкцій, а саме: тепловізійні вимірювання, на підставі яких оцінюється загальний характер теплового стану конструкцій та встановлюється наявність дефектних зон теплоізоляції; пірометричних вимірювань, на підставі яких визначаються чіткі геометричні характеристики дефектів теплоізоляції конструкцій для подальшого вимірювання температур та теплових потоків контактними методами, що забезпечує достовірність чисельного визначення значень приведенного опору теплопередачі термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій, що досліджуються;
- дослідження вологісного стану конструкцій на підставі неруйнівного кондуктометричного та вагового методів забезпечує можливість визначення динаміки зміни вологості в часі при високому представництві отриманих даних.

Випробування в кліматичних камерах в умовах стаціонарної теплопередачі дають більш адекватну інформацію про теплоізоляційні властивості огорожувальних конструкцій в порівнянні з натурними випробуваннями внаслідок того, що в кліматичних камерах створюються тепловолісні умови, на які огорожувальна конструкція проектується.

До комплектації кліматичної камери входять (рис. 2): компресори; система регулювання температури повітря у холодному відсіку для автоматичного підтримування заданої температури з точністю ± 1 °C; вентилятори, що забезпечують рівномірну подачу холодного повітря від охолоджуючих батарей по об'єму холодного відсіку та розрахункову швидкість руху повітря біля зовнішньої поверхні конструкцій, що випробуються; система регулювання температури та вологості повітря в теплому відсіку, що складається з датчиків температури та вологості повітря, регуляторів температури та вологості з точністю автоматичного підтримування заданої температури ± 1 °C, вологості ± 5 %; виконуючих механізмів; датчики контролю температури та вологості повітря в теплому та холодно-



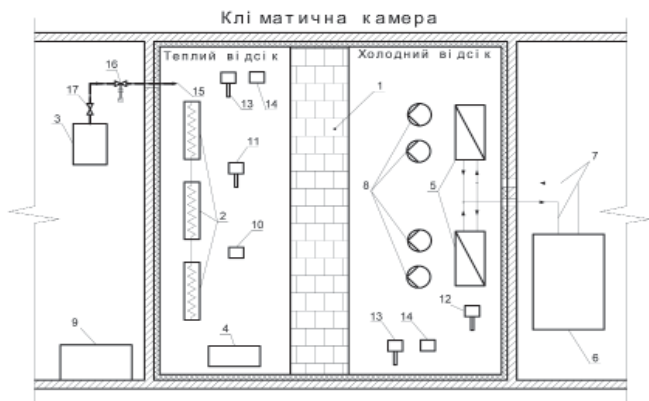


Рисунок 2 – Схема кліматичної камери для випробувань огорожувальних конструкцій з натуральними розмірами:

1 – випробувальна конструкція; 2 – нагрівальні прилади; 3 – парозволожувач; 4 – кондиціонер; 5 – охолоджуючі батареї; 6 – холодильне обладнання; 7 – трубопроводи холодоагенту; 8 – вентилятори; 9 – система автоматичного збору даних; 10 – датчик регулювання вологості повітря теплового відсіку; 11 – датчик регулювання температури повітря теплового відсіку; 12 – датчик регулювання температури повітря холодного відсіку; 13 – датчики контролю температури; 14 – датчики контролю вологості; 15 – паропровід; 16 – регулююча заслінка; 17 – затворний кран

му відсіках кліматичної камери; обладнання для реєстрації параметрів.

Особливістю кліматичної камери ДП НДІБК є те, що в ній моделюються теплові умови, що є тотожними до умов, які формують тепловий режим конструкцій під час експлуатації будівель. Розміри кліматичної камери дозволяють забезпечувати вільний рух повітря по внутрішньому відсіку кліматичної камери та природне співвідношення між конвективною та променевою складовими у теплообміні між поверхнею конструкції, що досліджується, та внутрішнім середовищем. При цьому забезпечуються теплові умови експлуатації рядової квартири у багатоповерховій будівлі.

У зовнішньому відсіку кліматичної камери задаються значення розрахункової температури зовнішнього повітря та умови примусового теплообміну за рахунок направленої дії вентиляторів, які імітують вітрові умови, що є характерними для кліматичних зон України.

Вид конструкцій під час їх монтажу у кліматичну камеру та під час проведення експериментальних досліджень наведено на рис. 3.

Опір теплопередачі більшості світлопрозорих конструкцій, що застосо-

вуються у практиці будівництва, є меншим $1 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, тому забезпечення умов теплообміну між дослідною конструкцією та оточуючим середовищем суттєво впливає на точність експериментального визначення цього фізичного показника. Якщо коефіцієнт теплообміну між внутрішнім середовищем та внутрішньою поверхнею дослідної конструкції нижче ніж $8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$, а коефіцієнт теплообміну між зовнішнім середовищем та зовнішньою поверхнею нижче ніж $20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$, похибка визначення опору теплопередачі конструкції може скласти більше 30%.

Механізм утворення вільної конвекції біля холодної ізотермічної поверхні скління під час експлуатації у зимовий період року характерний тим, що прилягаючі до скління охолоджені шари мають густину більшу, ніж повітря в приміщенні. Охолоджені шари повітря витісняють менш щільні, у результаті чого виникає його рух зверху вниз.

Температура в прикордонному шарі монотонно підвищується, біля теплої поверхні скління механізм утворення вільної конвекції аналогічний, з тією лише різницею, що прилягаючі до скління шари мають меншу щільність, ніж навколишнє повітря, і підіймно-опускний рух повітря відбувається назад руху біля холодної поверхні. Профілі швидкості, температури й інтенсивності теплообміну залежать від режиму руху повітря в прикордонному шарі: він може бути ламінарним, перехідним, турбулентним.

Конструкція кліматичної камери для випробувань світлопрозорих конструкцій забезпечує виконання названих умов щодо коефіцієнтів теплообміну, які є ідентичними до їх значень під час експлуатації світлопрозорих конструкцій у складі теплоізоляційної оболонки будівель. Розміри та геометрія кліматичної камери дозволяють забезпечувати вільний рух повітря по внутрішньому відсіку кліматичної камери та природне співвідношення між конвективною та променевою складовими у теплообміні між поверхнею конструкції, що досліджується, та внутрішнім середовищем. Вид дослідних світлопрозорих конструкцій під час

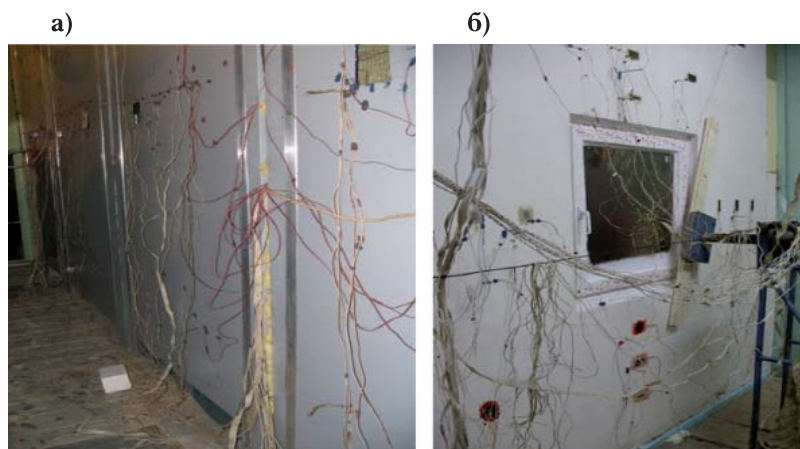


Рисунок 3 – Вид дослідних конструкцій під час випробувань з внутрішнього (а) та зовнішнього (б) відсіку кліматичної камери



випробувань у кліматичній камері наведено на рис. 4.

Особливістю в тепловому відношенні конструкцій фасадної теплоізоляції зі світлопрозорим зовнішнім шаром є те, що цей вид огорожувальних конструкцій одночасно визначає як тепловтрати приміщення, так і його тепlopостачання. Для непрозорих конструкцій тепловий потік в холодну пору року завжди направлений у бік зовнішнього середовища. Для прозорих конструкцій тепловий потік в сонячну погоду має двосторонню направленість і, в залежності від властивостей перерахованих вище конструктивних елементів системи утеплення, баланс теплових потоків (теплопритоки-тепловтрати) може бути позитивним і при низьких температурах зовнішнього повітря.

За тепловим принципом роботи стіни з світлопрозорим зовнішнім шаром є пасивними геліоконструкціями, які можна використовувати як елементи тепlopостачання. Особливо це відноситься до комбінованих фасадних систем. Для будівель, що експлуатуються у кліматичних умовах України, насамперед необхідно проводити дослідження ефекту впливу на енергетичні показники конструкцій теплонадходжень від сонячної радіації у холодний період року. До складу експериментального комплексу будівельної фізики входить експериментальна установка з проведення досліджень енергетичних властивостей будівель комбінованих світлопрозорих конструкцій з імітацією умов зимових сонячних днів. Схема установки наведена на рис. 5.

При проведенні досліджень здійснюється імітація зимового сонячного дня з постійною добовою температурою $(-10 \div -25) ^\circ\text{C}$ та змінним значенням інтенсивності сонячного опромінювання від 10 до 100 Вт/м^2 в залежності від визначеного розташування світлопрозорої конструкції у фасаді відносно сторін світу. Вимірювання ефективності встановлюється за показниками зміни температури внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції протягом доби та зміни значення та напрямлення теплових потоків крізь огорожувальну конструкцію протягом часу експерименту.

Зазначимо, що за результатами досліджень визначені конструктивні рішення конструкції з теплоаккумуляційним та світлопрозорим шарами, які при імітації двох зимових днів з незмінною температурою зовнішнього повітря до мінус $17 ^\circ\text{C}$ та двома поспіль сонячними днями забезпечують зміну напрямку теплового потоку – у другу сонячну добу тепловий потік направлений вже



Рисунок 4 – Дослідження світлопрозорих огорожувальних конструкцій у кліматичній камері

не з приміщення назовні, а зі сторони «вулиці» в приміщення. Відповідно, відбувається обігрів приміщення сонячною енергією при температурі зовнішнього повітря мінус $17 ^\circ\text{C}$.

Кліматична камера для випробувань теплової надійності теплоізоляційних матеріалів та виробів

Теплова надійність – це властивість об'єкта (огорожувальної конструкції, теплоізоляційного матеріалу або виробу) зберігати у часі в установленних межах значення параметрів, що характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, тобто зберігати свої теплотехнічні показники та теплофізичні властивості у допустимих межах у заданий термін експлуатації будівлі. Теплотехнічні показники конструкцій визначають характеристику безпеки будівлі – енергетичну безпеку та рівень забезпечення теплового комфорту в приміщеннях. Теплова надійність огорожувальних конструкцій є обов'язковою характеристикою енергоефективності будівлі – будівля не може бути ефективною в експлуатації з ненадійними в теплоізоляційному відношенні огорожувальними конструкціями.

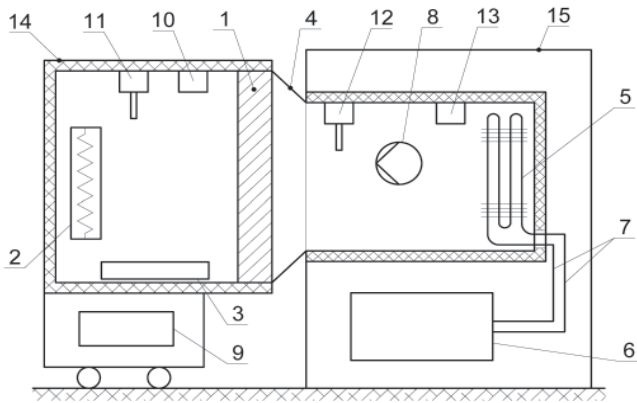


Рисунок 5 – Схема експериментального обладнання кліматичної камери для випробувань світлопрозорих конструкцій з імітацією кліматичних впливів та сонячної радіації

1 – досліджувана конструкція; 2 – нагрівачі; 3 – посудина з розчином для підтримання вологості; 4 – перехідна діафрагма; 5 – випарник; 6 – холодильне обладнання; 7 – трубопроводи холодоагенту; 8 – вентилятор; 9 – система автоматичного збору даних та регулювання; 10 – датчик контролю вологості повітря в приставному теплому відсіку; 11 – датчик контролю та регулювання температури повітря в приставному теплому відсіку; 12 – датчик контролю та регулювання температури повітря в робочому об'ємі кліматичної камери; 13 – датчик контролю та регулювання вологості в робочому об'ємі кліматичної камери; 14 – приставний теплий відсік; 15 – кліматична камера

До складу випробувального теплофізичного комплексу ДП НДІБК входять кліматичні камери для випробувань показників теплової надійності теплоізоляційних матеріалів та виробів, конструкцій фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатурками, конструкцій фасадної теплоізоляції з вентиляльованим повітряним прошарком та індустріальним опорядженням, стенд для випробувань у натурних умовах експлуатації.

Вид кліматичних камер для випробувань показників теплової надійності теплоізоляційних матеріалів та виробів наведено на рис. 6.

Суть методу полягає в тому, що матеріал, який випробовується, піддають циклічним кліматичним впливам, що імітують умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях, та визначають зміни теплофізичних характеристик матеріалу. За результатами вимірювань теплофізичних характеристик оцінюють термін ефективної

експлуатації матеріалу в залежності від конструктивного рішення теплоізоляції огорожувальних конструкцій.

Методологія експериментальних досліджень теплової надійності будівельних конструкцій детально освітлена у роботах [1, 24] та реалізована у стандартах [10, 21, 25].

Кліматична камера для випробувань теплової надійності конструкцій фасадної теплоізоляції з вентиляльованим повітряним прошарком та індустріальним опорядженням

Основна конструктивна особливість цього класу конструкцій фасадної теплоізоляції – це вентиляльований повітряний прошарок в товщі системи утеплення, що обумовлює необхідність захисту конструкції від наслідку цієї вентиляції. Для забезпечення необхідних теплоізоляційних властивостей стінової конструкції при застосуванні волокнистих теплоізоляційних матеріалів, що мають високі характеристики повітропроникності, необхідно вводити конструктивні елементи, що обмежують можливість проникнення холодного повітря в товщу теплоізоляції.

Наявність вентиляльованого повітряного прошарку суттєво впливає на показники теплової надійності конструкцій. Зміна експлуатаційних показників обумовлюється не тільки кліматичною деструкцією теплоізоляційного шару, але і пошкодженням цього шару внаслідок повітряних потоків, які постійно циркулюють вздовж поверхні теплоізоляційного матеріалу по висоті конструкції. Волокнистий склад утеплювача обумовлює його суттєву схильність



Рисунок 6 – Вид кліматичних камер із дослідними зразками для випробувань показників теплової надійності



до аеродинамічної деструкції цього конструктивного шару. Напруги розтягу в перетині волокон та дотичні напруги в крапельках зв'язуючого, що закріплює волокна в матеріалі, пропорційні середній силі аеродинамічного впливу. При порушенні цілісності зв'язуючого знижуються сили зчеплення волокон в матеріалі, які пропорційні пружній силі контакту перекручених волокон в шарі матеріалу та коефіцієнтам тертя (сухого та в'язкого). Аеродинамічна сила складається з квазістаціонарної складової, яка пропорційна середній швидкості руху повітря, та пульсаційної складової, яка обумовлена хаотичними турбулентними пульсаціями, що завжди присутні в потоці повітря біля шорсткуватої поверхні.

В основу методики оцінки показників теплової надійності конструкцій фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком покладено гіпотезу накопичення напруги у волокнах матеріалу внаслідок дії аеродинамічних впливів до критичного рівня, при якому волокна відриваються від тіла матеріалу та виносяться повітряним потоком. Методика передбачає експериментальну оцінку впливу фільтрації на теплові показники стінової огорожувальної конструкції із системою утеплення в цілому в розрахункових теплових умовах – оцінку фільтраційно-теплового ефекту та оцінку змін в часі теплових показників огорожувальної конструкції внаслідок емісії волокон у вентиляційний потік повітряного прошарку системи утеплення – ресурсно-ізоляційного ефекту, з урахуванням тепло-аеродинамічних особливостей експлуатації цих систем утеплення.

Для забезпечення імітації умов експлуатації багатоповерхових будівель, крім вітрового потоку зовнішнього середовища, при проведенні досліджень здійснюється примусова вентиляція їх повітряних прошарків з відповідним значенням необхідної витрати повітря крізь прошарок. В умовах експерименту встановлюється не різниця тиску, яка залежить від багатьох параметрів і не є чітким експериментальним параметром, а витрати повітря в розрахункових умовах, які забезпечуються роботою вентиляторів через витяжні короби, що встановлюються у верхній частині дослідних конструкцій, та здійснюється примусовий рух повітря по висоті прошарку знизу вгору (рис. 7) зі швидкістю руху повітря у прошарку систем утеплення від робочих експлуатаційних значень до максимально можливих значень. Контроль швидкості руху повітря здійснюється на вході у повітряний прошарок конструкції по його центру та виходу.

В результаті випробувань визнача-

ються показники опору теплопередачі в початковому стані конструкції R_{20} та, в залежності від швидкості руху повітря, в прошарку $R_{20}(V)$, а також характер розподілу температур по товщині конструкцій в залежності від аеродинамічних режимів.

Ресурсно-ізоляційні показники оцінюються при довготерміновому створенні перепадів тиску по висоті дослідного фрагменту з забезпеченням постійного руху повітря у прошарку конструкції зі швидкістю від 0,3 до 1,5 м/с, тобто значеннях перепадів тиску і, відповідно, швидкості руху повітря у прошарках, які відповідають умовам теплоаеродинамічного режиму у повітряному прошарку систем утеплення для багатоповерхових будівель. В такому режимі аеродинамічного навантаження конструкції працюють протягом не менше ніж 100 діб. Вид дослідних конструкцій під час випробувань у кліматичній камері наведено на рис. 8.

Натурний стенд для досліджень теплотехнічних показників і теплової надійності будівельних теплоізоляційних матеріалів і виробів

До складу експериментального обладнання відділу будівельної фізики та енергоефективності входить спеціальний натурний стенд, що представляє собою об'єм з внутрішніми розмірами 3 м шириною, 4 м довжиною та 3 м висотою, виконаний з залізобетону завтовшки 300 мм (стіни) та 150 мм (покриття). В стінах натурного стенду передбачені отвори для влаштування відповідної стінової конструкції або теплоізоляційного виробу. Шар (або декілька різних шарів) теплоізоляційного матеріалу монтується на горизонтальній та вертикальних поверхнях. Схему



Рисунок 7 – Система забезпечення необхідних витрат повітря в прошарку конструкцій під час випробувань в кліматичній камері



Рисунок 8 – Проведення досліджень показників теплової надійності конструкцій фасадної теплоізоляції у кліматичній камері



та вид натурального стелю наведено на рис. 9.

У внутрішньому просторі встановлені прилади для обігріву, зволоження та руху повітря внутрішнього середовища, змонтовано вимірювальне обладнання для фіксації параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря.

В автоматичному режимі підтримується температура та відносна вологість внутрішнього повітря. Коливання показників не перевищує відповідно 1 К та 5 %.

Температурний перепад контролюється в межах показників початку опалювального періоду та при фіксації розрахункової температури зимового періоду під час п'ятиденного робочого тижня в січні. При наявності в натурних умовах меншого або більшого перепаду температур на встановлений проміжок часу випробувань перепад автоматично коригується за рахунок підвищення або зниження температури внутрішнього повітря.

Теплофізичні властивості будівельних матеріалів (теплопровідність, паропроникність, сорбція, повітропроникність) досліджуються у експериментальних установках, що постійно проходять відповідне метрологічне калібрування. Причому, теплопровідність визначається як при температурах $+(20\div30)^\circ\text{C}$, так і при температурі $+10^\circ\text{C}$ згідно з вимогами європейських стандартів, а також при температурах від 0°C до -30°C , що є характеристикою переносу теплоти через огорожувальні конструкції в кліматичних умовах України. Вид експериментальних установок для випробувань теплопровідності в залежності від температури наведений на рис. 10.

Конструктивно-архітектурні рішення сучасних громадських будівель все частіше реалізуються з використанням скла в оздобленні фасаду. Відповідно, потребують розвитку нові принципи проектування стінових огорожувальних конструкцій з урахуванням сучасних архітектурних вимог та вимог з енергоефективності. На перший план виходять проблеми досліджень енергетичних характеристик світлопрозорих конструкцій і здійснення розробок на підставі цих досліджень раціональних інженерних методів оцінювання та проектування стінових огорожувальних конструкцій з високими коефіцієнтами скління фасадів багатопверхових будівель.

Основне призначення світлопрозорих конструкцій полягає у виконанні функції освітлення приміщень та забезпеченні прямого зорового контакту між інтер'єром і зовнішнім середовищем. Вікна є не тільки елементом тепловтрат, але і джерелом теплонадходжень в зимовий період року. Тому ці питання потребують спеціальних досліджень світлопрозорості склопакетів

та віконних конструкцій, що здійснюються на експериментальній установці, загальний вид якої наведено на рис.11.

Звукоізоляція – найбільш ефективний метод захисту приміщень від шуму внутрішніх і зовнішніх джерел. Для забезпечення нормативного шумового режиму в приміщеннях житлових і громадських будівель звукоізоляція від повітряного шуму огорожувальних конструкцій (внутрішніх і зовнішніх) і звукоізоляція від ударного шуму міжповерхових перекриттів повинна відповідати нормативним вимогам.

Звукопоглинальні конструкції (підвісні звукопоглинальні стелі, акустичне облицювання стін, підвісні об'ємні штучні звукопоглиначі) застосовують для зниження рівнів шуму в приміщеннях з джерелами шуму на промислових підприємствах, для забезпечення комфортних акустичних умов в приміщеннях громадських і адміністративних будівель (читальні зали бібліотек, виставкові зали, зали засідань, торговельні зали, спортивні зали, зали очікування залізничних, аеро- і автовокзалів, приміщення загального користування готелів, зали їдалень, кафе і ресторанів тощо), а також для корекції акустичних характеристик в театральних і концертних залах, конференц-залах тощо.

Для захисту прилеглих територій від транспортного шуму і шуму локальних джерел застосовують шумозахисні екрани різних конструктивних рішень від самих простих конструкцій (наприклад, бетонна або цегляна стінка) до складних багатопверхових полегшених, виконаних із різних матеріалів, які одночасно можуть виконувати як функцію



Рисунок 9 – Загальний вигляд та схема-план експериментального стелю



Рисунок 10 – Вид експериментальних установок для випробувань теплопровідності будівельних матеріалів в залежності від температури



звукоізоляції, так і функцію звукопоглинання.

З огляду на те, що надійні теоретичні методи розрахунку звукоізоляції будівельних конструкцій розроблені для відносно обмеженого переліку конструктивних рішень огорожень, виготовлених з матеріалів з достатньо вивченими фізико-технічними характеристиками, на даний час основним методом досліджень звукоізоляції огорожувальних конструкцій від повітряного і ударного шуму складних конструкцій, конструкцій з нових матеріалів, багатошарових конструкцій, конструкцій з матеріалів, виготовлених за новими технологіями, конструкцій на стадії їх технологічної розробки з наперед заданими акустичними характеристиками тощо є метод експериментальних досліджень в лабораторних і натурних умовах, який забезпечує найбільш точні і надійні результати.

Шумові характеристики (рівні звукової потужності) є паспортною акустичною характеристикою машин, технологічного та інженерного обладнання. Ця характеристика є важливим показником якості машин і обладнання. Шумові характеристики є вихідними даними для проведення акустичного розрахунку очікуваних рівнів шуму, створюваного даним джерелом (джерелами) в приміщеннях або на територіях, та проектування будівельно-акустичних заходів по зниженню шуму. Крім того, шумові характеристики необхідні для порівняння однотипних і різних машин за шумністю, а також для здійснення заходів зі зниження шуму як існуючих, так і машин і обладнання, які заново конструюють.

Звукову потужність джерел шуму на даний час визначають тільки шляхом вимірювань, головним чином, в спеціальних ревербераційних або заглушених звукомірних камерах.

В ДП НДІБК створено унікальний, єдиний в Україні акустичний випробувальний комплекс, який дозволяє проводити випробування і дослідження будівельних конструкцій, виробів і матеріалів за усіма акустичними показниками, а також визначати шумові характеристики машин, технологічного і інженерного обладнання, побутової техніки.

Акустичний випробувальний комплекс ДП НДІБК складається з таких випробувальних установок:

- звукомірна камера дифузного звукового поля (ревербераційна) – поз. 1, рис. 12;
- три звукомірні камери дифузного звукового поля (ревербераційні) для вимірювань звукоізоляції огорожувальних конструкцій:
 - а) ревербераційна звукомірна камера висо-



а)



б)

Рисунок 11 – Загальний вид експериментальної установки з визначення коефіцієнту направленого пропускання світла та вид дослідних зразків склопакету (а) та віконної конструкції (б) у експериментальній установці

- кого рівня (КВР) – поз. 2, рис. 12;
- б) ревербераційна звукомірна камера низького рівня 1 (КНР-1), розташована суміжно з КВР по горизонталі, – поз. 3, рис. 12;
- в) ревербераційна звукомірна камера низького рівня 2 (КНР-2), розташована суміжно з КВР по вертикалі, – поз.4, рис. 12;
- звукомірна камера вільного звукового поля (заглушена) – поз. 5, рис. 12;
- акустичний канал (поз. 6, рис. 12) і акустичний інтерферометр (окрема установка заводського виробництва).

Ревербераційна звукомірна камера призначена:

- для вимірювань звукопоглинальних характеристик матеріалів, виробів і конструкцій, а саме: ревербераційного коефіцієнта звукопоглинання і еквівалентної площі звукопоглинання плоских звукопоглинальних конструкцій і об'ємних (штучних) звукопоглиначів в третиннооктавних (октавних) смугах нормованого частотного діапазону;
- для вимірювань шумових характеристик джерел шуму (машин, технологічного і інженерного обладнання), а саме: рівнів звукової потужності в третиннооктавних (октавних) смугах



вимірювального діапазону частот та коригованого рівня звукової потужності.

Вимірювання звукопоглинання проводяться за стандартною методикою згідно з ДСТУ ISO 354:2007 [26].

Вимірювання шумових характеристик проводяться за стандартною методикою згідно з ДСТУ EN ISO 3741:2014 [27].

Необхідна дифузність звукового поля в ревербераційній камері забезпечується завдяки таким властивостям і заходам:

- складною неправильною формою камери, при якій відсутні будь-які паралельності між собою стін, підлоги і стелі;
- забезпеченням для ревербераційних камер необхідної умови:

$$L_{\max} = 1,9V^{1/3} \quad (1)$$

де $L_{\max}$ – довжина найдовшої прямої лінії в межах камери (найдовша діагональ), м; V – об'єм камери, м³;

- забезпеченням вимоги до ревербераційних камер щодо співвідношення будь-яких двох геометричних розмірів камери, при якому ці співвідношення не повинні дорівнювати співвідношенню малих цілих чисел;
- високій звуковідбивній здатності внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій камери, при якій звукові хвилі практично повністю відбиваються від жорстких і гладких поверхонь камери (коефіцієнт звукопоглинання поверхонь камери не перевищує 0,03, а коефіцієнт відбиття звукових хвиль від поверхонь камери становить не менше ніж 0,98);
- раціональному розміщенню джерел звуку (гучномовців) для збудження звукового поля в камері (а саме, поблизу тригранних кутів камери – в зоні пучності звукового тиску), при якому забезпечується збудження всього спектру власних частот об'єму камери;
- застосуванню для збудження звукового поля в камері акустичного сигналу з суцільним спектром (білого чи рожевого шуму) або імпульсного сигналу, наприклад, пострілом із стартового пістолета.

Геометричні і акустичні характеристики ревербераційної камери ДП НДІБК відповідають вимогам [27]. Приклади проведення випробувань наведені на рис. 13, 14.

До ревербераційних звукомірних камер, призначених для вимірювання звукоізоляції будівельних конструкцій ревербераційним методом, висуваються вимоги щодо:

- об'ємів і форми камер;
- співвідношення між об'ємом камери високого рівня та об'ємами камер низького рівня;
- площі випробувальних зразків стін, перегородок, міжповерхових перекриттів та

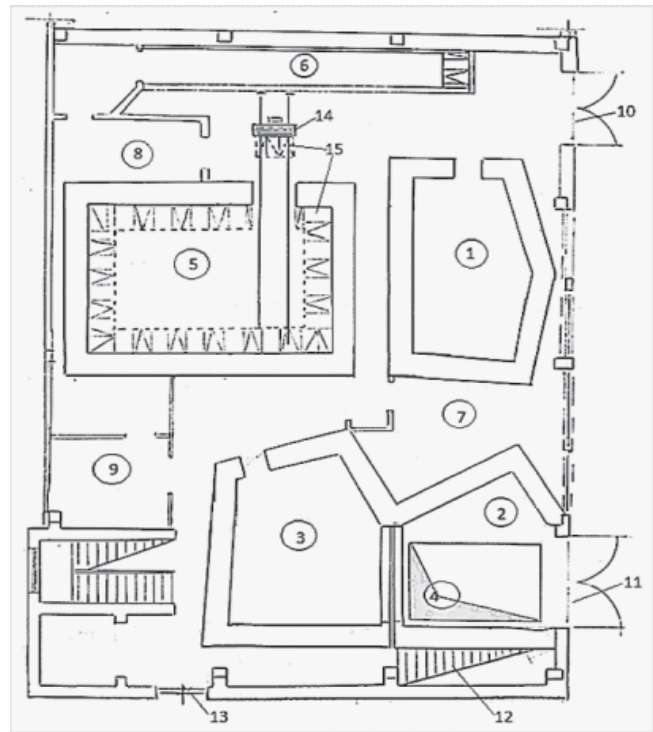


Рисунок 12 – План акустичного випробувального комплексу:

1 – ревербераційна звукомірна камера; 2 – ревербераційна звукомірна камера високого рівня (КВР); 3 – ревербераційна звукомірна камера низького рівня 1 (КНР-1); 4 – ревербераційна звукомірна камера низького рівня 2 (КНР-2); 5 – заглушена звукомірна камера; 6 – акустичний канал; 7 – апаратна № 1; 8 – апаратна № 2; 9 – комора для вимірювальної апаратури; 10 – входні двостулкові ворота в зал комплексу; 11 – двостулкові ворота звукомірної камери високого рівня (КВР); 12 – сходи у ревербераційну звукомірну камеру низького рівня 2 (КНР-2), розташовану у підвалі під звукомірною камерою високого рівня (КВР); 13 – запасний вихід із зали комплексу; 14 – відкочувальні двері заглушеної камери на рейках; 15 – звукопоглинальне облицювання заглушеної камери

співвідношення їх геометричних розмірів;

- дифузності звукового поля в камерах;
- рівнів шумових завад в камерах низького рівня (рівнів шуму, що проникає в камери ззовні);
- непрямої передачі повітряного і ударного шуму обхідними шляхами (в обхід випробувальної конструкції);
- параметрів несучої стандартної плити міжповерхового перекриття для вимірювання поліпшення ізоляції ударного шуму підлогами або підлоговими покриттями.

Необхідна дифузність звукового поля в камерах забезпечується завдяки складній формі; непаралельності стін, підлоги і стелі; відповідного



співвідношення геометричних розмірів камер; високої звуковідбивної здатності внутрішніх поверхонь камер; застосування для створення звукового поля акустичного сигналу із суцільним спектром тощо.

Мірою якості дифузності звукового поля в камерах є величина середньоквадратичного відхилу рівнів звукового тиску у вимірювальному об'ємі камер від середнього значення. Величина цього показника не перевищує в камерах

роджувальними конструкціями будівель різного призначення: стіни, перегородки, перекриття, двері, вікна тощо) і ізоляцію ударного шуму міжповерховими перекриттями.

Існує кілька методів вимірювання звукоізоляції: ревербераційний метод, метод з використанням заглушених камер, кореляційний і імпульсний методи тощо. Кожний із цих методів призначений для вирішення певних експериментальних і прикладних задач. Найбільш універсальним є ревербераційний метод. Міжнародна організація зі стандартизації рекомендує саме цей метод для вимірювання звукоізоляції огорожень в лабораторних і натурних умовах.

Згідно з ревербераційним методом, для вимірювання звукоізоляції тієї чи іншої конструкції, цю конструкцію необхідно встановити між двома ревербераційними звукомірними камерами, звукове поле в яких є дифузним.

Принципова схема комплексу трьох звукомірних камер ДП НДІБК, призначених для вимірювання звукоізоляції будівельних конструкцій ревербераційним методом, наведена на рис. 15.

Пара суміжних по горизонталі звукомірних ревербераційних камер (КВР і КНР-1) призначена:

- для вимірювання ізоляції повітряного шуму (R , дБ) вертикальними будівельними конструкціями (внутрішніми стінами, фасадами, перегородками, вікнами, дверима, конструкціями шумозахисних екранів тощо) в смугах частот нормованого діапазону;
- для вимірювання поліпшення ізоляції повітряного шуму (ΔR , дБ) вертикальних будівельних конструкцій при застосуванні додаткових облицювань (обшивок) різних конструктивних рішень в смугах частот нормованого діапазону.

Пара суміжних по вертикалі звукомірних ревербераційних камер (КВР і КНР-2) призначена:

- для вимірювання ізоляції повітряного шуму (R , дБ) міжповерховими перекриттями і покриттями будівель різного призначення в смугах частот нормованого діапазону;
- для вимірювання ізоляції ударного шуму (L_n , дБ) міжповерховими перекриттями в смугах частот нормованого діапазону,
- для вимірювання поліпшення ізоляції ударного шуму (ΔL_n , дБ) міжповерхових перекриттів застосуванням плаваючих підлог або підлогових покриттів в смугах частот нормованого діапазону;



Рисунок 13 – Вимірювання звукопоглинальних характеристик матеріалів в звукомірній ревербераційній камері

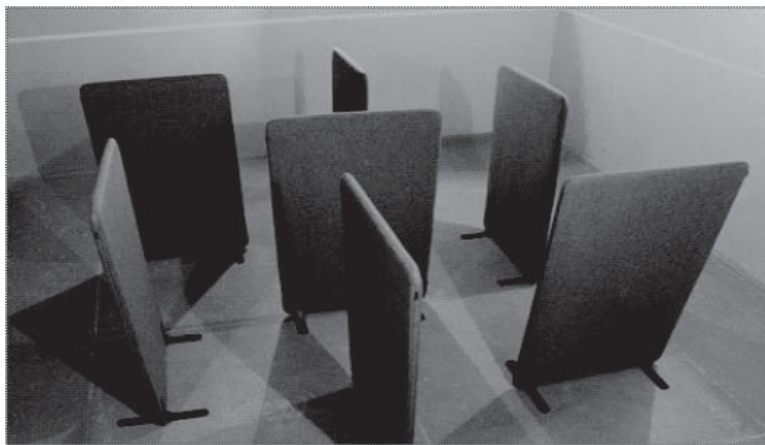


Рисунок 14 – Вимірювання звукопоглинальних характеристик штучних виробів

1,5 дБ в діапазоні низьких частот нормованого діапазону і 0,7 дБ в діапазоні середніх і високих частот, що свідчить про достатню дифузність звукового поля.

Незначні за величиною рівні шумових завад в камері (які не впливають на результати вимірювань) забезпечуються, по-перше, тим, що камера розташована всередині будівлі на окремому фундаменті (по принципу «коробка в коробці») і, по-друге, завдяки високій звукоізоляції масивних стін, масивного перекриття і масивних звукоізолювальних тамбурних дверей.

В залежності від способу збудження коливань будівельних конструкцій розрізняють два види ізоляції: ізоляцію повітряного шуму будівельними конструкціями (внутрішніми і зовнішніми ого-



- для вимірювання поліпшення ізоляції повітряного (ΔR , дБ) і ударного (ΔL_d , дБ) шуму міжповерхових перекриттів при застосуванні підвісних звукоізолювальних стель в смугах частот нормованого діапазону.

Для створення відповідних рівнів звукового тиску в камері високого рівня при вимірюваннях ізоляції повітряного шуму стін, перегородок, перекриттів застосовується передавальний тракт, який містить:

- генератор білого (або рожевого) шуму;
- третиннооктавні (октавні) електричні фільтри;
- підсилювач звукової потужності;
- гучномовці.

При вимірюваннях ізоляції ударного шуму як джерело ударного шуму застосовується стандартна ударна машина, яка відповідає таким вимогам: 5 молотків вагою по 0,5 кг, розташовані на одній прямій лінії. Відстань між молотками становить 100 мм. Швидкість падіння молотків відповідає вільному падінню з висоти 40 мм. Тривалість часу між двома послідовними ударами молотків – 100 мс. Частота ударів молотків – 10 Гц.

Вимірювання рівнів звукового тиску в камерах і часу реверберації звуку в камерах низького рівня здійснюється за допомогою приймального тракту, який містить ненаправлені вимірювальні мікрофони, аналізатор звуку (спектрометр), самописець рівня.

Вид конструкцій при проведенні випробувань їх звукоізоляції з боку камери низького тиску наведено на рис. 16.

Вільне звукове поле – це звукове поле у безмежному гомогенному ізотропному середовищі, в якому поширюються тільки біжучі звукові хвилі і відсутні відбиті звукові хвилі від будь-яких перешкод.

Основною характеристикою вільного звукового поля є обернено пропорційна залежність рівня звукового тиску джерела звуку від відстані до джерела, тобто, при кожному подвоєнні відстані від джерела рівень звукового тиску знижується на 6 дБ (закон обернено пропорційної залежності).

Вільне звукове поле створюється у заглушеній камері, в якій енергія звукових хвиль практично повністю поглинається при падінні на огорожувальні поверхні, що дозволяє вимірювати:

- шумові характеристики джерел шуму (машин, технологічного і інженерного обладнання), а саме: рівнів звукової потужності в третинно-октавних (октавних) смугах частот та коригованого рівня звукової потужності;

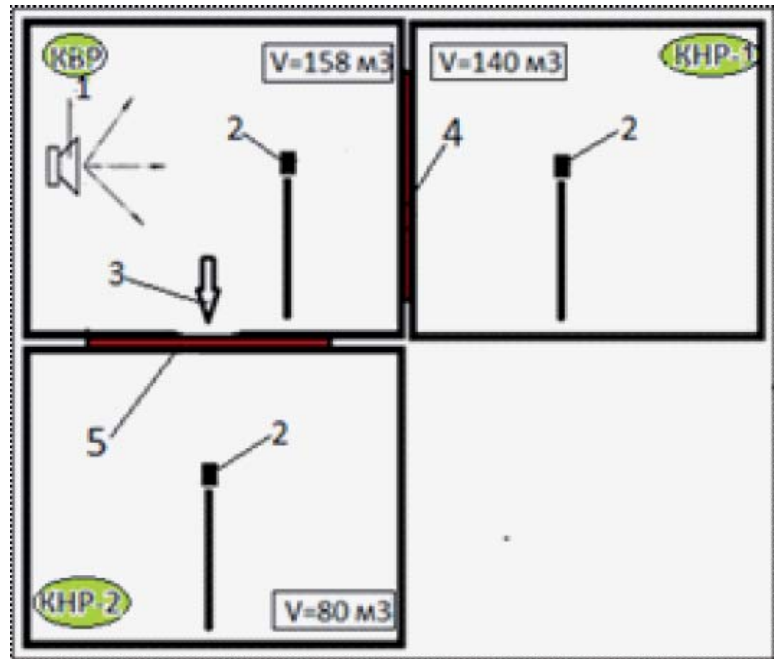


Рисунок 15 – Принципова схема лабораторного комплексу ревербераційних камер для вимірювання звукоізоляції будівельних конструкцій і виробів

1 – джерело повітряного шуму (гучномовці) в камері високого рівня (КВР); 2 – ненаправлені вимірювальні мікрофони; 3 – джерело ударного шуму (стандартна ударна машина); 4 – проріз між КВР і КНР-1 для встановлення вертикальних випробувальних конструкцій (стін, перегородок тощо); 5 – проріз між КВР і КНР-2 для встановлення випробувального міжповерхового перекриття

- характеристики спрямованості випромінювання шуму джерелом, показника спрямованості і коефіцієнта спрямованості випромінювання.

Крім того, в камері проводяться вимірювання характеристик електроакустичних приладів, систем і випромінювачів (амплітудно-частотні характеристики, діаграми спрямованості тощо), а також експериментальні дослідження акустичної ефективності засобів зниження шуму в умовах вільного звукового поля.

Для створення в камері вільного звукового поля коефіцієнт звукопоглинання конструкції акустичного облицювання внутрішніх поверхонь камери повинен бути не менше ніж 0,97 – 0,99 в діапазоні частот вимірювань.

Для забезпечення цієї умови для облицювання камери застосована найбільш ефективна звукопоглинальна конструкція – клиновидна, яка забезпечує плавний перехід від малого акустичного опору повітря в камері до великого акустичного опору огорожень камери.

Від довжини клина залежить нижня частота вимірювального діапазону, при якій забезпечується необхідна величина коефіцієнта звукопоглинання

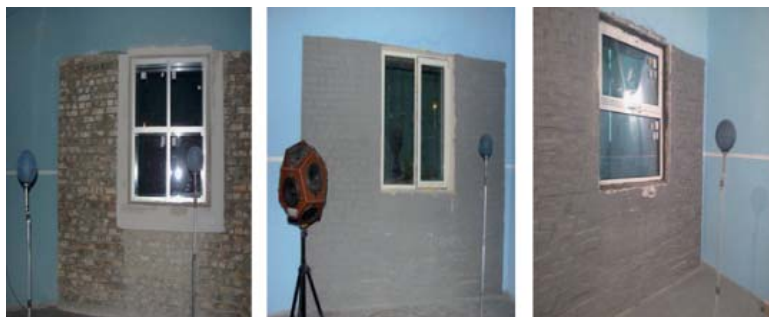


Рисунок 16 – Випробування звукоізоляції світлопрозорих конструкцій

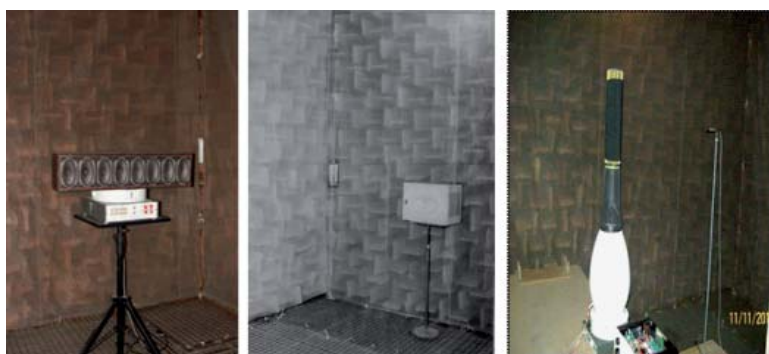


Рисунок 17 – Вимірювання характеристик акустичних систем і гучномовців в заглушеній камері



Рисунок 18 – Експериментальні дослідження акустичної ефективності шумозахисних екранів в заглушеній камері (на фізичних моделях)

(чим більша довжина, тим нижча нижня границя частота).

Клиновидною конструкцією облицьовані усі поверхні камери, включаючи і підлогу (камера ДП НДІБК – камера із звукопоглинальною підлогою, на відміну від іншого типу існуючих заглушених камер із твердою звуковідбивною підлогою). Для підвищення звукопоглинання на низьких частотах між клиновидною конструкцією і поверхнями огорожень передбачено заклиновий повітряний прошарок шириною 200 мм, наполовину заповнений

ефективним волокнистим звукопоглинальним матеріалом. Загальна товщина звукопоглинальної конструкції камери становить 1,2 м. Коефіцієнт звукопоглинання такої конструкції становить 0,99, починаючи з частоти 63 Гц.

Вид виробів та конструкцій під час випробувань у заглушеній акустичній камері наведений на рис.17, 18.

ВИСНОВКИ

Науково-дослідний «Експериментальний комплекс з досліджень в галузі будівельної фізики» ДП НДІБК включає унікальне експериментальне устаткування з комплексних досліджень будівельних матеріалів, виробів і конструкцій за теплотехнічними, теплофізичними, акустичними та світлотехнічними показниками і за своїми технічними характеристиками є унікальним спеціалізованим центром наукових досліджень в галузі будівельної фізики і енергоефективності, що має визначне науково-практичне значення для будівельної галузі та економіки України.

Роботи на експериментальному комплексі направлені на забезпечення дієвості теоретичних і конструкторських розробок, розвиток наукових основ будівельної теплофізики, довговічності і надійності будівельних виробів матеріалів і конструкцій.

На базі випробувального комплексу проводяться кваліфікаційні і сертифікаційні випробування і дослідження властивостей будівельних матеріалів, виробів і конструкцій за показниками: опір теплопередачі, повітропроникність, водопроникність, опір вітровому навантаженню, опір статичному навантаженню до дії на обмежувач кута відчинення стулки, загальний коефіцієнт пропускання світла, точка роси, довговічність (стійкість до кліматичних впливів і впливів агресивних середовищ), термостійкість, зміна кольору після ультрафіолетового випромінювання,

теплопровідність, густина, сорбційна вологість, коефіцієнт паропроникності, термін ефективної експлуатації ізоляційних матеріалів, зміна лінійних розмірів при знакозмінних температурних умовах, морозостійкість, водопоглинання, звукоізоляція від повітряного і ударного шуму огорожувальних конструкцій будівель, конструкцій шумозахисних екранів, звукопоглинальні характеристики матеріалів і конструкцій, шумові характеристики машин, технологічного і інженерного обладнання тощо.

На даний час актуальними задачами і



дослідженнями в галузі будівельної фізики і енергоефективності залишаються:

- подальше розроблення і удосконалення нормативної бази з проблем енергоефективності і будівельної акустики з метою гармонізації національних законодавчих та нормативних документів з вимогами директив та стандартів ЄС, впровадження європейської нормативно-правової бази в українську;
- розроблення наукових основ державної політики у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель і споруд;
- розроблення технічних рішень, направлених на підвищення енергетичних та акустичних характеристик конструкцій, будівель і споруд. Оцінювання теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій, їх водо- і повітропроникності з розробленням рекомендацій щодо поліпшення технічних рішень;
- розроблення системи сертифікації будівель за показниками теплового комфорту, енергозбереження, акустичного комфорту і захисту від шуму, природного та штучного освітлення, екології з урахуванням світового досвіду зеленого будівництва;
- розроблення системи сертифікації та маркування будівельної продукції за характеристиками енергоефективності з метою забезпечення диференціації продукції провідних виробників з подальшим її впровадженням в будівництво;
- розроблення конструктивних рішень внутрішніх і зовнішніх огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель із заданою звукоізоляцією від повітряного і ударного шуму; розроблення конструктивних рішень щодо підвищення звукоізоляції огорожувальних конструкцій в існуючих будівлях до нормативних величин; розроблення ефективних звукопоглинальних конструкцій;
- оптимізація конструктивних рішень теплоізоляційних оболонок будівель на підставі моделювання температурних режимів конструктивних систем утеплення. Атестація і сертифікація будівельних матеріалів, виробів, конструкцій за їх теплотехнічними показниками тощо.

Науково-дослідний «Експериментальний комплекс з досліджень в галузі будівельної фізики» повністю забезпечує увесь спектр послуг, наукових розробок і експериментальних досліджень у будівництві в сфері будівельної фізики і енергоефективності з метою забезпечення надійного, екологічно безпечного і комфортного середовища проживання і перебування людей в будівлях і на територіях при ефективному використанні ресурсів і енергозбереження. Є провідним науковим і експертним центром в Україні в галузі будівельної

фізики, довговічності будівельної продукції та захисту довкілля від впливу шкідливих факторів зовнішнього середовища.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій. Київ: Гама-Принт, 2009. 216 с.
2. ДБН В.1.2-10:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму та вібрації. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 20 с.
3. ДБН В.1.2-11:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 21 с.
4. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 27 с.
5. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. 25 с.
6. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. 54 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-184:2009. Будівельні матеріали. Матеріали звукоізоляційні і звукопоглинальні. Методи випробувань. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
8. ДСТУ Б В.2.6-85:2009. Конструкції будинків і споруд. Звукоізоляція огорожувальних конструкцій. Методи оцінювання. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 30 с.
9. ДСТУ Б В.2.6-86:2009. Конструкції будинків і споруд. Звукоізоляція огорожувальних конструкцій. Методи вимірювання. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 46 с.
10. ДСТУ Б В.2.7-182:2009. Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010.
11. ДСТУ Б В.2.7-183:2009. Будівельні матеріали. Матеріали та вироби будівельні і звукопоглинальні і звукоізоляційні. Класифікація й загальні технічні умов. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
12. ДСТУ Б В.2.7-184:2009. Будівельні матеріали. Матеріали звукоізоляційні і звукопоглинальні.



- Методи випробувань. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
13. ДСТУ Б В.2.6-100:2010. Конструкції будинків і споруд. Методи визначення теплостійкості огорожувальних конструкцій. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 42 с.
 14. ДСТУ Б В.2.6-101:2010. Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 90 с.
 15. ДСТУ Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 127 с.
 16. ДСТУ-Н Б В.1.1-32:2013. Настанова з проектування захисту від шуму в приміщеннях засобами звукопоглинання та екранування. Київ: Мінрегіон України, 2014.
 17. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013. Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сільбищних територій. Київ: Мінрегіон України, 2014. 46 с.
 18. ДСТУ-Н Б В.1.1-34:2013. Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків. Київ: Мінрегіон України, 2014. 92 с.
 19. ДСТУ-Н Б В.1.1-35:2013. Настанова з проведення розрахунку рівнів шуму в приміщеннях і на територіях. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. 58 с.
 20. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022.
 21. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 63 с.
 22. Фаренюк Г.Г., Фаренюк Є.Г. Методичні основи нового покоління будівельних норм з енергоефективності будівель. Наука та будівництво. 2022. №3-4 (33-34). С. 16-25.
 23. Farenjuk G.G., Farenjuk Y.G. Definition of reference building in development of requirements to energy efficiency indicators. Science & Construction. 2021. №2. P.3-10.
 24. Farenjuk G. The determination of the thermal reliability criterion for building envelope structures. Technical Journal. 2019. Vol. 13, No. 2. P. 129-133.
 25. ДСТУ-Н Б В.2.6-219:2016. Настанова з енергетичного маркування будівельних теплоізоляційних матеріалів та виробів. Київ: Мінрегіон України, 2017.
 26. ДСТУ ISO 354:2007. Акустика. Вимірювання звукопоглинання у ревербераційній камері (ISO 354:2003, IDT). Київ: Держспоживстандарт України, 2011.
 27. ДСТУ EN ISO 3741:2014. Шум машин. Визначення рівнів звукової потужності по звуковому тиску. Точні методи для ревербераційних камер. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.

REFERENCES

1. Farenjuk, G. (2009). Basics of assurance of energy efficiency of buildings and thermal reliability of envelope. Kyiv: Gama-Print.
2. DBN V.1.2-10:2021. (2022). Basic Requirements for Buildings and Structures. Noise and Vibration Protection. Kyiv, Ukraine: Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine.
3. DBN V.1.2-11:2021. (2022). Basic Requirements for Buildings and Structures. Energy Conservation and Energy Efficiency. Kyiv, Ukraine: Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine.
4. DBN V.2.6-31:2021. (2022). Thermal Insulation and Energy Efficiency of Buildings. Kyiv: Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine.
5. DBN V.2.6-33:2018. (2018). External Wall Constructions with Facade Thermal Insulation. Design Requirements. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine.
6. DBN V.1.1-31:2013. (2014). Territories, Buildings, and Structures Protection against Noise. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine.
7. DSTU B V.2.7-184:2009. (2010). Building Materials. Sound Insulating and Sound Absorbent Materials. Methods for Test. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine.
8. DSTU B V.2.6-85:2009. (2010). Building Structures. Sound Insulation of Enclosing Structures. Methods for Evaluation. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine.
9. DSTU B V.2.6-86:2009. (2010). Building Structures. Sound Insulation of Enclosing Structures. Methods for Measurement. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine.
10. DSTU B V.2.7-182:2009. (2010). Building Materials. Methods of Determination the Effective Operation Terms and Heat Conductivity of Building Insulation Materials under Design and



- Standard Conditions. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
11. DSTU B V.2.7-183:2009. (2010). Building Materials. Constructive Sound Absorbing and Insulating Materials and Products. Classification and General Technical Requirements. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
 12. DSTU B V.2.7-184:2009. (2010). Building Materials. Sound Insulating and Sound Absorbent Materials. Methods for Test. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
 13. DSTU B V.2.6-100:2010. (2010). Building Structures. Methods of Determination the Fire Resistance of Enclosing Structures. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
 14. DSTU B V.2.6-101:2010. (2010). Building Structures. Method of Determination the Thermal Resistance of Enclosing Structures. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
 15. DSTU B V.1.1-27:2010. (2011). Protection against Hazardous Geological Processes, Harmful Operational Effects, and Fire. Construction Climatology. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
 16. DSTU-N B V.1.1-32:2013. (2014). Guidelines for Designing Noise Protection in Rooms Using Sound Absorption and Shielding Measures. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
 17. DSTU-N B V.1.1-33:2013. (2014). Guidelines for Calculating and Designing Noise Protection for Residential Areas. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
 18. DSTU-N B V.1.1-34:2013. (2014). Guidelines for Calculating and Designing Sound Insulation of Enclosing Structures in Residential and Public Buildings. Kiev: Ministry of Regional Development of Ukraine.
 19. DSTU-N B V.1.1-35:2013. (2014). Guidelines for Conducting Noise Level Calculations in Rooms and on Territories. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine.
 20. DSTU 9190:2022. (2022). Energy Performance of Buildings. Method for Calculating Energy Use for Space Heating, Cooling, Ventilation, Lighting, and Domestic Hot Water. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNC".
 21. DSTU 9191:2022. (2022). Thermal Insulation of Buildings. Method for Choosing Thermal Insulation Materials for Insulation of Buildings. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNC".
 22. Farenjuk, G. G., & Farenjuk, Y. G. (2022). Methodological Foundations of the New Generation of Building Standards for Building Energy Efficiency. *Science & Construction*, 3-4(33-34), 16-25.
 23. Farenjuk G.G., Farenjuk Y.G. Definition of reference buidling in development of requirements to energy efficiency indicators. *Science & Construction*, 2, 3-10.
 24. Farenjuk, G. (2019). The determination of the thermal reliability criterion for building envelope structures. *Technical Journal*, 13(2), 129-133.
 25. DSTU-N B V.2.6-219:2016. (2017). Guidelines for Energy Labeling of Building Thermal Insulation Materials and Products. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
 26. DSTU ISO 354:2007. (2011). Acoustics. Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine.
 27. DSTU EN ISO 3741:2014. (2016). Noise of Machines. Determination of Sound Power Levels by the Pressure Reciprocity Method in Reverberation Rooms. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNC".

Стаття надійшла до редакції 31.07.2023



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-2>

UDC 624.07



Jarosław SZULC
PhD, Instytut Techniki
Budowlanej (ITB)
Warsaw, Poland
e-mail: j.szulc@itb.pl,
tel.: +48 22 57 96 493,
ORCID: 0000-0002-0447-3927



Jan SIECZKOWSKI
M.Sc., Instytut Techniki
Budowlanej (ITB)
Warsaw, Poland
e-mail: j.sieczkowski@itb.pl,
ORCID: 0000-0002-3191-8602

PROTECTION OF LARGE PANEL BUILDINGS AGAINST PROGRESSIVE COLLAPSE

ABSTRACT

With the large panel buildings being widely used, effective protection of buildings against the destructive effects of extraordinary loads becomes an important issue. Therefore, the article delves into the history of developing standards that regulate design basics of buildings made of large-scale elements.

The article deals with characteristic properties such as spatial stiffness by using a system of rigid transverse and longitudinal walls. The author emphasizes that a characteristic feature of the design of large panel buildings is the presence of monolithic joints between prefabricated elements in the ceiling and wall slabs. The article identifies the components that play an important role in ensuring sufficient reliability of large panel system buildings.

The article stipulates methods of accounting for accidental loads in designing large panel system buildings and covers application methods. The article covers the guidelines for protecting large panel buildings against progressive collapse.

The authors outline that the local destruction of a load-bearing wall in the zone adjacent to the outer edge is extremely dangerous due to a progressive collapse, and that is why it is important to take into account progressive collapse in structural design.

The article contains basic design recommendations

for protecting large-panel buildings against the effects of extraordinary loads.

In conclusion, the authors opine that the methodology of protecting large panel buildings against the effects of a progressive collapse may be used for assessing the state of a structure damaged due to warfare.

In the case of war damage to large-panel buildings occurring in Ukraine, due to the extent of the destruction, the article recommends developing procedures aimed at reliability assessment with partial use of the methods described in the article. On top of that, the catalog of strengthening solutions for each large panel system should be developed and available in case if reconstruction is needed.

KEYWORDS: large panel buildings, spatial stiffness, monolithic joints, reliability, accidental loads, progressive collapse

ЗАХИСТ ВЕЛИКОПАНЕЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ ВІД ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ

АНОТАЦІЯ

У зв'язку з широким використанням великопанельних будівель ефективний захист будівель від руйнівного впливу екстремальних наванта-



жень стає важливим питанням. Тому в статті розглядається історія розробки стандартів, які регулюватимуть принципи проектування будівель з великих елементів.

У статті розглядаються такі характерні властивості, як просторова жорсткість за допомогою використання системи жорстких поперечних і поздовжніх стінок. Автор підкреслює, що характерною особливістю проектування великопанельних будівель є наявність монолітних швів між збірними елементами в плитах стелі і стін. У статті вказані компоненти, які відіграють важливу роль для забезпечення достатньої надійності великопанельних будівель при їхньому проектуванні.

У статті розглядаються методи обліку навантажень при виникненні аварії під час проектування великопанельних будівель і сфера застосування цих методів. У статті конкретизовані та проаналізовані настанови щодо захисту великопанельних будівель від прогресуючого обвалення.

Через локальне руйнування несучої стіни в зоні, прилеглій до зовнішнього краю, що є надзвичайно небезпечно через можливість прогресуючого обвалення, автор наполягає на тому, що локальному руйнуванню необхідно приділяти особливу увагу при проектуванні будівлі. У статті містяться основні проєктні рекомендації щодо захисту великопанельних будівель від впливу екстремальних навантажень.

У висновках автор висловлює думку, що методологія захисту великопанельних будівель від наслідків прогресуючого обвалення може використовуватися для оцінки технічного стану об'єкта, пошкодженого в результаті бойових дій.

У випадку пошкодження великопанельних будівель внаслідок війни в Україні, в залежності від масштабу руйнувань, рекомендується розробити послідовні принципи оцінки надійності об'єктів з частковим використанням методів, описаних у статті, а також розробити каталог рішень щодо посилення великопанельної системи будівлі у випадку можливості проведення реконструкції.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: великопанельні будівлі, просторова жорсткість, монолітні шви, надійність, навантаження при аварії, прогресуюче обвалення

INTRODUCTION

During the use of buildings, in special situations, in addition to the standard permanent and variable loads included in the calculations, loads of accidental character may also occur. In most design situations, it is impossible to clearly determine both the type, size and frequency of occurrence of extraordinary loads. Therefore, effective protection of buildings against their destructive effects becomes an important issue. Despite difficulties, it is necessary to ensure that a building structure meets the minimum level of safety by adopting an appropriate combination of influencing factors during static-strength calculations

and thus already taking the influence of additional accidental loads into account. Furthermore, satisfying design requirements developed on the basis of the results of experimental research and theoretical analysis is mandatory.

The issue of protecting structures from the effects of special loads applies to all types of structures. However, due to the limited degree of monolithicity and the fact that the load-bearing structures include simply supported systems, prefabricated structures are characterized by their lower ability to redistribute internal forces and are therefore more susceptible to a progressive collapse in typical monolithic structures.

THE BASIC PRINCIPLES OF DESIGNING THE STRUCTURE OF LARGE PANEL BUILDINGS

Standard setting regulations

Constructing buildings from large scale prefabricated elements was a new technology in Poland in 1960s, which is why textbook studies on designing such structures [1], [2] were considerably ahead of standard setting provisions [3].

During the early stages of the evolution of large panel buildings, two international organisations were working vigorously to develop international guidelines regarding the principles of designing buildings made of large scale elements [4]: CEB-FIP (European Committee for Concrete - International Federation for Prestressing) and CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction), especially in the CIB W23 "Wall Structures" sub-committee; representatives of Poland actively participated in these efforts as well.

The first national standardisation deliverable regarding the designing of large panel system buildings was industry standard BN-74/8812-01 [3], approved in 1974.

In order to make the structure adequately resistant to local damage and limit the scope of potential damage, the PN-B-03264:1999 standard for designing concrete structures [5], harmonized with PN-EN 1992-1-1:2008 [6], emphasized the need to ensure that buildings are sufficiently cohesive by systematically connecting ceilings to walls and columns. The rules of shaping the reinforcements of specific components and their joints specified in these documents were generally consistent with the requirements of standard [3].

In the period of designing large-panel construction systems, the existing standards and guidelines allowed most of the technical problems that occurred during the development of these systems to be solved. In the cases that involved the use of entirely new solutions, which had not been tested practically and were not covered by existing standards or instructions, many experimental studies were carried out (Fig. 1), primarily in the Building Research Institute (Instytut Techniki Budowlanej). They generally concerned structural strength issues, but they also included the



Figure 1 - Studying the horizontal joint of the Wk-70 system (A. Pogorzelski, 1982)

verification and evaluation of insulation and acoustic properties of building envelopes. Additional analyses were focused on the issues of production, transport and storage of prefabricated elements [7].

Characteristic properties

The basic rule of designing large panel system buildings was to give them adequate spatial stiffness by using a system of rigid transverse and longitudinal walls which pass through vertically through the entire building and, usually, through its monolithic, underground part.

The walls constituted vertical partitions whose main task was to take over loads (mainly vertical ones) and transmit forces to the foundations of the building. In addition, due to their significant resistance to plane strain, the external walls prevented the twisting of the building's spatial structure in the course of bending. Therefore, the design assumptions posit that under the influence of wind, the cross sections of the structure move in parallel.

Transverse and longitudinal walls, which were the main components of the building's spatial structure, were treated as supports fixed in the monolithic, underground part of the building or in the ground.

Ceilings in large panel system buildings were treated as rigid horizontal partitions in the calculations (when taking over horizontal forces they act as beams walls bent in their plane), which was equivalent to the assumption that the horizontal contour of the cross section of the building structure would not change in the case of its strain.

A characteristic feature of the design of large panel system buildings is the presence of monolithic joints between prefabricated elements in the ceiling and wall slabs. These joints are locations where the strength properties of the slab changes, places in which its strains caused by internal forces induced by external influence on the structure, concrete shrinkage, temperature changes or incorrect filling of the joints are concentrated. The internal forces, both

perpendicular (to the plane of the joint) and tensile, as well as parallel and shearing may cause cracks to appear in the joint.

Apart from the intensity of the influencing factors, as a result of which internal forces appear within the structure, the shape and width of such cracks may also affect the effectiveness of the reinforcement which ensures that the building retains spatial cohesion, i.e. the peripheral reinforcement (tie beams) which surrounds the structural walls at the ceiling level and the supporting reinforcement of the ceilings anchored in these tie beams or spreading from one ceiling span to another. The tie beams and the support reinforcement connect prefabricated panels into ceiling and wall slabs, thus ensuring that the building has adequate spatial stiffness. These components also play an important role in the creation of the secondary load bearing structure above the potentially damaged part of the building and in compensating for the strains in the interface of walls bearing different loads, as well as in taking over the tensile forces which appear in the wall as a result of an uneven settlement of the building.

The adoption of such assumptions when designing large panel buildings was intended to ensure their sufficient reliability.

Accidental loads

When designing large panel residential and public buildings, the possibility of extraordinary loads caused by the following factors were taken into account:

- gas explosion in enclosed rooms,
- an impact caused by a wheeled transport vehicle if the building is located near an active traffic lane.

Until the development of the standard [3], accidental loads were included in the design on the basis of CEB/FIP recommendations [4]. Some of the requirements of these documents can be applied directly to extraordinary events caused by other factors, e.g., warfare.

METHODS OF ACCOUNTING FOR ACCIDENTAL LOADS IN THE DESIGN OF LARGE PANEL SYSTEM BUILDINGS

Method I

The first method consists in estimating the most approximate magnitude of the extraordinary load and including it in the design of a building structure. In such approach, cracks with significant gap widths and permanent deformations in close proximity to the occurrence of extraordinary loads, are allowed. However, the structure should remain unchanged and capable of transferring loads safely, as well as allow the evacuation of residents and rescue operations.

Method II

In the second method, the possibility of local destruction of the structure is permissible. The



magnitude of the extraordinary load, as in the first method, is not determined but the extent of local destruction is estimated. The essence of the protection is to endow the structure with a capability to shape a secondary load bearing structure around the site of local destruction, capable of transferring loads in a changed static diagram. The secondary system may be composed of, in addition to the supporting elements of the structure located outside the place of local destruction, elements which are non-structural in the primary system (e.g. concrete curtain walls), provided that the load bearing capacity of these elements and the method of connection with the rest of the structure ensures their appropriate contribution in the operation of the secondary system. In the zone of the secondary structure, significant cracks and displacements of structural elements are allowed in relation to each other, provided that the safety of residents is ensured.

Scope of application of the methods

Method I, consisting in allowing for extraordinary loads in the design, leads to increasing cross-sections of structural elements and their reinforcement. For this reason, its application is recommended for protecting structures with limited capabilities of creating a secondary load bearing structure in the event of local destruction. This type includes skeleton frame structures. According to observations, an explosion in a building with a skeleton frame structure usually destroys the infill walls and, sometimes, the ceilings, while the columns have a chance to resist the force of the explosion. On the other hand, designing a skeleton frame structure that would be resistant to a progressing collapse, when one of the columns is destroyed, is possible only to a limited extent.

Wall structure buildings (large panel system buildings) should be secured using method II. In special cases of the construction system of these buildings, certain parts of the structure or the whole require being secured in accordance with method I.

Combinations of both methods are possible, i.e., transferring extraordinary loads up to a specific magnitude by the primary structure and creating a secondary structure under higher load conditions.

In both methods of securing a building against the effects of extraordinary loads, due to the lower probability of the occurrence of these loads, the safety of the structure should be verified for the typical strength properties of materials and the magnitude of loads.

In the analysis of the structure, all strength reserves can be taken into account, including the full plasticity of the reinforcement, consequences of large rotations and displacements.

In the case of method I, the extraordinary load is added to the normal load, and in the case of method II, the normal load is only the load impacting the structure, but depending on the secondary

structure in question, this load can be increased by an appropriate dynamic coefficient.

In the calculations, the permanent load, a long term variable load and 1/3 of the short-term variable load are adopted as the normal load, while the wind load is omitted.

GUIDELINES FOR PROTECTING LARGE PANEL BUILDINGS AGAINST PROGRESSIVE COLLAPSE

Protecting buildings according to Method I

Protecting buildings with the method I involves designing a structure capable of transferring extraordinary loads in addition to ordinary loads (permanent loads and long and short-term variable loads). The dynamic load caused by a gas explosion in a closed room can be replaced by a static force acting evenly on the walls and ceiling slabs. The value of this force depends on the strength and surface of the weakest partition or part of the partition in the room (window, door), which at the time of explosion is the first to be destroyed and acts as a valve, reducing the gas pressure on the remaining partitions and on the room where the explosion took place.

The magnitude of the horizontal forces caused by a vehicle impact is determined by the standard for the loading of structures with vehicles [6], where these forces range from 40 to 500 kN. For the calculations, it is assumed that the forces are applied at a height of 1.2 m above the level of the surrounding area.

Protecting buildings according to Method II

Local destruction of the structure is defined as the destruction of two walls conjoined in the corner of the room where the explosion occurred and when one of these walls is the outer wall [4]. Two cases of the local destruction zone range can be distinguished depending on the resistance of the wall to a uniformly distributed load (blast) less or more than 10 kN/m².

In the case of walls which can withstand a blast below 10 kN/m², the length of the destroyed section (l_w) is equal to the distance between the vertical stiffeners of the wall or between the stiffener and the free edge. However, in the case of walls which can resist a larger blasts, the length of section l_w can be assumed to be 3.6 m (for end walls or 1.8 m (for internal walls in cases where there is no weakness in the section of the wall adjacent to the estimated destruction zone in the form of a vertical joint, the edge of a door or window opening).

The secondary load bearing structure, located over a part of the locally damaged building, is shaped in accordance with the newly emergent conditions. Depending on the location of the zone of local damage to the load bearing walls, this may be a cantilever, tension rod or beam structure.

One of the most frequent cases of local damage in buildings with walls as the load bearing structure is the destruction of a fragment of internal walls.



Depending on the structural solution, there are two possible situations [8]:

- in the case of insufficient connection between the ceiling, tie beams and the wall the ceiling above the damaged part may fall off or hang from the tie beam acting as a tie rod. This situation is undesirable due to the necessity to transmit tensile forces through the wall above the destruction zone (Fig. 2a),
- in the case of an effective connection, the tie beam remains attached to the wall above it, and the loads above the destruction zone are transferred by the walls and tie beams, which undergo stretching (Fig. 2b).

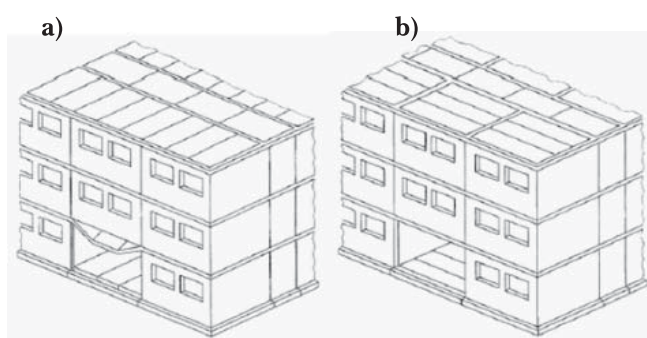


Figure 2 - Situations following the destruction of a section of the external wall

- a) a building with a longitudinal load bearing structure (secondary beam structure)
b) a building with a transverse girder bearing structure

Without the central support (which is a part of internal load bearing walls), the ceiling may form a tie rod structure (Fig. 3b), in which the reinforcement placed along the span of the ceiling and the reinforcement of the tie beam transmit tensile forces together, thus forming a structure that spans in two directions; in addition to a relatively significant cross section of the reinforcement, it must have the correct shape in order to prevent the bars in the collapse zone from breaking off the concrete. When creating a secondary structure, the preferred solution is to connect the floor panels using a loop with threaded reinforcement (Fig. 3c) Stirrups connecting the upper and lower bars further prevent the bars from breaking off.

When the ceiling spans more than 4.0 m, it is assumed that the destruction of the central support causes the ceiling joint above this support to be broken and the ceiling collapses. However, the ceiling joint on an undamaged support should be sufficiently strong and elastic to prevent the ceiling from falling off said support. Loop connections work very well in such conditions (Fig. 3c).

A ceiling falling off a support imparts

a dynamic load on the ceiling below. When the connection between adjacent ceilings or between a ceiling and a load-bearing wall is made on a support, the load-bearing capacity of the ceiling is usually sufficient to take over this load. If such a connection is absent, the shock caused by the fall of the upper slabs may cause the ceiling slab to slide off the support and result in the rapid successive collapse of all the ceilings down to the ground floor (Fig. 3a). Such disasters occurred several times during the installation of staircases when stair flights and platform slabs were not connected with appropriate anchors.

In the event that parts of the load bearing wall adjacent to the edge are destroyed the upper storeys of the wall form a multi storey or single storey cantilever structure (Fig. 4).

If the ceiling can freely move horizontally over the wall, then the wall works as a flat support in which the tensile force is transmitted only by the reinforcement of the tie beams. Meanwhile, when the joint between a ceiling and a wall can transmit a certain tangential force, a spatial structure is created in which the ceiling takes over a portion of the horizontal force caused by the bending moment.

The curtain (external) wall usually constitutes the load of the cantilever only. However, when this wall is sufficiently rigid and properly connected to the structure, it can work in conjunction with the load bearing wall as an additional component of the spatial cantilever.

In a building whose ceiling rests on its perimeter, the situation is more favourable due to the work of the ceiling without a support, the upper floor wall, as well as the beam broken in the plane.

WORKING CONDITIONS OF THE LOAD BEARING CANTILEVER STRUCTURE

Local destruction of a load bearing wall in the zone adjacent to the outer edge is extremely dangerous due to the possibility of a progressive collapse, which

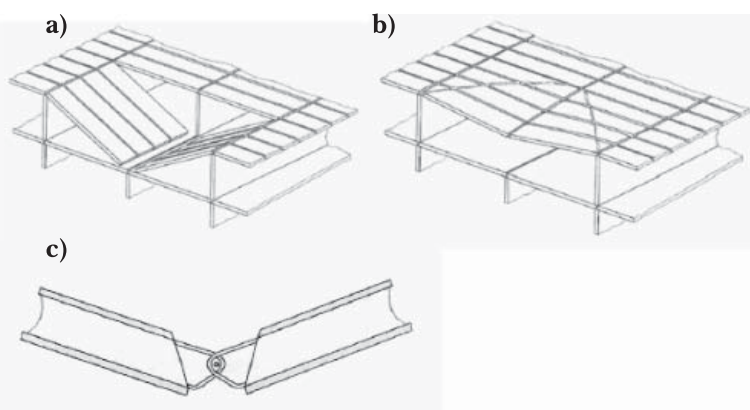


Figure 3 - Consequences of damage to an internal load-bearing wall

- a) parts of the ceiling in the destruction zone fall off
b) forming a secondary load-bearing structure of tie rod type
c) loop connection in the collapse zone

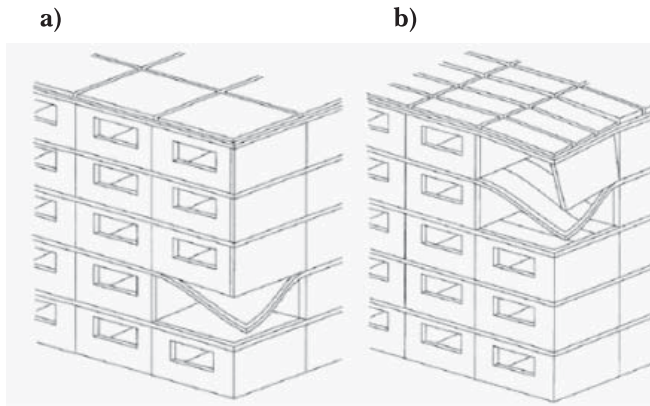


Figure 4 - A secondary cantilever structure after the destruction of external walls in the corner of the building

- a) a multi-storey structure
b) a single-storey structure

is why particular attention is paid to this scenario when designing a building. The resulting structural protections in horizontal tie beams, appropriate vertical joints and lintel reinforcements applied throughout the building also provide adequate protection in other cases of local damage to a load bearing wall.

The secondary load bearing cantilever (multi-storey) structure is characterized by structural continuity in its vertical joint. In this case, the shear forces occur on the lowest storey, in the immediate vicinity of the destroyed part. The strength of these forces and their distribution along the joint depends on the height of the cantilever and the size of the displacements of the joint's edges δ , which accompany shear forces T' (Fig. 5).

Separating the lower part of a multi-storey cantilever from the rest does not yet equate its destruction. If the part is properly connected to the rest of the storey at the ceiling level (with a tie beam or a tie beam and a ceiling), a new single-storey cantilever structure may be created there. In addition to individual components working together, this structure is accompanied by significant displacements and cracks, and the shear force in the vertical joint is no longer opposed by its cohesion, but by the frictional force in the horizontal force pressure zone caused by the bending moment. From a utility centred perspective, the part of the building in which such a secondary structure was formed is destroyed and requires thorough repair, as opposed to the preservation condition of the multi-storey cantilever, which needs practically no repairs. However, due to the fact that there is no danger to human life, it can be assumed that the limit state of the structure's load bearing capacity has not been exceeded, which means that in a post-emergency situation, the structure will meet safety conditions. The conditions in which the partially damaged structure is used are very complex and related to the

fact that the formation of a secondary load bearing structure is a dynamic phenomenon with unspecified parameters. Therefore, the following findings are used in the calculations, depending on the maximum shear force $Q_{max} = T_{p,max} \cdot h$ (where $T_{p,max}$ – maximum unit force shear in the vertical joint, h – height of the storey) in the vertical joint section equal to the storey height of the multi-storey cantilever, calculated on the assumption that the rigidity of the joint $C = C_{Uk}$ (rigidity of the joint under stress):

- when the analysis of the operation of the multi-storey cantilever shows that $Q_{max} \leq U_{Tk}$ – the structure can be considered sufficiently safe,
- when $U_{Tk} < Q_{max} \leq 2U_{Tk}$ – the possibility of creating a single-storey cantilever should be ensured for the construction, whereby at $Q_{max} < 1.5 U_{Tk}$ a dynamic coefficient of 1.1 is adopted for calculations, and when $Q_{max} > 1.5 U_{Tk}$ – 1.2,
- with $Q_{max} > 2U_{Tk}$ the situation requires structural intervention; the simplest procedure is to

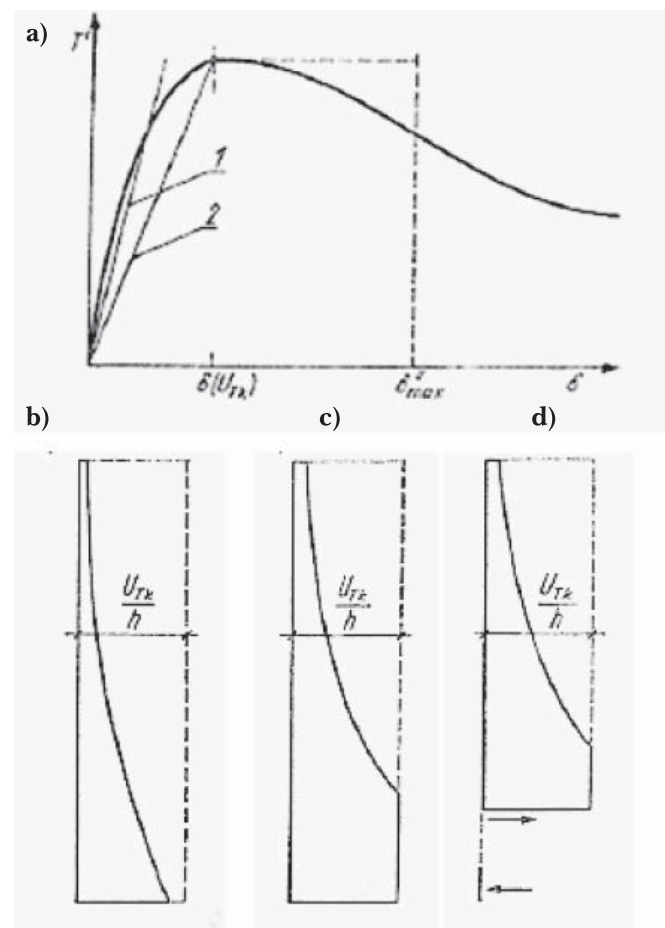


Figure 5 - Working conditions of a vertical joint in a multi-storey cantilever

- a) $T'(\delta)$ dependence
b) distribution of stresses T' in the case when $\delta < \delta(U_{Tk})$
c) distribution of stresses T' in the case when $\delta(U_{Tk}) < \delta < \delta_{max}^{II}$
d) distribution of stresses T' in the case when $\delta > \delta_{max}^{II}$



increase the load bearing capacity of the joint so that $Q_{max} < 2.0 U_{Tk}$ or look for other solutions.

In principle, the possibility of local damage to the wall should be verified for all storeys of the building. However, usually, the consideration of the consequences of damage to the wall only on the lowest storey and on the third storey from the top is sufficient. In the first case, the largest Q_{max} will occur due to the greatest height of the cantilever, and in the second case, a single-storey cantilever is the only possible solution. The structures on the remaining storeys should be shaped according to the obtained results.

The multi-storey cantilever is connected to the rest of the building structure by ceilings, therefore, in the analysis of this static diagram, it can be assumed that the cantilever may deform only in the vertical direction by a value of δ equal to the displacements of the vertical joint.

The single-storey cantilever in the building can be loaded with one or two ceilings, depending on whether the ceiling above the lower storey has detached from the wall of the upper storey or is still joined.

BASIC DESIGN RECOMMENDATIONS

Due to the protection of large-panel buildings against the effects of extraordinary loads, the construction requirements complement the general construction requirements in terms of joining prefabricated elements and maintaining spatial rigidity of buildings specified, among others, in the industry standard [3].

A distinction should be made between the buildings with ceilings anchored on the cantilever (supporting reinforcement connected with the reinforcement of adjacent spans or anchored in a tie beam) and the buildings with simply supported ceilings. In the first case, in the conditions of the secondary load bearing structure, the cooperation of the ceiling with the load bearing wall may be taken into account, and in the second case, this cooperation cannot be taken into account. In both cases, on the other hand, an appropriate connection of the tie beam with the load-bearing wall is required (except when the entire reinforcement of the tie beam is located in the wall slab, the so-called concealed tie beam). It is also very important to connect the rods of the tie beam in a way that ensures full load bearing capacity of the reinforcement.

The safety of the building under extraordinary load conditions may not be checked analytically if the cross-section of the tie beam reinforcement (made of class AIII rebars) is not less than:

- 2.3 cm^2 – in the case of anchored ceilings, with a span of up to 6 m (in all walls or in the case of simply supported ceilings with a span of up to 4.8 m (in internal walls),
- 3.4 cm^2 – in the case of simply supported ceilings

with a span of up to 4.8 m (in the end wall) or in the case of simply supported ceilings with a span of 4.8 to 6.0 m (in the internal walls),

- 4.6 cm^2 - in the case of simply supported ceilings with a span of 4.8 to 6.0 m (in the end wall)

The cooperation of the ceiling with the load bearing walls reduces the longitudinal reinforcement in the tie beam, but does not reduce the shear forces resulting from the connection of the tie beam with the load bearing wall



Figure 6 - Effects of a gas explosion in a large-panel building (Łódź, Retkinia housing estate)

CONCLUSIONS

When creating systematic solutions for large panel buildings, rules were developed to protect these constructions against a progressive collapse, which may occur in extraordinary situations, e.g. as a result of gas explosion [1]÷[4].

The recommended method of verifying the safety status of large panel buildings with a wall load bearing structure is method II (point 3.2) which assumes the possibility of creating secondary load bearing structures in the main structure after the local destruction of the fragments of support elements.

The methodology of protecting large panel buildings against the effects of a progressive collapse



may be the basis for assessing the technical condition of an object after the occurrence of damage related to warfare (Ukraine).

In Poland, extraordinary events occurred occasionally, a spectacular example of which was the gas explosion in December 1983 in the Retkinia housing estate in Łódź (Fig. 6). As a result, the outer (load bearing) end wall at the height of the two lower storeys was damaged, but the building remained stable (after the creation of a multi-storey cantilever secondary structure. As a result of the explosion, 8 people were killed. In the aftermath of the incident, it was decided to place valves shutting off the gas supply outside each building in Poland and mark them accordingly as well as to reduce the pressure in the gas pipelines directly supplying inhabited facilities. After the removal of the debris, the missing part of the building was rebuilt in June 1984.

In the case of war damage to large-panel buildings occurring in Ukraine, due to the extent of destruction, it is recommended that consistent principles be developed for assessing the reliability of facilities (with partial use of the methods described in the article) and, in the case of the possibility of reconstruction that a catalogue of reinforcement solutions dedicated to each large panel system be created.

REFERENCES

- 1 Lewicki B.: Budynki z elementów wielkowymiarowych. Arkady, Warszawa 1961
- 2 Lewicki B. i współautorzy: Budynki wznoszone metodami uprzemysłowionymi. Arkady, Warszawa 1979
- 3 BN-74/8812-01 Konstrukcje budynków wielkopłytowych. Projektowanie i obliczenia statyczno-wytrzymałościowe
- 4 Recommendations Internationales pour les Structures en Panneaux – CEB/FIP/UEAtc-Roma Ital. Del Cemento, Roma 1969
- 5 PN-B-03264:1999. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie
- 6 PN-EN 1992-1-1:2008.
- 7 Wierzbicki S.M., Sieczkowski J.: Konstrukcje budynków wielkopłytowych z punktu widzenia zabezpieczenia przed awarią oraz możliwości ich modernizacji. XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie Budowlane 2013, Szczecin-Międzyzdroje, Materiały konferencyjne (pp. 103-122)
- 8 Starosolski W.: Konstrukcje żelbetowe według Eurokodu 2 i norm związanych. Część 6. Wydawnictwo PWN, Warszawa 2019

The article was received by Editor's Office on 5.07.2023



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-3>

УДК 004.94, 006.3/.8, 624.05



ЛІСЕНИЙ О.М.

Канд. техн. наук, завідувач
відділу ДП «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: lab343@ndibk.gov.ua
тел.: +38 (044) 249-37-66
ORCID: 0000-0003-0792-8082

ОСОБЛИВОСТІ ОБСТЕЖЕННЯ ТА ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СПОРУД ЕЛЕВАТОРНИХ КОМПЛЕКСІВ

АНОТАЦІЯ

Україна відіграє значну роль у світі з виробництва продовольства. В країні існує більше тисячі підприємств для зберігання і переробки зерна. Їх загальна потужність до 2022 р. складала близько 55 млн. тонн, з яких 13 млн. тонн втрачено внаслідок воєнних дій і окупації частини території країни. В Україні існує дефіцит зерноховищ, щороку будуються нові і розширюються існуючі підприємства за рахунок зведення зерноховищ переважно з металевих конструкцій.

Сталеві силоси для зберігання зерна в Україні почали масово будувати в кінці 1990-х років і на сьогодні велика їх кількість вже близька до вичерпання свого ресурсу, що пов'язано з необхідністю їх обстеження та оцінки придатності до експлуатації. Крім того, необхідно обстежувати інші споруди, що входять до складу елеваторних комплексів: силоси залізобетонні, будівлі для підлогового зберігання, розвантажувальні станції, норійні башти, транспортерні галереї тощо.

Співробітники ДП НДІБК постійно залучаються до робіт з оцінки технічного стану споруд елеваторних комплексів. Внаслідок масштабного пошкодження великої кількості елеваторних споруд воєнними засобами дистанційного ураження, що відбулося влітку 2023 року, на перший план виходять задачі оцінки обсягів пошкоджень спо-

руд та їх придатності до відновлення, а також розробка методів підсилення конструкцій для забезпечення функціонування споруд.

У статті розглядаються особливості споруд елеваторних комплексів (далі – споруди ЕК), що обумовлюють вибір методів інструментального обстеження. Результати інструментального обстеження використовуються при розрахункових перевірках споруд, таких як: перевірка несучої здатності з врахуванням дефектів і пошкоджень; перевірка з врахуванням заміни обладнання, зміни конструктивної системи, зміни призначення споруди, збільшення навантажень при експлуатації; перевірка з врахуванням зміни нормативних значень навантажень при реконструкції, розрахункове обґрунтування методів підсилення та відновлення існуючих конструкцій.

У ДП НДІБК розроблена методика розрахунків сталевих силосів з гофрованою стінкою, що ґрунтується на положеннях ДСТУ-Н Б EN 1993-4-1. Методика застосована для розрахунків при удосконаленні конструктивних рішень металевих силосів діаметром 22 м виробництва ТОВ ТК «Югелеватор» (м. Миколаїв).

Методи інструментального обстеження та розрахункових перевірок були застосовані при виконанні комплексного обстеження конструкцій



та фундаментів існуючих споруд портового елеваторного комплексу ТОВ «Укрелеваторпром» у м. Одеса. Виконані перевірні розрахунки несучої здатності конструкцій елеваторних споруд з врахуванням сейсмічного впливу 8 балів, розроблені конструктивні рішення щодо підсилення окремих конструкцій з врахуванням збільшення навантажень при реконструкції лінії відвантаження на морський транспорт.

Результати інструментальних обстежень, розрахунків та конструкторських розробок ДП НДІБК знайшли відображення при розробці ДБН В.2.6-221:2021 «Конструкції силосів сталевих з гофрованою стінкою для зерна. Основні положення» [9].

КЛЮЧОВІ СЛОВА: споруди елеваторних комплексів, силос з гофрованою стінкою, інструментальне обстеження, зберігання зерна, норийна башта, транспортна галерея.

INSPECTION AND ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF ELEVATOR COMPLEX STRUCTURES

ABSTRACT

Ukraine plays a significant role in the world's food production. The country has more than a thousand grain storage and processing enterprises. Their total capacity by 2022 was about 55 million tons, of which 13 million tons were lost as a result of military operations and the occupation of part of the country. In Ukraine, there is a shortage of granaries. Every year new enterprises are built and existing enterprises are expanded due to the construction of granaries mainly from metal structures.

Steel silos for grain storage began to be built in Ukraine in the late 1990s. Today, many of them are already close to exhausting their service life due to the need to examine and assess their suitability for use. In addition, it is necessary to examine other structures that are part of the elevator complexes: reinforced concrete silos, floor storage buildings, drop-off stations, elevator towers, conveyor galleries, etc.

Employees of NIISK are constantly involved in assessing the technical condition of elevator complex structures. As a result of large-scale damage to a great number of elevator structures by military means of remote destruction in the summer of 2023, the tasks of assessing the volume of damage to structures and their suitability for restoration, as well as developing methods for strengthening structures to ensure the functioning of structures, come to the fore.

The article discusses the features of elevator complex structures (hereinafter referred to as EC structures), which determine the choice of instrumental inspection methods. The results of the instrumental inspection are used in checking the load-bearing capacity, taking into account defects and damage; inspection

taking into account replacement of equipment, structural system, change in purpose of the structure, increase in loads during operation; inspection taking into account changes in standard load values during reconstruction, calculation justification of strengthening methods and restoration of existing structures.

NIISK has developed a method for calculating steel silos with corrugated walls, based on DSTU-N B EN 1993-4-1 provisions. The methodology was used for calculations when improving the design solutions of metal silos with a diameter of 22 m produced by LLC TC Yugelevator (Mylokaiv).

Methods of instrumental inspection and calculation checks were used to comprehensively inspect structures and foundations of existing buildings of the port elevator complex of LLC Ukrelevatorprom in Odessa. Verification calculations of the bearing capacity of elevator structures were carried out taking into account seismic impact of 8 points. Design solutions were developed to strengthen individual structures taking into account the increase in loads during the reconstruction of the shipping line to sea transport.

The results of instrumental inspections, calculations and design developments of NIISK were used in the development of DBN V.2.6-221:2021 "Constructions of steel silos with a corrugated wall for grain. Basic provisions"[9].

KEYWORDS: elevator complex structure, silos with corrugated walls, instrumental inspection, grain storage, elevator tower, conveyor gallery.

ВСТУП

Україна відіграє значну роль у світовому виробництві продовольства. Так, за даними Державної служби статистики, врожай зернових і зернобобових культур у 2020 р. склав 63,3 млн. тонн, у 2021 р. – 84,4 млн. тонн. При цьому, експорт українського зерна станом на 10 квітня 2023 р. склав 38,824 млн. тонн, а у попередньому році аналогічний показник сягав 45,263 млн. тонн [1].

Загальна потужність підприємств для зберігання і переробки зерна до 2022 р. складала близько 55 млн. тонн, з яких 13 млн. тонн втрачено внаслідок воєнних дій і окупації частини території країни.

У структурі зерносховищ близько 35 % потужностей складають застарілі склади підлогового зберігання, 18 % – залізобетонні елеватори і 47 % – металеві елеватори. В Україні існує дефіцит зерносховищ, щороку будуються нові і розширюються існуючі підприємства за рахунок зведення зерносховищ переважно з металевих конструкцій.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Типові споруди елеваторних комплексів (ЕК). До складу зернопереробних підприємств вхо-



дять такі основні споруди:

- силоси металеві (рис. 1) та залізобетонні (рис. 2);
- одноповерхові будівлі для підлогового зберігання (рис. 3);
- розвантажувальні станції для автомобільного і залізничного транспорту;
- норійні башти (рис. 4),
- транспортерні галереї з поворотними баштами (рис. 5), надсилосні та підсилосні галереї;
- причальні галереї для завантаження на

водний транспорт тощо.

До складу існуючих елеваторних комплексів часто входять споруди різного часу спорудження і різної конструкції (рис. 5). Найбільш прогресивними є зерносховища у вигляді циліндричних силосів з гофрованою стінкою з оцинкованих листів на болтових з'єднаннях. В них досягається максимальний рівень автоматизації технологічних процесів. Разом з тим, металеві споруди елеваторних комплексів більше чутливі до умов експлуатації і мають меншу довговічність,



Рисунок 1 – Зблоковані металеві силоси з гофрованою стінкою



Рисунок 2 – Залізобетонні силоси різної конструкції



Рисунок 3 – Виробнича будівля, пристосована під склад підлогового зберігання зерна



Рисунок 4 – Загальний вигляд норійної башти



Рисунок 5 – Металеві силоси, склад підлогового зберігання, норійна башта і транспортерні галереї, що входять до складу елеваторного комплексу



порівняно з залізобетонними спорудами.

ТИПОВІ ЗАДАЧІ З ОБСТЕЖЕННЯ СПОРУД ЕК

Сталеві силоси для зберігання зерна в Україні почали масово будувати в кінці 1990-х років і на сьогодні велика їх кількість вже близька до вичерпання свого ресурсу, що пов'язано з необхідністю обстеження та оцінки придатності до експлуатації споруд. Обстеження виконуються з метою вирішення таких основних задач:

- підтвердження придатності до експлуатації та обґрунтування складу поточних ремонтних робіт;
- підтвердження придатності до реконструкції та обґрунтування складу робіт з заміни, підсилення та ремонту конструкцій (зазвичай, виконується при розширенні підприємства та заміні обладнання на більш потужне);
- обміри та складання обмірних креслень споруд, на які відсутня проектна документація (зазвичай, технічна документація часто втрачається при зміні власника підприємства, а конструкції іноземного виробництва (металеві силоси, норійні башти тощо) поставлялися без детальних креслень, що ускладнює їх обстеження та розрахункові перевірки);
- розроблення конструктивних рішень щодо відновлення та підсилення конструкцій з їх розрахунковим обґрунтуванням;
- участь у розслідуванні аварійних ситуацій, встановлення причин аварій тощо.

Крім того, враховуючи велику кількість елеваторних споруд, що пошкоджені воєнними засобами дистанційного ураження, на перший план виходять задачі оцінки обсягів пошкоджень споруд та їх придатності до відновлення, розробка методів підсилення конструкцій для забезпечення функціонування споруд.

Співробітники ДП НДІБК постійно залучаються до робіт з оцінки технічного стану споруд елеваторних комплексів.

ОСОБЛИВОСТІ РОБІТ З ОБСТЕЖЕННЯ НА СПОРУДАХ ЕК

Роботи з обстеження та оцінки технічного стану споруд ЕК виконуються згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [2] та ДСТУ Б В.2.6-210:2016 [3] при врахуванні положень Методики [4]. Першим етапом оцінки технічного стану споруд є: попередній огляд та визначення складу робіт; оцінка необхідності в інструментальних та лабораторних дослідженнях, розрахункових перевірках елементів конструкцій; погодження складу робіт з замовником (в залежності від задач обстеження).

Детальне візуальне обстеження, фотофіксація, складання схем пошкоджень виконується з метою документування наявних пошкоджень

конструкцій і завершується складанням дефектних відомостей та актів за результатами обстеження, які є вихідними матеріалами для визначення обсягів ремонтних робіт та розробки відповідної проектної документації. Проте, як правило, результатів тільки візуального обстеження недостатньо для висновку про придатність споруд до подальшої експлуатації.

Силоси для зберігання зерна характеризуються значними навантаженнями на основу і великими абсолютними осіданнями фундаментів. При обстеженні необхідно визначати фактичне положення споруд геодезичними методами, а саме: нерівномірність осідання плитних фундаментів та окремих опор, крен фундаментів та надземної частини, виявлення відхилень форми від передбаченої у проекті тощо. Необхідним також є систематичний геодезичний контроль за осіданнями споруд ЕК, проте він не завжди виконується.

Обстеження силосів ускладнено внаслідок великої висоти і складності доступу (роботи на висоті та у закритих ємкостях). Металеві силоси з гофрованою стінкою мають велику кількість (десятки тисяч) болтових з'єднань, від правильного виконання яких залежить надійність всієї конструкції. Детальне обстеження металевих силосів слід виконувати з автовишки або залучаючи спеціалістів з навиками промислового альпінізму.

У загальному випадку для обґрунтування висновків про технічний стан споруд ЕК застосовують такі інструментальні методи обстеження: ультразвукова товщинометрія металоконструкцій та захисного покриття, перевірка класу металу за показником твердості, ультразвукове визначення міцності бетону, магнітне визначення діаметра арматури та захисного шару бетону. Доцільно неруйнівні методи поєднувати з лабораторними випробуваннями міцності металу, хімічного складу металу тощо. Для визначення фактичних періодів та амплітуд коливань конструкцій застосовують апаратуру для вібродинамічного обстеження.

Для визначення складу ґрунтової товщі, конструкції і розмірів фундаментів, у тому числі пальової основи, необхідне поєднання інженерно-геологічного дослідження ґрунтів основи з інструментальним обстеженням конструкцій фундаменту в шурфах.

РОЗРАХУНКОВІ ПЕРЕВІРКИ

Результати інструментального обстеження використовуються при таких розрахункових перевірках споруд ЕК:

- перевірка несучої здатності з врахуванням дефектів і пошкоджень (відсутність окремих елементів, механічні пошкодження та надмірні деформації елементів, непроекtnі



- перевірка з врахуванням заміни обладнання, зміни конструктивної системи, зміни призначення споруди, збільшення навантажень при експлуатації;
- перевірка з врахуванням зміни нормативних значень навантажень (при реконструкції);
- розрахункове обґрунтування методів підсилення та відновлення існуючих конструкцій.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКІВ МЕТАЛЕВИХ СИЛОСІВ З ГОФРОВАНОЮ СТІНКОЮ

У ДП НДІБК була розроблена методика розрахунків сталевих силосів з гофрованою стінкою, основні положення якої викладені у [5]. Методика ґрунтується на положеннях ДСТУ-Н Б EN 1993-4-1 [6], з якого запозичені положення щодо визначення характеристик жорсткості оболонки з гофрованого листа та оцінки стійкості. Методика враховує ортотропні властивості гофрованої стінової оболонки, що дозволяє визначити наближений до фактичного розподіл зусиль між елементами стінки, ребер жорсткості, покрівлі, а також залізобетонного фундаменту.

Розрахункова перевірка металевих силосів у загальному випадку включає:

- формування просторової розрахункової моделі з врахуванням ортотропних властивостей гофрованої стінки, підкріпленої ребрами;
- формування комбінацій навантажень з врахуванням вертикальної і горизонтальної складових тиску від зерна, вітрового і снігового навантажень, температурних деформацій, сейсмічного впливу;
- визначення розрахункових значень напружень і зусиль в елементах;
- перевірка несучої здатності елементів гофрованої стінки, ребер, балок покрівлі;

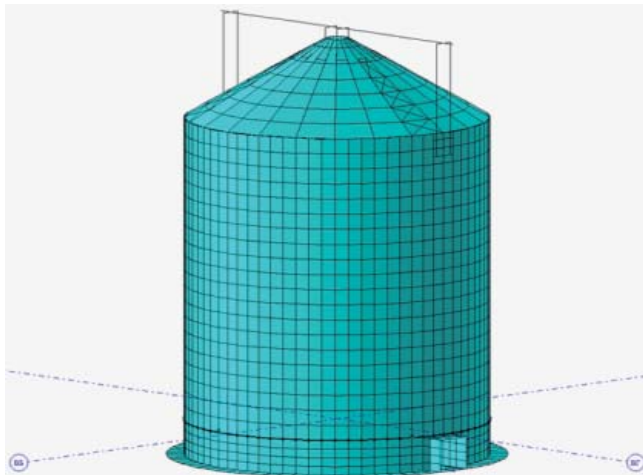


Рисунок 6 – Загальний вигляд просторової розрахункової моделі силосу СМВУ 220

- перевірка несучої здатності болтових з'єднань стінки, ребер та анкерних кріплень до фундаменту;

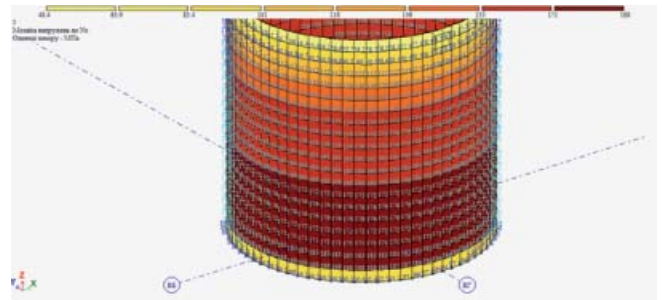


Рисунок 7 – Мозаїка напружень N_x в елементах стін силосу

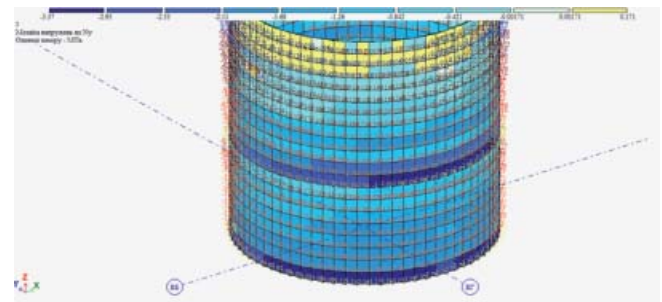


Рисунок 8 – Мозаїка напружень N_y в елементах стін силосу

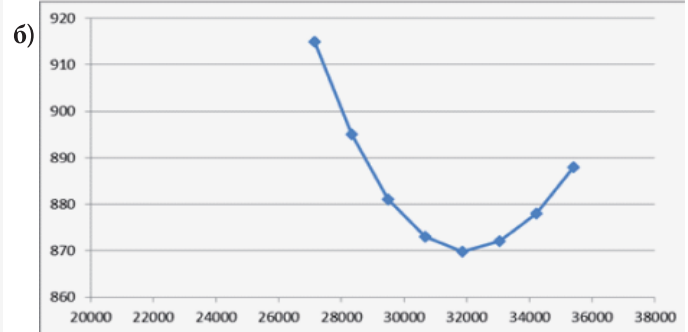
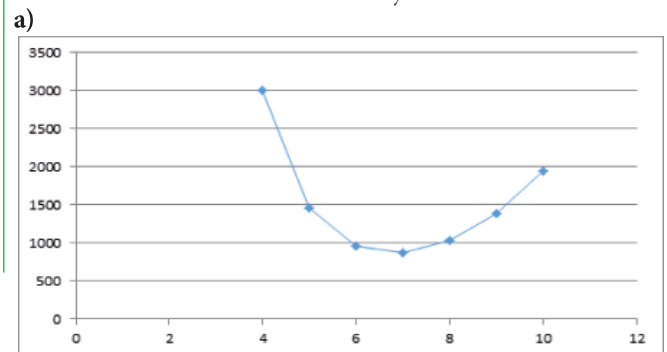


Рисунок 9 – Схеми визначення мінімальних критичних напружень N_x, R_d для приведених елементів стінки: а – залежність від хвильового числа; б – залежність від висоти зони повздовжнього вигину



- перевірка загальної стійкості стінки як ортотропної оболонки, підкріпленої ребрами;
- перевірка несучої здатності елементів залізобетонного фундаменту.

Методика застосована для розрахунків при удосконаленні конструктивних рішень металевих силосів діаметром 22 м виробництва ТОВ ТК «Югелеватор» (м. Миколаїв) [3]. Зокрема, була перевірена несуча здатність і деформативність елементів корпусу силосу при рівномірному і нерівномірному навантаженні, а також порівняні варіанти виконання корпусу силосу СМВУ 220 зі сталей S350 і S550.

Загальний вигляд просторової розрахункової моделі силосу з фундаментом показаний на рис. 6, результати розрахунків напружень в елементах стінки – на рис. 7, 8, схеми визначення мінімальних критичних напружень для приведених елементів стінки – на рис. 9.



Рисунок 10 – Відсутність окремих елементів решітки норійної башти

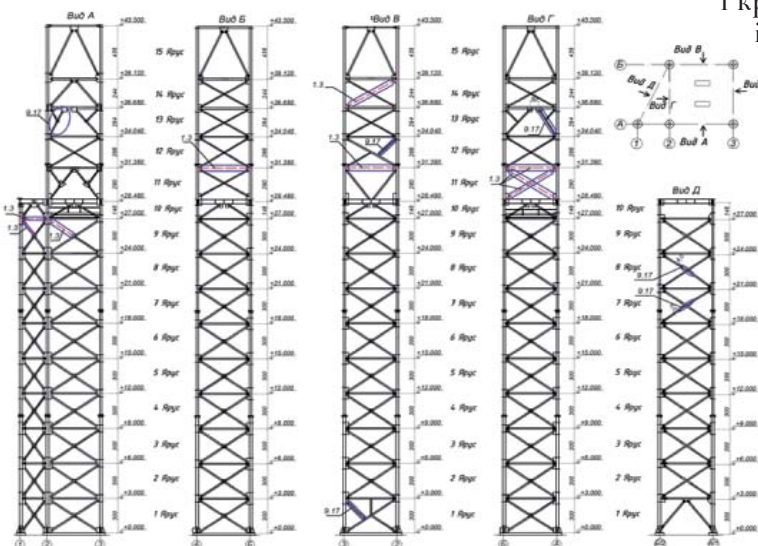


Рисунок 11 – Загальна схема розташування дефектів і пошкоджень норійної башти

Особливості розрахунків та конструювання кільцевих фундаментів таких силосів розглянуті у [7].

Розріз 4-4

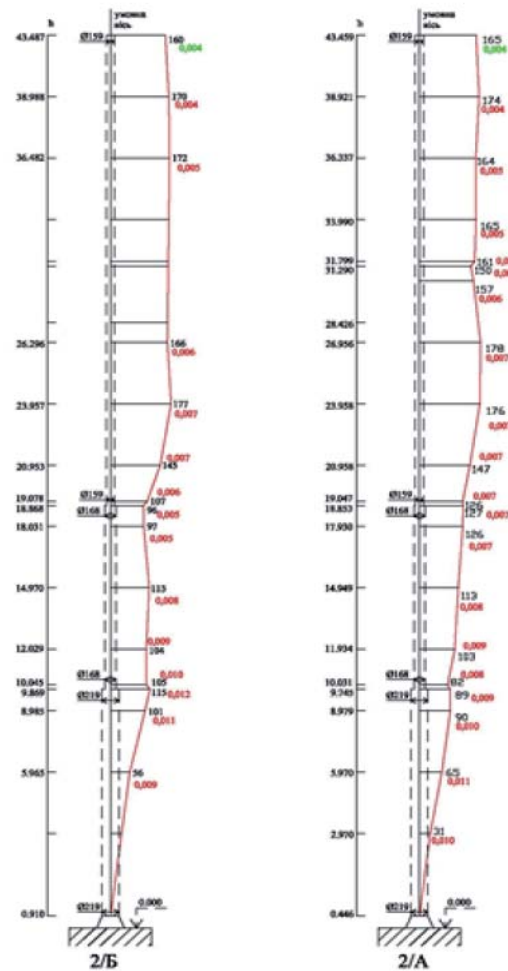


Рисунок 12 – Схема горизонтальних зміщень і кренів стійок норійної башти за даними інженерно-геодезичних вимірювань

КОМПЛЕКСНЕ ОБСТЕЖЕННЯ СПОРУД ЕК

Зазначені методи інструментального обстеження та розрахункових перевірок були застосовані спеціалістами ДП НДІБК при виконанні комплексного обстеження конструкцій та фундаментів існуючих споруд портового елеваторного комплексу ТОВ «Укрелеваторпром» у м. Одесі в умовах реконструкції лінії відвантаження на морський транспорт [8].

Досліджувалися споруди норійних башт, транспортерних галерей та причальної галереї. З урахуванням ґрунтових умов ІІІ типу за сейсмічними властивостями, розрахункова сейсмічність майданчика складає 8 балів.



У складі робіт з обстеження виконані обмірні креслення споруд, натурні обстеження з виявленням дефектів і пошкоджень конструкцій, геодезичні вимірювання фактичного положення елементів, інструментальні визначення характеристик міцності металу і бетону, параметрів армування, вимірювання фактичних вібродинамічних характеристик споруд. Приклад характерного пошкодження норійної башти показаний на рис. 10, загальна схема розташування дефектів і пошкоджень – на рис. 11. На рис. 12 показаний приклад схеми горизонтальних зміщень і кренів стійок норійної башти за даними інженерно-геодезичних вимірювань.

Виконані перевірні розрахунки несучої здатності конструкцій елеваторних споруд з врахуванням сейсмічного впливу 8 балів, розроблені конструктивні рішення щодо підсилення окремих конструкцій. Одна з розрахункових моделей транспортерної галереї показана на рис. 13.

Для забезпечення несучої здатності існуючих конструкцій споруд елеваторного комплексу при реконструкції були розроблені рекомендації та конструктивні рішення щодо необхідного підсилення, що включають підсилення або заміну окремих пошкоджених елементів, підсилення в'язів, введення додаткових елементів в'язів, розкріплення балок, підсилення колон. Приклади загальних схем підсилення показані на рис. 14 для норійної башти і на рис. 15 – для транспортерної галереї. Такі схеми доповнювалися деталювальними схемами елементів та вузлів підсилення.

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати інструментальних обстежень, розрахунків та конструкторських розробок ДП НДІБК знайшли відображення при розробці

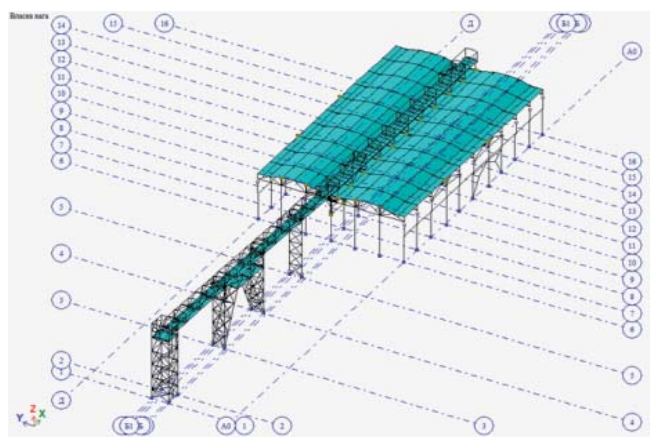


Рисунок 13 – Розрахункова модель транспортерної галереї з опорами та каркасу складу

ДБН В.2.6-221:2021 «Конструкції силосів сталевих з гофрованою стінкою для зерна. Основні положення» [9].

У даний час співробітники ДП НДІБК з застосуванням зазначених методів обстежують ряд об'єктів елеваторних комплексів, які пошкоджені внаслідок бойових дій.

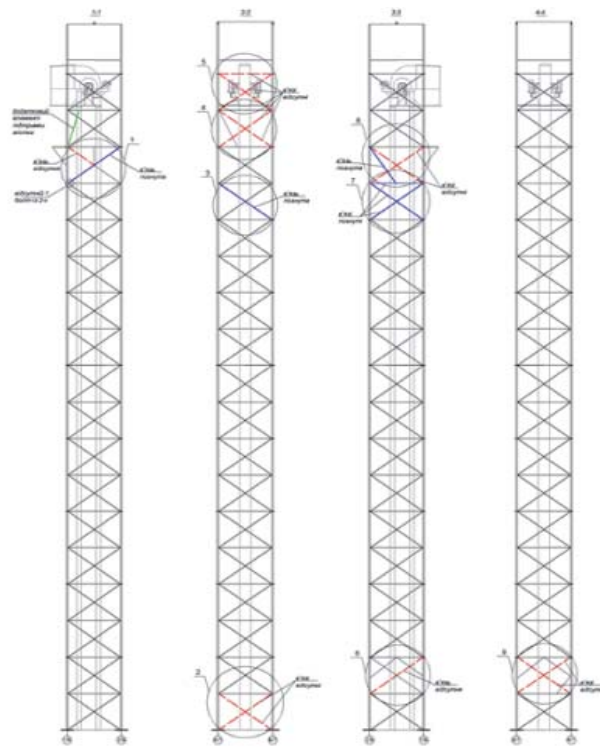


Рисунок 14 – Загальна схема підсилення металокаркасів норійної башти

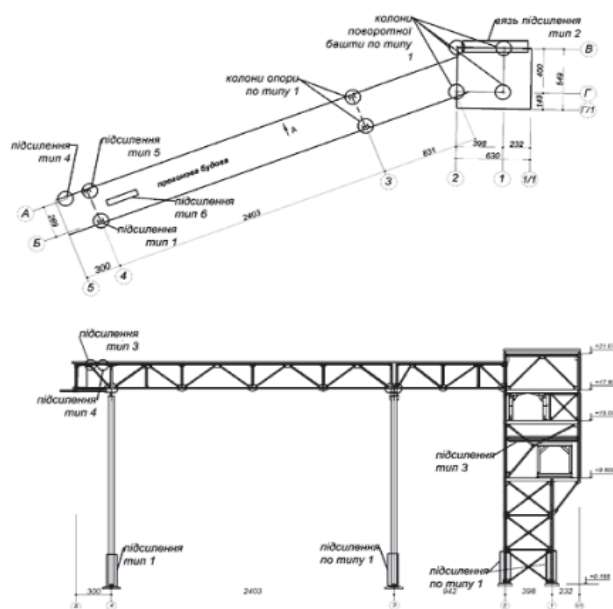


Рисунок 15 – Загальна схема підсилення елементів ділянки транспортерної галереї



БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Elevatorist.com. Головний елеваторний сайт в країні. У квітні на експорт пішло вже 848 тис. тонн зернових. URL: <https://elevatorist.com/novosti/16385-u-kvitni-na-eksport-pishlo-vje-848-tis-tonn-zernovih>
2. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 47 с.
3. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій що експлуатуються. Київ: Мінрегіон України, 2017. 57 с.
4. Про затвердження Методики проведення обстеження та оформлення його результатів: наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 06 серпня 2022 року № 144.
5. Лісеній О., Любченко І., Слюсаренко Ю. Металеві циліндричні силоси для зерна. Наука та будівництво. 2019. № 22(4). С. 27-32. URL: <https://doi.org/10.33644/01005>
6. ДСТУ-Н Б EN 1993-4-1:2012 (EN 1993-4-1:2007, IDT) Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 4-1. Силоси. Київ: Мінрегіон України. 178 с.
7. Дворник А.М., Любченко І.Г., Титаренко В.А., Шидловська О.В. Основи та фундаменти циліндричних силосів для зерна. Наука та будівництво. 2019. № 19(3). С.12-18.
8. Бабік К.М., Головка Р.О., Дубовик С.О., Зеленко Є.В., Лісеній О.М., Мар'єнков М.Г. Інструментальні дослідження несучої здатності металевих та залізобетонних конструкцій споруд елеваторного комплексу з врахуванням сейсмічного впливу. Будівництво в сейсмічних районах України: тези доп. XII Всеукр. наук. техн. конф. Одеса: ОДАБА, 2021. С. 8-9.
9. ДБН В.2.6-221:2021. Конструкції силосів сталевих з гофрованою стінкою для зерна. Основні положення. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 11 с.
3. DSTU B V.2.6-210:2016. (2017). Assessment of the Technical Condition of Steel Building Structures in Operation. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
4. Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine. (2022). On the approval of the Methodology for conducting inspections and documenting its results: Order dated August 6, 2022, No. 144.
5. Lisenyi O., Liubchenko I., & Slyusarenko Y. (2019). Steel circular silos for grains. Science & Construction, 22(4), 27-32. Retrieved from <https://doi.org/10.33644/01005>
6. DSTU-N B EN 1993-4-1:2012 (EN 1993-4-1:2007, Identical to) Eurocode 3. Design of Steel Structures. Part 4-1. Silos. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
7. Dvornyk A., Liubchenko I., Tytarenko V., & Shydlovskaya O. (2019). Bases and foundations for grain cylindrical silos. Science & Construction, 21(3), 12-18. Retrieved from <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v21i3.111>
8. Babik, K. M., Holovko, R. O., Dubovyk, S. O., Zelenko, Y. V., Lisenyi, O. M., & Maryenkov, M. G. (2021). Instrumental Studies of the Load-Bearing Capacity of Metal and Reinforced Concrete Structures of Elevator Complexes Taking into Account Seismic Influence. In Construction in Seismic Regions of Ukraine: Abstracts of the XII All-Ukrainian Scientific and Technical Conference (pp. 8-9). Odesa: ODABA.
9. DBN V.2.6-221:2021. (2022). Steel Silo Structures with Corrugated Walls for Grain. Basic Provisions. Kyiv: Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 03.08.2023 року

REFERENCES

1. Elevatorist.com. (2023, October 6). The main elevator website in the country. In April, 848 thousand tons of grain were exported. Retrieved from <https://elevatorist.com/novosti/16385-u-kvitni-na-eksport-pishlo-vje-848-tis-tonn-zernovih>
2. DSTU-N B V.1.2-18:2016. (2017). Guidelines for the Inspection of Buildings and Structures for Determination and Assessment of Their Technical Condition. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNC".



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-4>

УДК 69 (477) (094.9) (045)5



ФАРЕНЮК Г. Г.

Доктор техн. наук, професор,
директор ДП «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: farenjuk@ndibk.gov.ua,
тел.: +38 (044) 249-38-00,
ORCID: 0000-0002-5703-3976



БЕЛОКОНЬ О. Л.

Канд. техн. наук, завідувач
відділу ДП «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: belokon@ndibk.gov.ua,
тел.: +38 (044) 249-37-09,
+38 (050) 415-36-19,
ORCID: 0000-0002-4722-9350



ГАХ Н. Д.

Канд. техн. наук, учений секре-
тар ДП «Державний науково-
дослідний інститут будівельних
конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: gakh@ndibk.gov.ua,
тел.: +38 (050) 222-22-54,
ORCID: 0000-0003-1972-4853

ЗАСТОСУВАННЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ ДОКУМЕНТІВ З ВИЗНАЧЕННЯ ПРИЙНЯТНОСТІ ЗА ВИЗНАЧЕНИМИ КАТЕГОРІЯМИ БУДІВЕЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ

АНОТАЦІЯ

Стаття є продовженням попередніх наукових робіт, що здійснюються в Державному підприємстві «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (далі – ДП НДІБК) упродовж останніх років в напрямі інтегрування національної нормативної бази в міжнародний нормативно-правовий простір технічного регулювання в будівництві.

Показано, що одним із важливих механізмів введення в обіг або надання інноваційної будівельної продукції на ринку є застосування європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції з метою подальшого отримання висновку про технічну прийнятність та складання виробником декларації показників експлуатаційних характеристик інноваційної будівельної продукції.

Визначено, що у випадку, якщо інноваційна будівельна продукція не охоплена або не повністю охоплена національним стандартом для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку», що є ідентичним відповідному гармонізованому європейському стандарту, може бути застосовано європейський документ з визначення прийнятності, що є складовою частиною регламентних технічних специфікацій.

Встановлено затверджений перелік європейських документів з визначення прийнятності, що внесено до Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва та оприлюднено на її порталі.

Наведено результати аналітичних досліджень щодо пошуку та подальшого практичного застосування виробниками інноваційної будівельної



продукції існуючих європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції та додатково встановлено загальну кількість європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції, тексти яких оприлюднені та на етапі очікування до оприлюднення на офіційному веб-сайті Європейської організації з технічної оцінки.

Показано можливість додатково здійснювати виробниками інноваційної будівельної продукції пошук та подальше практичне застосування існуючих європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції через існуючу електронну пошукову систему, оприлюднену на офіційному веб-сайті Європейської організації з технічної оцінки.

Встановлено, що забезпечення можливості здійснення виробниками інноваційної будівельної продукції пошуку та подальшого практичного застосування існуючих європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції сприятиме подальшому отриманню висновку про технічну прийнятність та складання виробником декларації показників експлуатаційних характеристик інноваційної будівельної продукції, введенню її в обіг або наданню на ринку.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: регламентні технічні специфікації; європейські документи з визначення прийнятності; європейські настанови з технічного ухвалення; висновок про технічну прийнятність; декларація показників експлуатаційних характеристик; категорія будівельної продукції.

USE OF EUROPEAN ASSESSMENT DOCUMENTS FOR CERTAIN CATEGORIES OF CONSTRUCTION PRODUCTS

ABSTRACT

The article is a continuation of previous scientific work carried out at the State Enterprise «The State Research Institute of Building Constructions», (hereinafter referred to as NIISK) over the past years in the direction of integrating the national regulatory framework into the international legal space of technical regulation in construction.

It is shown that one of the important mechanisms for introducing or providing innovative construction products on the market is the use of European assessment documents to determine the acceptability of certain categories of construction products. The aim is to obtain a conclusion on the technical acceptability and create the declaration of performance characteristics of innovative construction products by the manufacturer.

It is determined that if an innovative construction product is not covered or not fully covered by a national

standard for the purposes of applying the Law of Ukraine “On the provision of construction products on the market”, identical to the corresponding harmonized European standard, the European Assessment document can be applied.

An approved list of European Assessment documents has been established, which is included in the Unified State Electronic System in the field of construction and published on its portal.

The results of analytical studies on the search and further practical application of innovative construction products of existing European Assessment documents of certain categories of construction products are presented. Additionally, the total number of European Assessment documents of certain categories of construction products has been established, the texts of which have been published and are pending publication on the official website of the European Organization for Technical Assessment.

The article confirms that manufacturers of innovative construction products can search and use existing European Assessment documents for certain categories of construction products for further practical application through the existing electronic search system made public on the European Organization for Technical Assessment official website.

It has been established that ensuring the possibility for manufacturers of innovative construction products to search and use existing European Assessment documents for certain categories of construction products for further practical application will contribute to obtaining a conclusion on the technical acceptability of innovative construction products. It will also help to draw up the declaration of performance characteristics of innovative construction products by the manufacturer, their introduction or provision on the market.

KEYWORDS: regulatory technical specifications, European Assessment Technical, European technical assessment guidelines, a conclusion on the technical acceptability, the declaration of performance characteristics, category of construction product

ВСТУП

Одним із важливих механізмів введення в обіг або надання інноваційної будівельної продукції на ринку є застосування європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції з метою подальшого отримання висновку про технічну прийнятність та складання виробником декларації показників експлуатаційних характеристик інноваційної будівельної продукції.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Застосування європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції є одним із важливих



механізмів введення в обіг або надання інноваційної будівельної продукції на ринку шляхом отримання висновку про технічну прийнятність та складання виробником декларації показників експлуатаційних характеристик інноваційної будівельної продукції.

Європейські документи з визначення прийнятності є складовою частиною регламентних технічних специфікацій, що встановлюють експлуатаційні характеристики та порогові рівні показників будівельної продукції, пов'язаних з її експлуатаційними характеристиками, за якими виробник декларує показники інноваційної будівельної продукції при введенні її в обіг або наданні на ринку.

Європейські документи з визначення прийнятності застосовують за рішенням виробника будівельної продукції у разі, якщо інноваційна будівельна продукція не охоплена або не повністю охоплена національним стандартом для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1], що є ідентичним відповідному гармонізованому європейському стандарту, з метою подальшої видачі висновку про технічну прийнятність.

Тому, на сьогодні застосування європейських документів з визначення прийнятності є одним із важливих механізмів введення в обіг або надання інноваційної будівельної продукції на ринку, що обумовлює необхідність проведення аналітичних досліджень щодо можливостей здійснення виробниками інноваційної будівельної продукції пошуку та подальшого практичного застосування існуючих європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції.

МЕТА СТАТТІ

Провести аналітичні дослідження щодо пошуку та подальшого практичного застосування виробниками інноваційної будівельної продукції існуючих європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Одним із важливих механізмів введення в обіг або надання інноваційної будівельної продукції на ринку є застосування європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції з метою подальшого отримання висновку про технічну прийнятність та складання виробником декларації показників експлуатаційних характеристик інноваційної будівельної продукції.

Відповідно до Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1] європейські документи з визначення прийнятності є складовою частиною регламентних технічних специфікацій,

що встановлюють експлуатаційні характеристики та порогові рівні показників будівельної продукції, пов'язаних з її експлуатаційними характеристиками, за якими виробник декларує показники інноваційної будівельної продукції при введенні її в обіг або наданні на ринку.

У разі, якщо інноваційна будівельна продукція не охоплена або не повністю охоплена національним стандартом для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1], що є ідентичним відповідному гармонізованому європейському стандарту, за рішенням виробника інноваційної будівельної продукції може бути застосовано європейський документ з визначення прийнятності з метою подальшої видачі висновку про технічну прийнятність.

Відповідно до Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1] висновок про технічну прийнятність – документальне оформлення визначених показників будівельної продукції, пов'язаних з її суттєвими експлуатаційними характеристиками, виконане згідно із застосовним європейським документом з визначення прийнятності чи національним документом України з визначення прийнятності.

Перелік європейських документів з визначення прийнятності, що затверджений наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 30 травня 2022 р. № 87 «Перелік європейських документів з визначення прийнятності» [2], відповідає переліку європейських документів з визначення прийнятності, опублікованих в Офіційному віснику Європейського Союзу, та містить 274 європейські документи з визначення прийнятності (EAD) та європейські настанови з технічного ухвалення (ETAG).

Перелік європейських документів з визначення прийнятності внесено до Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва та оприлюднено на її порталі за відповідним посиланням [3].

Водночас, тексти європейських документів з визначення прийнятності (EAD) та європейських настанов з технічного ухвалення (ETAG) оприлюднено на офіційному веб-сайті Європейської організації з технічної оцінки (EOTA) за відповідними посиланнями [4] та [5].

Окремо слід зазначити, що європейські настанови з технічного ухвалення (ETAG) були розроблені на виконання положень Директиви Ради Європи 89/106/ЄЕС від 21 грудня 1988 р. про зближення законів, підзаконних актів та адміністративних положень держав-членів стосовно будівельних виробів [6], частина яких вже замінена на відповідні європейські документи з визначення прийнятності (EAD). А, починаючи з 2013 року, на виконання положень Регламенту (ЄС) № 305/2011 Європейського Парламенту та Ради від 9 березня 2011 року, що встановлює



гармонізовані умови для розміщення на ринку будівельних виробів та скасовує Директиву Ради 89/106/ЄЕС [7], в Європейському Союзі було розпочато розроблення європейських документів з визначення прийнятності (EAD).

Слід звернути увагу, що в Європейському Союзі за запитом виробника інноваційної будівельної продукції окрема частина чинних європейських настанов з технічного ухвалення (ETAG), тексти яких оприлюднені на офіційному веб-сайті Європейської організації з технічної оцінки (EOTA) за відповідним посиланням [5], також буде замінена на відповідні європейські документи з визначення прийнятності (EAD).

Водночас, з метою забезпечення можливості здійснення виробниками інноваційної будівельної продукції пошуку та подальшого практичного застосування існуючих європейських документів з визначення прийнятності ДП НДІБК додатково було проведено аналітичні дослідження та встановлено загальну кількість європейських документів з визначення прийнятності (EAD) за визначеними категоріями будівельної продукції, що затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 28 квітня 2021 р. № 426 «Про затвердження переліку категорій будівельної продукції» [8], та наведено в табл. 1.

За результатами проведених ДП НДІБК

Таблиця 1 – Загальна кількість європейських документів з визначення прийнятності (EAD) за визначеними категоріями будівельної продукції станом на вересень 2023 року

Код категорії будівельної продукції	Кількість EAD, що встановлено на сайті EOTA, тексти яких		Код категорії будівельної продукції	Кількість EAD, що встановлено на сайті EOTA, тексти яких	
	оприлюднено	на етапі очікування до оприлюднення		оприлюднено	на етапі очікування до оприлюднення
1	4	-	19	5	3
2	6	2	20	26	11
3	18	3	21	9	5
4	48	13	22	17	8
5	6	3	23	9	1
6	9	2	24	-	-
7	3	2	25	-	2
8	4	-	26	13	5
9	13	12	27	-	-
10	2	1	28	4	5
11	-	-	29	-	-
12	10	2	30	3	4
13	34	7	31	-	-
14	2	-	32	7	-
15	9	8	33	59	28
16	11	7	34	17	7
17	7	1	35	13	1
18	7	6	36	5	1



аналітичних досліджень, що наведені в табл. 1, встановлено 380 європейських документів з визначення прийнятності (EAD) за визначеними категоріями будівельної продукції, тексти яких оприлюднені на офіційному веб-сайті Європейської організації з технічної оцінки (EOTA) за відповідним посиланням [4], та 150 європейських документів з визначення прийнятності (EAD) за визначеними категоріями будівельної продукції, тексти яких на етапі очікування до оприлюднення на офіційному веб-сайті Європейської організації з технічної оцінки (EOTA) за відповідним посиланням [4].

Водночас, слід зазначити, що в табл. 1, відповідно до переліку європейських документів з визначення прийнятності (EAD), тексти яких оприлюднено та на етапі очікування до оприлюднення на офіційному веб-сайті Європейської організації з технічної оцінки (EOTA) за відповідним посиланням [4], додатково встановлено ще 36-ий код категорії будівельної продукції під назвою «Others» (Інші).

Також, відповідно до інформації, оприлюдненої на веб-сайті Європейської організації з технічної оцінки (EOTA) за відповідним посиланням [4], пошук європейських документів з визначення прийнятності (EAD) можна здійснювати через існуючу електронну пошукову систему, зазначивши в ній відповідні параметри, в тому числі код та назву визначеної категорії будівельної продукції. Слід звернути увагу, що перші дві цифри реєстраційного номера європейського документа з визначення прийнятності (EAD) вказують на відповідний код категорії будівельної продукції.

Таким чином, забезпечення можливості здійснення виробниками інноваційної будівельної продукції пошуку та подальшого практичного застосування існуючих європейських документів з визначення прийнятності (EAD) за визначеними категоріями будівельної продукції, тексти яких оприлюднені та на етапі очікування до оприлюднення на офіційному веб-сайті Європейської організації з технічної оцінки (EOTA) за відповідним посиланням [4], сприятиме отриманню висновку про технічну прийнятність та подальшому складанню виробником декларації показників експлуатаційних характеристик інноваційної будівельної продукції, введенню її в обіг або наданню на ринку.

ВИСНОВКИ

Забезпечення можливості здійснення виробниками інноваційної будівельної продукції пошуку та подальшого практичного застосування існуючих європейських документів з визначення прийнятності (EAD) за визначеними категоріями будівельної продукції сприятиме отриманню висновку про технічну прийнятність та подальшо-

му складанню виробником декларації показників експлуатаційних характеристик інноваційної будівельної продукції, введенню її в обіг або наданню на ринку.

За результатами проведених ДП НДІБК аналітичних досліджень додатково встановлено загальну кількість європейських документів з визначення прийнятності (EAD) за визначеними категоріями будівельної продукції, тексти яких оприлюднені та на етапі очікування до оприлюднення на офіційному веб-сайті Європейської організації з технічної оцінки (EOTA), тим самим забезпечена можливість здійснення виробниками інноваційної будівельної продукції пошуку та подальшого практичного застосування існуючих європейських документів з визначення прийнятності (EAD) за визначеними категоріями будівельної продукції.

Також, додатково встановлено можливість здійснення виробниками інноваційної будівельної продукції пошуку та подальшого практичного застосування існуючих європейських документів з визначення прийнятності (EAD) за визначеними категоріями будівельної продукції, використовуючи існуючу електронну пошукову систему, що оприлюднена на офіційному веб-сайті Європейської організації з технічної оцінки (EOTA).

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Про надання будівельної продукції на ринку: Закон України від 09.06.2022. № 14. Відомості Верховної Ради України. 2021. Ст. 119.
2. Перелік європейських документів з визначення прийнятності. Затверджено Наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 30 травня 2022 р. № 87
3. Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва. Реєстр будівельної діяльності. URL: <https://e-construction.gov.ua/reestri>
4. Європейська організація з технічної оцінки. European Assessment Documents (EADs). URL: <https://www.eota.eu/eads>
5. Європейська організація з технічної оцінки. European Technical Approval Guidelines (ETAGs). URL: <https://www.eota.eu/etags-archive>
6. Директива Ради Європи 89/106/ЄЕС від 21 грудня 1988 р. про зближення законів, підзаконних актів та адміністративних положень держав-членів стосовно будівельних виробів.
7. Регламент (ЄС) № 305/2011 Європейського Парламенту та Ради від 9 березня 2011 року, що встановлює гармонізовані умови для розміщення на ринку будівельних виробів та скасовує Директиву Ради 89/106/ЄЕС.



8. Про затвердження переліку категорій будівельної продукції. Постанова Кабінету Міністрів України від 28 квітня 2021 р. № 426.

REFERENCES

1. The Law of Ukraine on Providing Construction Products on the Market. (2021). Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine, 14, 119.
2. Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine. (2022, May 30). List of European Assessment Documents (Order No. 87).
3. Unified State Electronic System in the field of construction. Register of construction activities. <https://e-construction.gov.ua/reestri>
4. European Organization for Technical Assessment. European Assessment Documents (EADs). Retrieved from <https://www.eota.eu/eads>
5. European Organization for Technical Assessment. European Technical Approval Guidelines (ETAGs). Retrieved from <https://www.eota.eu/etags-archive>
6. Council Directive 89/106/EEC. (1988). On the approximation of the Member States' laws, regulations, and administrative provisions relating to construction products.
7. Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of March 9, 2011, laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC.
8. On the approval of the list of categories of construction products. Approved by the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated April 28, 2021, No. 426.

Стаття надійшла до редакції 28.07.2023 року



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-5>

УДК 699.841; 620.179.16



НЕМЧИНОВ Ю.І.

Доктор техн. наук, професор, заступник директора інституту з наукової роботи, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: yu.nemch@ndibk.gov.ua, тел.: +38 (050) 469-35-77, ORCID: 0000-0002-6618-125X



МАР'ЄНКОВ М.Г.

Доктор техн. наук, провідний науковий співробітник, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: n.maryenkov@ndibk.gov.ua, тел.: +38 (050) 415-36-03; ORCID: 0000-0001-8613-877X



ГЛУХОВСЬКИЙ В.П.

Канд. техн. наук, завідувач лабораторії, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: gluhovsky@ndibk.gov.ua, тел.: +38 (050) 415-34-82, ORCID: 0000-0002-1342-7551



БАБІК К.М.

Канд. техн. наук, завідувач відділу, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: k.babik@ndibk.gov.ua, тел.: +38 (050) 415-37-58; ORCID: 0000-0002-8763-510X

СЕЙСМОСТІЙКЕ БУДІВНИЦТВО В УКРАЇНІ: СТАН ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА РОЗРОБКА НОРМАТИВНОЇ БАЗИ

АНОТАЦІЯ

Особливістю будівництва в Україні є те, що майже 80 % її території характеризуються складними інженерно-геологічними умовами, до яких відносяться просідаючі ґрунти, зсувонебезпечні схили, карстові утворення, райони над гірничими виробками, сейсмонебезпечні райони [1]. Інтенсивність сейсмічних впливів на окремих територіях Одеської області та Кримського півострова може сягати 9 балів. Сейсмічну небезпеку необхідно враховувати при проектуванні та експлуатації об'єктів будівництва різного ступеню відповідальності.

В процесі проектування, будівництва та експлуатації будівель і споруд часто необхідно вирішувати нетипові завдання забезпечення надійності конструкцій, зниження негативних

впливів на існуючу забудову та навколишнє середовище, мінімізації екологічних ризиків тощо. Для вирішення задач та технічно складних питань, які не обумовлені будівельними нормами, вживають заходів з науково-технічного супроводу (НТС) об'єктів будівництва на всіх етапах їх життєвого циклу. При проектуванні будівель і споруд із значним (ССЗ) класом наслідків (відповідальності) в сейсмічних районах виконання НТС є обов'язковим.

Підвищення надійності та безпеки об'єктів будівництва в складних інженерно-геологічних умовах, геотехнічні аспекти проектування, будівництва та експлуатації споруд, сейсмостійке будівництво та захист від вібрації є одним із стратегічних напрямків діяльності Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП НДІБК).



Публікація присвячена висвітленню сучасного стану експериментально-теоретичних досліджень, розробки нормативної бази сейсмостійкого будівництва та вирішенню проблем сейсмічної безпеки на основі досвіду ДП НДІБК у співдружності з науково-дослідними, проектними, будівельними організаціями України та Асоціації українського сейсмостійкого будівництва (AUUE).

КЛЮЧОВІ СЛОВА: сейсмічна небезпека, сейсмічне районування, сейсмостійкість, науково-технічний супровід

EARTHQUAKE-RESISTANT CONSTRUCTION IN UKRAINE. STATE OF EXPERIMENTAL AND THEORETICAL RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A REGULATORY FRAMEWORK

ABSTRACT

A characteristic feature of construction in Ukraine is that almost 80% of its territory is difficult to carry out construction on due to difficult engineering and geological conditions. Difficult engineering and geological conditions include subsiding soil, landslide slopes, caverns, areas above mine workings, and earthquake-prone areas. The intensity of seismic impacts in certain territories of the Odesa region and the Crimean Peninsula can reach 9 points. Seismic hazard must be taken into account when designing and operating construction projects of varying degrees of responsibility.

In the process of design, construction and operation of buildings and structures, it is often necessary to solve problems of ensuring the reliability of structures, reducing negative impacts on existing buildings and the environment, minimizing environmental risks, etc. To solve problems and technically complex issues not stipulated by building codes, measures are taken to provide scientific and technical support (STS) to construction projects at all stages of their life cycle. When designing buildings and structures with a significant (CC3) consequent class in seismic areas, scientific and technical support (STS) is mandatory.

Increasing the reliability and safety of construction projects in difficult engineering and geological conditions, geotechnical aspects of the design, construction and operation of structures, earthquake-resistant construction and vibration protection is one of the strategic areas of activity of the State Enterprise "State Research Institute of Building Constructions" (NIISK).

The article is dedicated to highlighting the current state of experimental and theoretical research, the development of a regulatory framework for earthquake-resistant construction and solving seismic safety problems based on the experience of SE NIISK in collaboration with Ukrainian organizations of Ukraine and the Association of Ukrainian Earthquake-Resistant Construction (AUUE).

KEYWORDS: seismic hazard, seismic zoning, seismic resistance, scientific and technical support

ВСТУП

Особливістю будівництва в Україні є те, що майже 80 % її території характеризуються складними інженерно-геологічними умовами, до яких відносяться просідаючі ґрунти, зсувонебезпечні схили, карстові утворення, райони над гірничими виробками, сейсмонебезпечні райони [1]. Інтенсивність сейсмічних впливів на окремих територіях Одеської області та Кримського півострова може сягати 9 балів. Сейсмічну небезпеку необхідно враховувати при проектуванні та експлуатації об'єктів будівництва різного ступеня відповідальності.

В процесі проектування, будівництва та експлуатації будівель і споруд часто необхідно вирішувати нетипові завдання забезпечення надійності конструкцій, зниження негативних впливів на існуючу забудову та навколишнє середовище, мінімізації екологічних ризиків тощо. За відсутності достатнього досвіду, аналогів у вітчизняній та світовій практиці, для вирішення задач, які не обумовлені будівельними нормами, та технічно складних питань вживають заходів з науково-технічного супроводу (далі – НТС) об'єктів будівництва на всіх етапах їх життєвого циклу. При проектуванні будівель і споруд із значним (СС3) класом наслідків (відповідальності) в сейсмічних районах України виконання НТС є обов'язковим [2].

Підвищення надійності та безпеки об'єктів будівництва в складних інженерно-геологічних умовах, геотехнічні аспекти проектування, будівництва та експлуатації споруд, сейсмостійке будівництво та захист від вібрації є одним із стратегічних напрямків діяльності Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (далі – ДП НДІБК) [3].

Стаття спрямована на вирішення проблем сейсмічної безпеки з урахуванням досвіду ДП НДІБК у співдружності з науково-дослідними, проектними, будівельними організаціями України та Асоціації українського сейсмостійкого будівництва (AUUE) протягом понад 17-річного періоду. У 2006 році розроблено першу редакцію ДБН В.1.1-12 «Будівництво в сейсмічних районах України» [2], в яких враховано кліматичні та складні інженерно-геологічні особливості України та складено Mapу загального сейсмічного районування території України.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

У першому випуску фахового науково-технічного журналу ДП НДІБК «Наука та будівництво» було опубліковано статтю [4], присвячену аналізу сейсмічної небезпеки України, висвітленню стану експериментальних і теоретичних досліджень будівель і конструкцій при сейсмічних впливах, наданню пропозицій щодо вирішення окремих проблемних питань сейсмостійкого будівництва в



Україні станом на 2013 рік.

Аналіз експериментально-теоретичних досліджень та нормативного забезпечення в період 2013-2023 років свідчить про наявність суттєвих досягнень. В той же час, значна частина пропозицій, викладених в [4], до цього часу не реалізована і потребує подальшого розвитку.

Сучасні науково-обґрунтовані та ефективні концепції сейсмічного захисту будівель і споруд в сейсмонезбезпечних районах передбачають [5]:

- встановлення кількісних значень параметрів сейсмічної небезпеки і ризику;
- зниження уразливості населення і об'єктів будівництва шляхом підвищення сейсмостійкості будівель і споруд, що проектується та експлуатуються в сейсмічних районах;
- розробку і впровадження нормативних положень з сейсмостійкого будівництва, що відповідають реальній сейсмічній небезпеці та сучасним досягненням науки в цій галузі;
- контроль якості будівництва та умов експлуатації будівель і споруд в сейсмічних районах;
- підвищення обізнаності населення, проведення тренінгів з реагування на можливі прояви сейсмічної активності;
- оперативне сповіщення про факт виникнення сильного землетрусу і швидке реагування на нього відповідальних служб та населення;
- відновлення пошкоджених будівель і споруд, допомогу та реабілітацію потерпілого населення і районів;
- страхування від можливих наслідків землетрусів.

Основною задачею даної публікації є висвітлення сучасного стану експериментально-теоретичних досліджень, розробки нормативної бази сейсмостійкого будівництва в Україні на основі досвіду ДП НДІБК та організацій-партнерів – наукових, науково-дослідних та проектних установ, виробничих та будівельних підприємств.

СЕЙСМІЧНА НЕБЕЗПЕКА ТА СЕЙСМІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ

На даний час одним із важливих завдань сейсмічного захисту є впровадження в практику сейсмостійкого проектування прогнозних оцінок фізичних параметрів сейсмічних впливів на майданчиках розміщення будівель і споруд для їх захисту від землетрусів. Важливі напрямки досліджень за даною тематикою окреслені в роботі [5], зокрема:

- вивчення сейсмічності території України і суміжних районів: інструментальні сейсмологічні спостереження та макросейсмічні обстеження (аналіз) наслідків землетрусів;
- розвиток і удосконалення апаратурної бази для сейсмологічних спостережень;
- розвиток методів і технологій розв'язання обернених задач сейсмології і сейсмометрії;
- аналіз матеріалів сейсмологічних спостере-

жень і створення баз сейсмологічних даних для досліджуваних територій;

- побудова карт сейсмічного районування.

Рівень сейсмічної небезпеки, як об'єктивної характеристики території, визначається наступним комплексом робіт: загальним сейсмічним районуванням (далі – ЗСР) території країни, детальним сейсмічним районуванням (далі – ДСР) окремих її районів, сейсмічним мікрорайонуванням (далі – СМР) майданчиків розміщення об'єктів будівництва.

Карти ЗСР-2004 території України розміщені в обов'язковому Додатку Б до ДБН В.1.1-12 [2] та є основою для визначення характеристичної сейсмічної інтенсивності району будівництва в балах макросейсмічної шкали [6].

Виконання робіт з СМР передбачено для визначення розрахункової сейсмічної інтенсивності майданчика будівництва та параметрів сейсмічних дій з урахуванням локальних інженерно-геологічних умов. Результатом СМР є відповідна карта майданчика та набори розрахункових акселерограм (сейсмограм, велосиграм), якими моделюються трикомпонентні розгорнуті в часі прискорення коливань сейсмічної хвилі, яка діє на основу майданчика розміщення об'єкта будівництва. Роботи з СМР виконуються для конкретних об'єктів, переважно із значним (ССЗ) класом наслідків (відповідальності).

Роботи з ДСР передбачені для окремих територій, міст, населених пунктів і на даний момент виконуються лише для територій великих промислових підприємств, енергетичних об'єктів тощо. Комплексне застосування ДСР із існуючими результатами СМР окремих майданчиків мають стати основою для створення карт сейсмічної небезпеки щільно населених районів і міст, таких як Велика Ялта, Одеса і Одеська область. Аналогічні карти, побудовані для Стамбула [7], Бухареста [8], Алмати [9], Кишинева та інших міст, використовують не тільки для оцінки інтенсивності сейсмічних дій, але й для прогнозування можливих ризиків для забудови та населення.

ПІДВИЩЕННЯ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Основна частина досліджень, направлених на підвищення сейсмостійкості конструкцій, виконується в рамках НТС об'єктів будівництва, який ініціюється відповідальними замовниками відповідно до положень ДБН В.1.2-5 [10].

За період з 2005 року підрозділами ДП НДІБК виконано НТС більше ніж 300 об'єктів будівництва, зокрема великих промислових та сільськогосподарських підприємств, об'єктів газотранспортної та енергетичної систем, висотних будівель тощо у районах із сейсмічністю до 8 балів на етапах проектування, будівництва та експлуатації (рис. 1).



Умови розміщення, архітектурні та конструктивні рішення будівель і споруд в багатьох випадках не відповідають засадам сейсмостійкого будівництва та окремим положенням будівельних норм [2]. Роботи з НТС передбачають, насамперед, уточнення сейсмічності майданчиків будівництва за результатами СМР; виконання дублюючих розрахунків; апробацію та оптимізацію проектних рішень, які забезпечують необхідну сейсмостійкість будівель та споруд та їх безпечну експлуатацію; контроль якості виконання будівельних робіт; розроблення програм та проведення моніторингу стану конструкцій на різних етапах життєвого циклу. Виконанню НТС будівель підвищеної поверховості в сейсмічних районах України на етапах проектування та будівництва присвячені дослідження [11, 12].

Результати експериментально-теоретичних досліджень, виконаних в рамках НТС, дозволили обґрунтувати використання нових



Рисунок 1 – Приклади об'єктів будівництва, для яких виконується НТС на різних етапах життєвого циклу: а – висотна будівля в м. Одеса; б – об'єкт газотранспортної системи; в – споруди елеваторного комплексу; г – споруди гірничо-металургійного комбінату

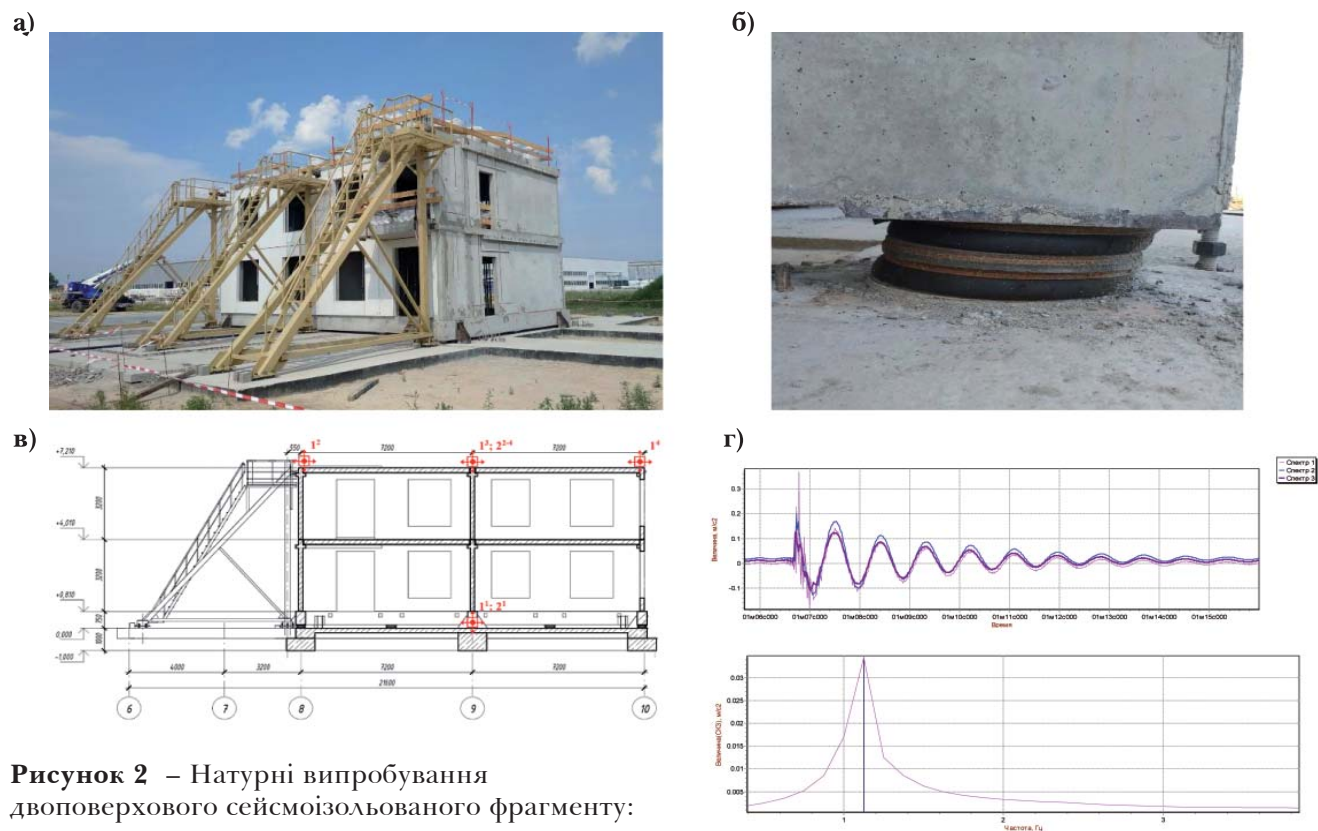


Рисунок 2 – Натурні випробування двоповерхового сейсмоізовлюваного фрагменту:

а – загальний вигляд випробувального фрагменту; б – вигляд сейсмоізовлюючої опори при одночасному статичному завантаженні у вертикальному та горизонтальному напрямках; в – схема розстановки датчиків при динамічних випробуваннях; г – зареєстровані часовий сигнал та вузькосмуговий спектр горизонтальних віброприскорень фрагменту після миттєвого зняття горизонтального навантаження



матеріалів та технологій [13, 14] а) та сприяли впровадженню систем сейсмічного та вібраційного захисту, зокрема, систем пасивної сейсмоізоляції з використанням гумово-металевих блоків вітчизняного виробництва [15, 16]. На рис. 2 наведено приклад натурних випробувань двоповерхового сейсмоізованого фрагменту конструктивної системи безкаркасних багатоповерхових будівель вільного планування із збірних елементів заводського виготовлення за технологією КП «БУДОВА» [14].

На даний час система сейсмо- та віброізоляції з використанням гумово-металевих блоків вітчизняного виробництва реалізована на об'єктах наведених на (рис. 3):

Результати вібродинамічних досліджень конструкцій з використанням багатоканальної системи моніторингу будівельних конструкцій (рис. 4) засвідчили ефективність обраного способу вібраційного захисту – рівні віброприскорень в житлових приміщеннях будівель не перевищують значень, регламентованих санітарними нормами.

Багатоканальна система моніторингу будівельних конструкцій широко застосовується в рамках НТС будівель і споруд на етапах проектування, будівництва та експлуатації при визначенні параметрів динамічних впливів різного походження (рис. 5):

- при русі залізничних потягів та вантажного автотранспорту;
- від вібраційного обладнання при будівництві в умовах ущільненої забудови [19];
- при виконанні демонтажу конструкцій та ліквідації об'єктів будівництва.

Крім того, багатоканальна система моніторингу застосовується при визначенні динамічних параметрів (частот, форм власних коливань) будівель і споруд, які є основою для складання динамічного паспорту об'єкту та подальшого контролю цих параметрів на етапі експлуатації.

Методи та засоби технічної діагностики та неруйнівного контролю широко застосовуються в рамках НТС на етапі будівництва при контролі якості виконання будівельних робіт, при оцінці фактичної сейсмостійкості будівельних конструкцій,



Рисунок 3 – Об'єкти будівництва, обладнані системами сейсмо- та віброізоляції з використанням гумово-металевих блоків

а) в десяти 10-поверхових та трьох 27-поверхових житлових будівель в м. Києві, розташованих в безпосередній близькості до тунелів метрополітену неглибокого закладення [15];

б) в багатоповерховому житловому комплексі в м. Львові, біля якого здійснюється інтенсивних рух вантажних та пасажирських поїздів [17];

в) у проєкті двох 25-поверхових секцій житлового комплексу з вбудованими приміщеннями громадського призначення, соціального обслуговування та підземним паркінгом в м. Одеса [18].



Рисунок 4 – Загальний вигляд багатоканальної системи моніторингу будівельних конструкцій «Сейсмомоніторинг»

подовженні термінів експлуатації будівель і споруд, зокрема тих, що зазнали пошкоджень внаслідок бойових дій та терористичних атак (рис. 6).

РОЗВИТОК НОРМАТИВНОЇ БАЗИ

Отриманий практичний досвід виконання НТС об'єктів будівництва в сейсмічних районах у подальшому може бути впроваджений у нормативних документах. Ключова роль та задачі наукової

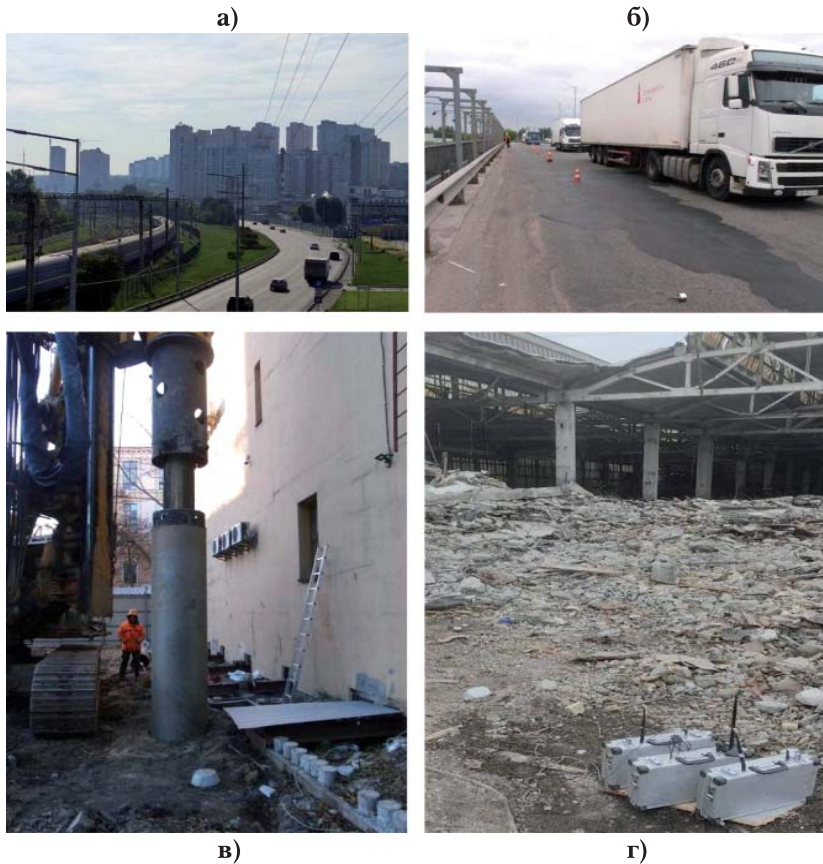


Рисунок 5 – Об'єкти досліджень з визначення параметрів динамічних впливів:

а – при русі залізничних потягів; б – при русі вантажного транспорту; в – при будівництві в умовах ущільненої забудови; г – при демонтажних роботах

діяльності у забезпеченні сейсмостійкості будівель і споруд та удосконаленні нормативних вимог зазначена у роботі [20].

Відповідно до планів перегляду будівельних норм, положення ДБН В.1.1-12 «Будівництво у сейсмічних районах України» були актуалізовані у 2019 році шляхом підготовки та набуття чинності Зміни №1 [21] та у 2022 році – шляхом підготовки нової редакції ДБН В.1.1-12 «Будівництво у сейсмічних районах. Основні положення» на основі параметричного та цільового методів нормування [22].

У 2023 році в розвиток положень нової редакції ДБН В.1.1-12 розроблені проекти двох національних стандартів щодо проведення СМР та проектування будівель та споруд з урахуванням сейсмічного впливу.

Крім того, розроблені проекти двох національних стандартів, якими актуалізуються положення ДСТУ [23, 24] шляхом долучення до них поправок та змін згідно з опублікованими відповідними європейськими документами.

В розвиток положень ДБН В.1.2-5 [10] розроблено проекти двох національних стандартів щодо процесу виконання НТС на всіх етапах життєвого циклу об'єктів будівництва: проектуван-

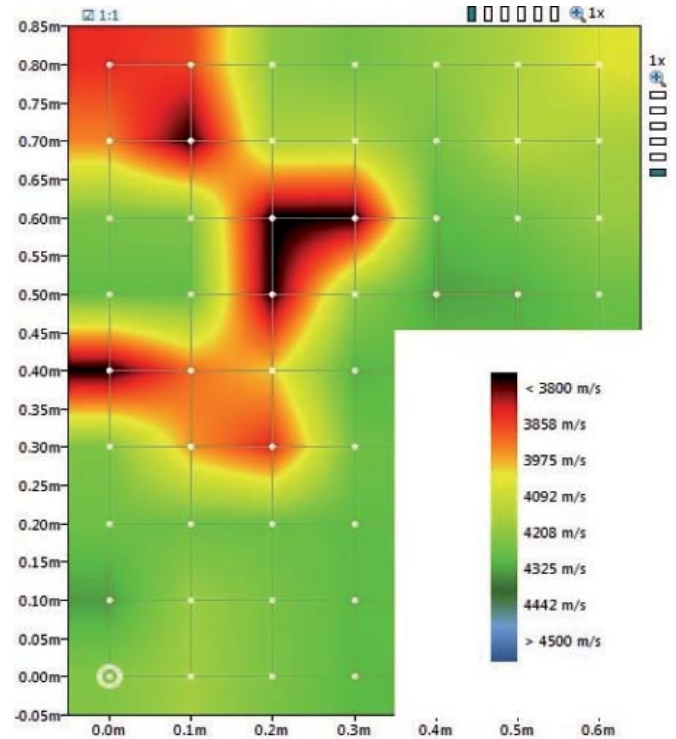
ня і будівництва та експлуатації і ліквідації.

ВИСНОВКИ

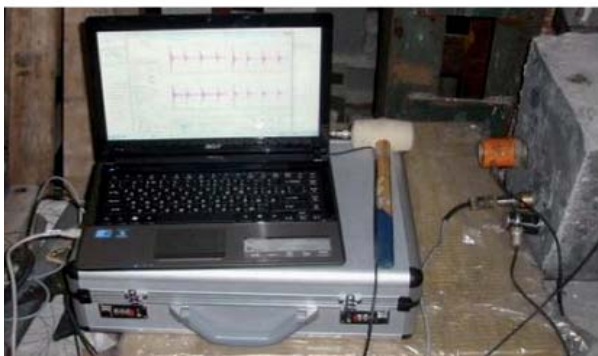
1. Аналіз стану експериментально-теоретичних досліджень та нормативного забезпечення свідчить про наявність суттєвих досягнень в галузі сейсмостійкого будівництва в період 2013-2023 років. В той же час значна частина пропозицій, викладених в [4], до цього часу не реалізована і потребує подальшого розвитку.
2. Для вирішення питань забезпечення та підвищення сейсмостійкості необхідне вдосконалення і розвиток експериментальної бази наукових установ за рахунок застосування нових засобів експериментальної перевірки сейсмостійкості споруд, таких як: сейсмічні платформи, вібраційні машини для проведення натурних динамічних випробувань просторових фрагментів та секцій будівель, встановлення сейсмічних станцій для реєстрації землетрусів тощо.
3. Актуальним залишається питання підготовки та прийняття Національної програми «Сейсмобезпека будівель, споруд та території України» [1], в рамках якої пропонується провести дослідження та розробити науково-обґрунтовані пропозиції щодо:
 - оцінки сейсмостійкості існуючих будівель і споруд, що експлуатуються в сейсмічних районах України (на прикладі об'єктів соціальної сфери; об'єктів забезпечення потреб населення та ліквідації наслідків сейсмічних подій; протиселевих, протизсувних, протилавинних споруд тощо);
 - оцінки сейсмостійкості різних конструктивних схем на основі натурних динамічних випробувань та розроблення науково-обґрунтованих пропозицій до відповідних нормативних документів;
 - розроблення нової або вдосконалення існуючих методик розрахунку ризиків руйнування конструкцій при дії сейсмічних навантажень.
4. Важливим є розробка механізму отримання частини економічного ефекту від впровадження результатів наукової діяльності з метою вдосконалення експериментальної



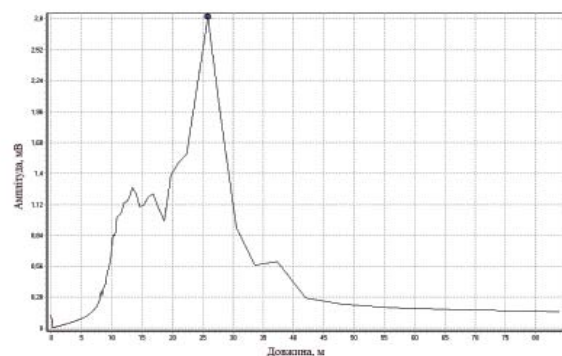
а)



б)



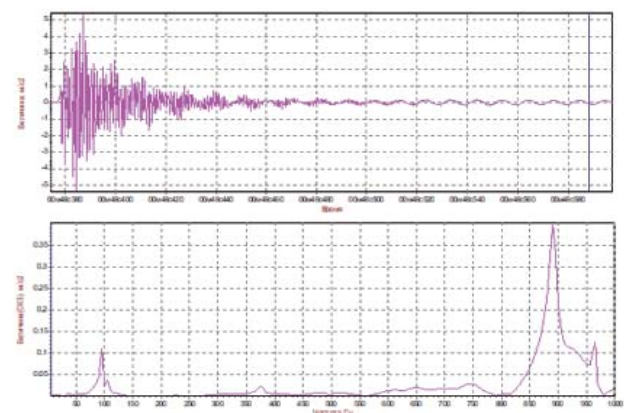
в)



г)



д)



е)

Рисунок 6 – Приклади застосування неруйнівних методів:

а – процес визначення глибини пошкодження бетону конструкцій з використанням приладу ультразвукового контролю; б – розподіл швидкостей проходження ультразвуку по площині конструкції; в – прилад ТКС-2 з визначення фактичної довжини паль луна-методом; г – результати визначення фактичної довжини паль; д – процес вібродіагностики міцності бетону в пошкоджених конструкціях; е – зареєстрований сигнал та вузькосмуговий спектр віброприскорень при імпульсному впливі на пілон



бази для проведення досліджень і стимулювання розробників. Це дозволило б частково вирішити головну проблему – фінансування розвитку будівельної науки в цілому та галузі сейсмостійкого будівництва, зокрема.

5. Зважаючи на збільшення кількості землетрусів в сейсмічно активній зоні Вранча (Карпат), актуальним залишається створення системного підходу до підвищення обізнаності населення, проведення тренінгів з реагування на можливі прояви сейсмічної активності, зокрема, з урахуванням досвіду країн, в яких останнім часом сталися руйнівні землетруси. Доцільним є вивчення та систематизація досвіду вітчизняних служб з реагування на надзвичайні ситуації, набутого в процесі ліквідації наслідків бойових дій та терористичних атак.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Немчинов Ю.И. Природные и техногенные опасности. Аварии и их последствия. Київ: ДП «НДІБК», 2020. 300 с.
2. ДБН В.1.1-12:2014 Будівництво в сейсмічних районах України. Київ: Мінрегіон України, 2014. 110 с.
3. Стратегічний план розвитку Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» на 2020-2025 роки. URL: <http://www.niisk.com/pro-nas/strateg-chn-ts-l/>
4. Немчинов Ю.І., Хавкін О.К., Мар'єнков М.Г., Бабік К.М. Сейсмостійке будівництво в Україні: стан експериментально-теоретичних досліджень та розробка нормативної бази. Наука та будівництво. 2014. № 1 (1). С. 16-21.
5. Кендзера О.В., Немчинов Ю.І., Єгупов К.В., Мар'єнков М.Г., Єгупов В.К., Семенова Ю.В. Методичні аспекти сейсмічного районування. Наука та будівництво. 2021. № 29(3). С. 15-23. URL: <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-2>
6. ДСТУ-Н Б В.1.1-28:2010 Шкала сейсмічної інтенсивності. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 79 с.
7. Zulfikar, A.C., Fercan, N.Ö.Z., Tunç, S. et al. Real-time earthquake shake, damage, and loss mapping for Istanbul metropolitan area. Earth Planets Space. 2017. № 69 (9). URL: <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0579-x>
8. Ianoş, I., Merciu, G.-L., Merciu, C., and Pomeroy, G. (2017). Mapping Accessibility in the Historic Urban Center of Bucharest for Earthquake Hazard Response, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss. [preprint]. URL: <https://doi.org/10.5194/nhess-2017-13>
9. Silacheva, N.V., Kulbayeva, U.K., Kravchenko, N.A. Probabilistic seismic hazard assessment of Kazakhstan and Almaty city in peak ground accelerations. Geodesy and Geodynamics. 2018. № 9 (2). С. 131-141. URL: <https://doi.org/10.1016/j.geog.2017.11.002>
10. ДБН В.1.2-5:2007. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. 14 с.
11. Дорофєєв В.С., Єгупов К.В., Сорока М.М., Мурашко О.В. Проблеми наукового супроводу проектування будинків підвищеної поверховості в місті Одеса. Наука та будівництво. 2019. № 19(1). С. 38-45. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v19i1.66>
12. Мар'єнков М.Г., Бабік К.М., Богдан Д.В., Недзведська О.Г., Глуховський В.П., Самойленко С.М. Обґрунтування сейсмостійкості висотної будівлі за результатами інструментальних та динамічних досліджень. Наука та будівництво. 2019. № 19(1). С. 66-71. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v19i1.70>
13. Немчинов, Ю., Тарасюк, В., Мар'єнков, Н., Жарко, Л., Богдан, Д., Сиротин, О., Панчик, Е., Брынзин, Е. Экспериментальные исследования несущих стен из газобетонных блоков D400 C2,5 и D300 C2,0 при вертикальных статических и горизонтальных сейсмических нагрузках. Наука та будівництво. 2017. № 12(2). С. 10-18. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v12i2.78>
14. Немчинов Ю.І., Мурашко О.В., Елькін О.В., Іванова О.М., Калініченко А.С., Барабаш М.С., Кубійович М.І., Діколь К.В. Науково-технічний супровід індустріального будівництва зі збільшеним кроком несучих стін у сейсмічних районах. Наука та будівництво. 2021. № 29(3). С. 45-56. <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-6>
15. Мар'єнков М.Г., Калюх Ю.І., Дунін В.А., Мар'єнков А.М. Експериментально-теоретичне обґрунтування необхідності віброзахисту будинків при впливах потягів метрополітену. Строительство, материаловедение, машиностроение. 2016. № 91. С. 77-89. <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/3179>
16. Bulat A.F., Kobets A.S., Dyrda V.I., Lapin V.A., Grebenyuk S.M., Lysytsia M.I., Marienkov M.H., Ahaltsov H.M., Kalhankov Ye.V. Vibroseismic protection of buildings and structures against natural and technogeneous dynamic impacts. News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2021. № 1 (445). С. 58 – 65. <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/4466>
17. Немчинов Ю. І., Мар'єнков М.Г., Калюх Ю.І., Бабік К.М., Дирда В.І. (2019). Захист



- житлових будинків від сейсмічних навантажень та динамічних впливів залізничного транспорту. Наука та будівництво. 2019. № 20(2). С. 19-30. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v20i2.92>
18. Мар'єнков М.Г., Болотов Ю.К., Дирда В.І., Лисиця М.І. (2021). Сейсмоізоляція багатопверхових будинків складної конфігурації із пальовим ростверком. Наука та будівництво. 2021. № 29(3). С. 57-64. <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-7>
19. Лучко, Й.Й., Мар'єнков, М. Г., Бабік, К. М. (2021) Вібродинамічний моніторинг ґрунту та конструкцій при влаштуванні шпунтового огороження котловану в умовах щільної міської забудови». СучТехнБудів. 2021. № 30 (1). С. 52–64. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2021-1-52-64>
20. Немчинов Ю.І. (2021). Будівельна наука та забезпечення сейсмічної безпеки в Україні з урахуванням рекомендації Єврокодів. Наука та будівництво. 2021. № 29(3). С. 3-14. <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-1>
21. Немчинов Ю.І., Мар'єнков, М. Г., Бабік, К. М., Єгупов К.В., Кендзера О.В., Шеховцов І.В., Петраш С.В. (2019). Нормативні акти в сфері сейсмостійкого будівництва нового покоління. Зміна № 1 ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України». Наука та будівництво. 2019. № 19(1). С. 4-17. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v19i1.62>
22. Мар'єнков, М., Немчинов, Ю., Бабік, К. (2023). Особливості нової редакції ДБН В.1.1-12:202X «Будівництво у сейсмічних районах. Основні положення». Наука та будівництво. 2023. № 36(2). <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-4>
23. ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 «Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 1. Загальні правила, сейсмічні дії, правила щодо споруд (EN 1998-1:2004, IDT)». Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2011. 11 с.
24. ДСТУ-Н Б EN 1998-3:2012 «Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 3. Оцінка стану та відновлення будівель (EN 1998-3:2012, IDT)». Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.
- Seismic Areas of Ukraine. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
3. State Research Institute of Building Constructions. (2020). Strategic Development Plan for 2020-2025. Retrieved from <http://www.niisk.com/pro-nas/strateg-chn-ts-l/>
4. Nemchynov, I., Khavkin, O., Marienkov, M., & Babik, K. (2014). Seismic-Resistant Construction in Ukraine: State of Experimental and Theoretical Research and Development of Normative Framework. Science and Construction, 1(1), 16-21.
5. Kendzera, O., Nemchynov, I., Yegupov, K., Marienkov, M., Yegupov, V., & Semenova, Y. (2021). Methodological Aspects of Seismic Zoning. Science and Construction, 29(3), 15-23. <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-2>
6. DSTU-N B V.1.1-28:2010. (2011). Scale of Seismic Intensity. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
7. Zülfikar, A.C., Fercan, N.Ö.Z., Tunç, S., et al. (2017). Real-time Earthquake Shake, Damage, and Loss Mapping for Istanbul Metropolitan Area. Earth Planets Space, 69(9). <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0579-x>
8. Ianoş, I., Merciu, G.-L., Merciu, C., & Pomeroy, G. (2017). Mapping Accessibility in the Historic Urban Center of Bucharest for Earthquake Hazard Response. Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions [Preprint]. <https://doi.org/10.5194/nhess-2017-13>
9. Silacheva, N.V., Kulbayeva, U.K., & Kravchenko, N.A. (2018). Probabilistic Seismic Hazard Assessment of Kazakhstan and Almaty City in Peak Ground Accelerations. Geodesy and Geodynamics, 9(2), 131-141. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2017.11.002>
10. DBN V.1.2-5:2007. (2007). Scientific and Technical Support for Construction Projects. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
11. Dorofeev, V.S., Yegupov, K.V., Soroka, M.M., & Murashko, O.V. (2019). Issues of Scientific Support for the Design of High-Rise Buildings in the City of Odessa. Science and Construction, 19(1), 38-45. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v19i1.66>
12. Marienkov, M., Babik, K., Bohdan, D., Nedzvedska, O., Glukhovskiy, V., & Samoylenko, S. (2019). Substantiation of the Seismic Resistance of a High-Rise Building Based on Instrumental and Dynamic Research Results. Science and Construction, 19(1), 66-71. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v19i1.70>
13. Nemchynov, I., Tarasyuk, V., Marienkov, N., Zharko, L., Bohdan, D., Syrotin, O., Panchyk,

REFERENCES

1. Nemchynov, Yu.I. (2020). Natural and Man-Made Hazards: Accidents and Their Consequences. Kyiv: State Enterprise "NDIBK"
2. DBN V.1.1-12:2014. (2014). Construction in



- E., & Brynzin, E. (2017). Experimental Studies of Load-Bearing Walls Made of D400 C2.5 and D300 C2.0 Autoclaved Aerated Concrete Blocks under Vertical Static and Horizontal Seismic Loads. *Science and Construction*, 12 (2), 10-18. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v12i2.78>
14. Nemchynov, I., Murashko, O., Yelkin, O., Ivanova, O., Kalinichenko, A., Barabash, M., Kubyovych, M., & Dikol, K. (2021). Scientific and Technical Support for Industrial Construction with Increased Spacing of Load-Bearing Walls in Seismic Regions. *Science and Construction*, 29(3), 45-56. <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-6>
15. Marienkov, M., Kalyukh, I., Dunin, V., & Marienkov, A. (2016). Experimental and Theoretical Justification of the Necessity for Vibration Protection of Buildings under the Influence of Subway Trains. *Construction, Materials Science, Mechanical Engineering*, 91, 77-89. <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/3179>
16. Bulat, A.F., Kobets, A.S., Dyrda, V.I., Lapin, V.A., Grebenyuk, S.M., Lysytsia, M.I., Maryenkov, M.H., Akhaltsov, H.M., & Kalhankov, Ye.V. (2021). Vibroseismic Protection of Buildings and Structures Against Natural and Technogeneous Dynamic Impacts. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*, 1(445), 58-65. <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/4466>
17. Nemchynov, I., Marienkov, M., Kalyukh, I., Babik, K., & Dyrda, V. (2019). Protection of Residential Buildings from Seismic Loads and Dynamic Influences of Railway Transportation. *Science and Construction*, 20(2), 19-30. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v20i2.92>
18. Maryenkov, M., Bolotov, I., Dyrda, V., & Lysytsia, M. (2021). Seismic Isolation of Multi-Story Buildings with Complex Configuration and Pile Raft Foundation. *Science and Construction*, 29(3), 57-64. <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-7>
19. Luchko, Y.Y., Marienkov, M.G., & Babik, K.M. (2021). Vibrodynamic Monitoring of Soil and Structures during the Installation of Sheet Pile Retaining Wall in Dense Urban Development Conditions. *Construction, Materials Science, Mechanical Engineering*, 30(1), 52-64. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2021-1-52-64>
20. Nemchynov, I. (2021). Building Science and Seismic Safety Assurance in Ukraine Considering Eurocode Recommendations. *Science and Construction*, 29(3), 3-14. <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-1>
21. Nemchynov, I., Marienkov, M., Babik, K., Yegupov, K., Kendzera, O., Shekhovtsov, I., & Petrash, S. (2019). Regulatory Documents in the Field of Seismic-Resistant Construction of the New Generation. Amendment No. 1 to DSTU B V.1.1-12:2014 "Construction in Seismic Regions of Ukraine." *Science and Construction*, 19(1), 4-17. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v19i1.62>
22. Marienkov, M., Nemchynov, I., & Babik, K. (2023). Features of the New Edition of DSTU B V.1.1-12:20XX "Construction in Seismic Regions. Basic Provisions." *Science and Construction*, 36(2). <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-4>
23. DSTU-N B EN 1998-1:2010 (2011). Eurocode 8. Design of Earthquake-Resistant Structures. Part 1. General Rules, Seismic Actions, Rules for Structures (EN 1998-1:2004, IDT). Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine.
24. DSTU-N B EN 1998-3:2012. Eurocode 8. Design of Earthquake-Resistant Structures. Part 3. Assessment and Repair of Buildings (EN 1998-3:2012, IDT). Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 29.08.2023



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-6>

УДК 626.8 (075.8)



СЛЮСАРЕНКО Ю. С.

Канд. техн. наук, заступник директора з наукової роботи ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: slus@ndibk.gov.ua, тел.: +38 (044) 249-72-40, ORCID: 0000-0002-0447-3927



ГАХ Н. Д.

Канд. техн. наук, учений секретар ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: gakh@ndibk.gov.ua, тел.: +38 (050) 222-22-54, ORCID: 0000-0003-1972-4853



ШУМІНСЬКИЙ В. Д.

Канд. техн. наук, провідний науковий співробітник ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: shumikvd@gmail.com, тел.: +38 (096) 617-55-70, ORCID: 0000-0002-8751-1983

ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ГРЕБЕЛЬ БЕТОННИХ ТА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ В ПРОЕКТНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

АНОТАЦІЯ

В статті розглянуто особливості бетонних та залізобетонних гребель та вимоги нового національного стандарту ДСТУ ХХХХ «Греблі бетонні та залізобетонні. Основні вимоги».

Греблі бетонні та залізобетонні – один з найпоширеніших типів гідротехнічних споруд, що входять до складу більшості гідровузлів. Такі греблі будують у різноманітних геологічних умовах. Їх будівництво характеризується високою технологічністю та комплексною механізацією робіт.

Новий національний стандарт ДСТУ ХХХХ «Греблі бетонні та залізобетонні. Основні вимоги» розроблений ДП НДІБК в розвиток положень ДБН В.2.4-3:2023 «Гідротехнічні споруди. Основні положення» та на заміну СНиП 2.06.06-85 «Плотины бетонные и железобетонные». Стандарт регламентує вимоги до проектування бетонних та залізобетонних гребель при

новому будівництві, реконструкції та капітальному ремонті. В ньому наводяться основні типи бетонних та залізобетонних гребель на скельній та нескельній основах, умови їх вибору, особливості роботи, вимоги до проектування.

Значна увага приділена бетонним та залізобетонним греблям Дніпровського та Дністровського каскадів, їх характеристикам та історії експлуатації. Наведені факти щодо підриву двох ГЕС (ДніпроГЕС у 1941 та 1943 роках та Каховської ГЕС у 2023 році) та аналіз негативних наслідків злочинного руйнування Каховської ГЕС.

ДСТУ ХХХХ «Греблі бетонні та залізобетонні. Основні вимоги» разом з іншими ДБН та ДСТУ утворює комплекс нормативних актів та документів щодо проектування гребель бетонних та залізобетонних, що дозволяє підвищити надійність їх проектування в різних інженерно-геологічних умовах та забезпечити високий



рівень безпеки в проектних умовах експлуатації. Стандарт дозволить вирішити конструктивно-технічні, будівельно-технологічні проблеми та інші, які можуть виникнути на різних етапах проектування гребель, забезпечення мінімальних ризиків помилок, що не регламентовані чинними нормами і стандартами, та за відсутності достатнього досвіду або прямих аналогів у вітчизняній та світовій практиці.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: безпека, водобій, водосховище, гідроелектростанція (ГЕС), гідроакumuлююча електростанція (ГАЕС), гребля бетонна та залізобетонна, дренаж, надійність, основа, понур, протифільтраційні пристрої.

CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE DAMS UNDER DESIGN OPERATING CONDITIONS. SAFETY REQUIREMENTS

ABSTRACT

The article examines the state of concrete and reinforced concrete dams and the new national standard "Concrete and reinforced concrete dams. Basic requirements".

Concrete and reinforced concrete dams are one of the most common types of hydraulic structures. They are a part of most hydraulic units. These dams are built in various geological conditions. Their construction is characterized by high technology, complex mechanization of works.

New national standard "Concrete and reinforced concrete dams. Basic requirements" developed by State Research Institute of Building Constructions (NIISK) in furtherance of the requirements of DBN B.2.4-3:2023 "Hydrotechnical structures. Main provisions" and to replace SNiP 2.06.06-85 "Concrete and reinforced concrete dams". The standard regulates the requirements for the design of concrete and reinforced concrete dams during new construction, reconstruction and major repairs. It lists the main types of concrete and reinforced concrete dams on rock and non-rock bases, the conditions for their selection, and the peculiarities of their operation.

Considerable attention is paid to concrete and reinforced concrete dams of the Dnieper and Dniester Cascades, their characteristics and work features. The facts regarding the detonations of two hydroelectric power plants (DniproHEPP in 1941 and 1943 and the Kakhovska HPP in 2023) and the negative consequences of the destruction of the Kakhovka HPP are analyzed.

DSTU "Concrete and reinforced concrete dams. Basic requirements" together with other DBN and DSTU forms a complex of regulatory framework regarding the design of concrete and reinforced concrete dams, which allows to increase the reliability of their design in various engineering and geological conditions and to ensure a high level of safety in the design conditions of operation. The new standard

will allow solving structural, technical, construction and technological problems and others that may arise at different stages of dam design, ensuring minimal risks of errors not regulated by current norms and standards, and in the absence of sufficient experience or direct analogues in domestic and world practice.

KEYWORDS: safety, watercourse, reservoir, hydroelectric power station (HPP), hydroelectric power station (HPP), concrete and reinforced concrete dam, drainage, reliability, base, sinkhole, anti-filtration devices.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Греблі бетонні та залізобетонні – один з найпоширеніших типів гідротехнічних споруд (далі – ГТС). Вони входять до складу напірного фронту більшості гідровузлів світу. Від їх стану та роботи залежить надійність та безпека гідроелектростанцій (далі – ГЕС) та гідроакumuлюючих електростанцій (далі – ГАЕС), а також економічна, екологічна та соціальна ситуація в місцях їх розташування. Будівництво гребель виконується у різноманітних інженерно-геологічних умовах та характеризується високою технологічністю та комплексною механізацією робіт. Греблі бетонні та залізобетонні будують як глухими, так і водозливними.

Конструктивний тип бетонної або залізобетонної греблі обирається в залежності від топографічних, інженерно-геологічних, гідрогеологічних та кліматичних умов з врахуванням сейсмічності району, навантажень і впливів, компонування гідровузла, загальної схеми організації будівництва і виконання робіт та термінів введення в експлуатацію, наявності місцевих будівельних матеріалів та умов експлуатації греблі на основі порівняння техніко-економічних показників варіантів, з врахуванням екологічних та соціальних вимог, особливостей пропуску будівельних та експлуатаційних витрат води тощо. Варіанти, що порівнюються, повинні мати однаковий ступінь розробки і надійності.

Основні конструктивні типи бетонних та залізобетонних гребель наведені в табл. 1.

Бетонні та залізобетонні греблі, на відміну від ґрунтових гребель, застосовують при відсутності поблизу місця будівництва достатньої кількості ґрунту, придатного для зведення тіла ґрунтової греблі, або при несприятливих топографічних умовах (наявності вузької річкової долини або відсутності місця для розташування підосви греблі).

Особливість роботи бетонних та залізобетонних гребель полягає в тому, що вони постійно контактують з водою, солоною або прісною, яка знаходиться у спокої або русі, має різну температуру (в залежності від пори року) та чинить на споруди механічні, фізико-хімічні та біологічні



Таблиця 1 – Основні типи бетонних та залізобетонних гребель

Ознаки	Основні конструктивні типи гребель
А. За конструктивним рішенням	Гравітаційні (рисунок 1, а - г): а) масивні; б) з розширеними швами; в) з поздовжньою порожниною біля основи; г) з екраном на напірній грані; д) з анкеруванням в основі греблі. Контрфорсні (рисунок 1, ж - и): ж) з масивними оголовками контрфорсів (масивно-контрфорсні); з) з арковими напірними перекриттями (багатоаркові), и) з плоскими напірними перекриттями. Аркові та арково-гравітаційні (рисунок 1, к - н): к) з защемленими п'ятами; л) з периметральним швом; м) з тришарнірних поясів; н) з гравітаційними стоянами.
Б. За призначенням	Глухі (рисунок 1, а, б, г, д, з-н). Водозливні (рисунок 2 а-в): а) з поверхневими водозливами (рис. 1, в, ж; рис. 2, а); б) з глибинними водоскидами (рисунок 2, б); в) багатоярусні (з поверхневими водозливами та з глибинними водоскидами) (рисунок 2, в).

дії. Вода впливає на греблі як зовні у вигляді гідродинамічного тиску хвиль на напірну грань гребель, так і з середини у вигляді фільтраційного потоку, що рухається в тілі греблі під дією напору (різниці рівнів води між верхнім та нижнім б'єфами). Таким чином, бетонні та залізобетонні греблі весь час працюють в екстремальних умовах під постійним впливом води та температури. Нормативний термін їх служби повинен відповідати строку служби гідровузлів, до складу якого вони входять, і за чинними нормами становить 120 років [4].

Бетонні та залізобетонні греблі входять до напірного фрон-

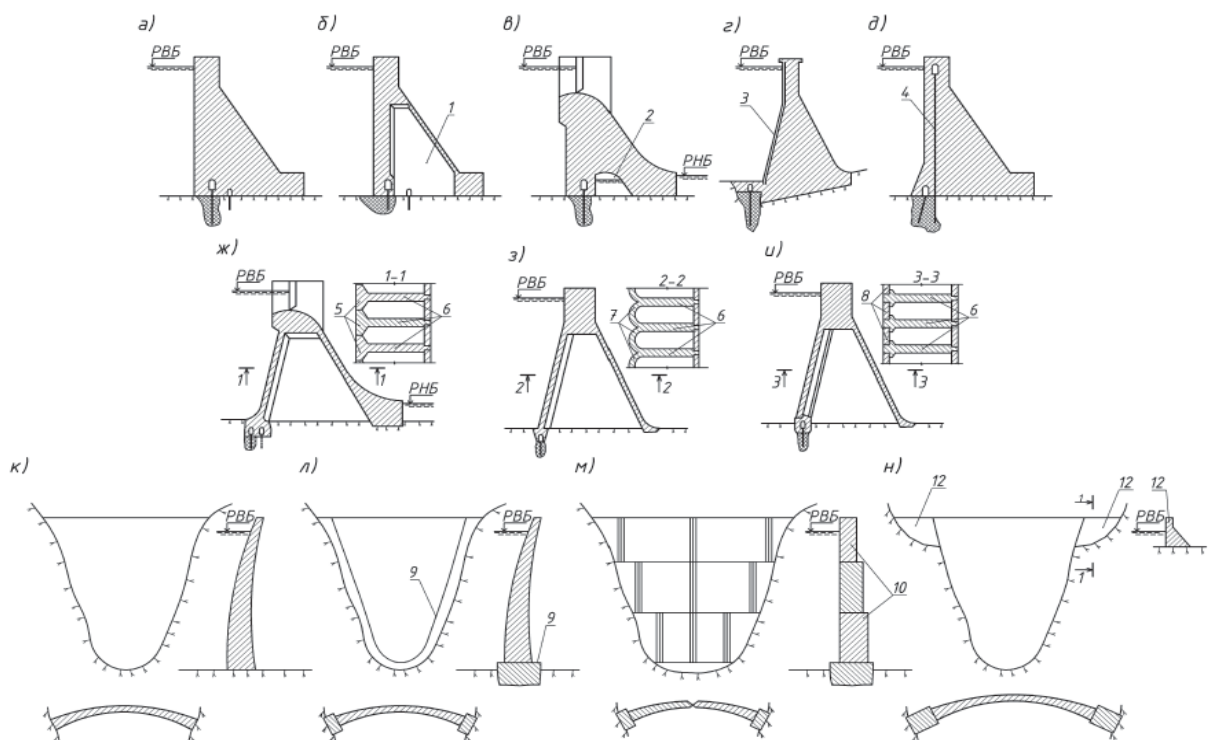


Рисунок 1 – Основні види гребель на скельній основі

Гравітаційні: а – масивні; б – з розширеними швами; в) з поздовжньою порожниною біля основи; г) з екраном на напірній грані; д) з анкеруванням в основі греблі.

Контрфорсні: ж) масивно-контрфорсні; з) багатоаркові; и) з плоскими напірними перекриттями.

Аркові та арково-гравітаційні: к) із защемленими п'ятами; л) із периметральним швом;

м) із тришарнірних поясів; н) із гравітаційними стоянами.

1– розширений шов; 2 – поздовжня порожнина; 3 – екран; 4 – попередньо напружений анкер; 5 – масивні оголовки; 6 – контрфорси; 7 – аркові перекриття; 8 – плоскі перекриття; 9 – периметральний шов; 10 – тришарнірні пояси; 11 – шарніри; 12 – гравітаційні стояни.



ту гідровузлів, створюють водосховища та успішно працюють на всіх крупних ГЕС та ГАЕС України, розташованих на річках Дніпро та Дністер. Крім того, бетонні греблі застосовуються для створення протиповеневих гідровузлів на гірських та передгірських ділянках річок, де застосування інших типів гребель неможливо.

Основні елементи поперечно-го профілю греблі: гребінь греблі (як правило, проїзний), верхній та низовий укоси, дренажні та протифільтраційні пристрої в тілі греблі та в її основі.

Основні види бетонних та залізобетонних гребель на скельній основі наведені на рис. 1.

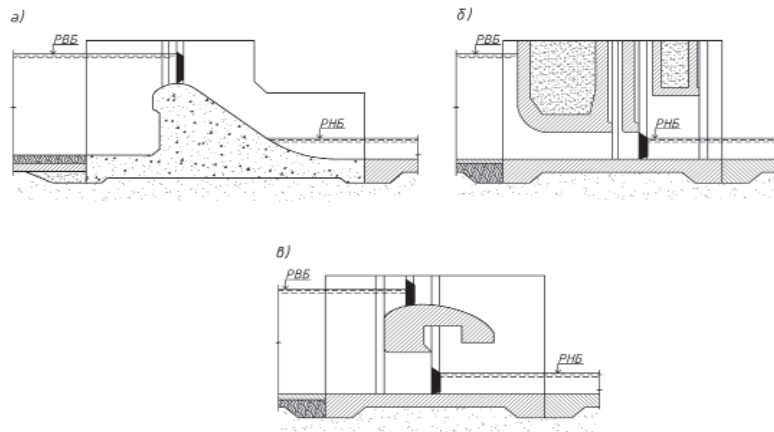


Рисунок 2 – Основні види гребель на нескельній основі
а – гребля водозливна; б – з глибинними водоскидами;
в – двоярусна з поверхневим водозливом та з глибинним водоскидом.

Таблиця 2 – Основні характеристики річок Дніпра та Дністра

Назва характеристики	р. Дніпро	р. Дністер
Довжина: природний стан, км;	2285 (перша в Україні та четверта в Європі)	1362 (друга в Україні та дев'ята в Європі)
зарегульований стан, км;	2201	1362
в межах України, км	981	925
Ширина долини, км	18	16 ÷ 22 (біля гирла)
Витік:	Південний схил Валдайської височини	Верхньодністровські Бескиди на висоті 818 м
Впадає в:	Дніпровсько-Бузький лиман Чорного моря	Дністровський лиман Чорного моря
Країни, області та міста України по яким протікає:	Росія, Білорусь (3 області), Україна (8 областей, 25 міст)	Польща, Молдова (9 міст), Україна (7 областей, 16 міст)
Площа басейну, км ²	504 000	72 100
Живлення:	Змішане з перевагами снігового у верхній частині басейну та степовій зоні	Змішане з перевагами снігового
Кількість приток: праві	11	9
ліві	7	21
Річний стік, млрд. м ³	53,5 (1700 м ³ /с)	біля 10 (313 м ³ /с)
Діючі ГЕС та ГАЕС:	5 ГЕС (без Каховської ГЕС, яка зруйнована) та 1 ГАЕС	3 ГЕС (включно з Дубосарською ГЕС) та 1 ГАЕС
Планується побудувати:	–	Верхньодністровський каскад з 6 ГЕС (три з них дериваційного типу)



На скельних основах в умовах широких створів (при $l_{ch}/h \geq 10$, де l_{ch} – ширина створу по хорді на рівні гребня греблі; h – висота греблі), як правило, проєктують бетонні гравітаційні та контрфорсні греблі, а в умовах вузьких створів (при $l_{ch}/h \leq 5$) перевагу надають арковим та арково-гравітаційним греблям.

При $5 < l_{ch}/h < 10$ можуть розглядатись бетонні греблі різних типів: гравітаційні, контрфорсні, арково-гравітаційні та аркові. Висота греблі визначається за різницею відміток гребня (не враховуючи парапет) і підосви споруди під верховою гранню (без врахування місцевих заглиблень).

В залежності від топографічних та геологічних умов в одному створі можуть одночасно застосовуватись греблі різних типів. На нескельних основах бетонні та залізобетонні греблі слід проєктувати, як правило, водозливними.

Розглянемо влаштування бетонних та залізобетонних гребель на Дніпровському та Дністровському каскадах ГЕС та ГАЕС.

Основні характеристики річок Дніпра та Дністра наведені в табл. 2.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ АВАРІЙ НА ГЕС

За період тривалої експлуатації ГТС гідровузлів Дніпровського та Дністровського каскадів ГЕС (початок експлуатації ДніпроГЕС з 1932 року) на них не було значних аварій бетонних та залізобетонних гребель внаслідок природних впливів, що свідчить про проєктну надійність і безпеку гребель. Однак, дві ГЕС на річці Дніпро були зруйновані техногенними вибухами під час військових дій – це ДніпроГЕС (у 1941 і у 1943 р.р.) та Каховська ГЕС (у 2023 році). Таким чином, сучасні вимоги до техногенної безпеки вказують на необхідність удосконалення нормативних вимог щодо забезпечення їх подальшої надійної і безпечної роботи [5-7].

Під час Другої світової війни у серпні 1941 року при відступі радянських військ водозливна гребля ДніпроГЕС та залізничний міст через Дніпро були підірвані (рис. 3).

У тілі греблі утворився великий проран-

пробоїна завдовжки 175 м та заввишки 21,2 м при загальній довжині греблі у 1,2 км та висоті 51 м, що призвело до виникнення великої зони затоплення в нижній течії Дніпра. Під час окупації Запоріжжя (через 46 діб після вибуху) німецькі будівельні частини відновили зруйновану частину греблі і довжина ДніпроГЕС з усією бетонною водозливною греблею склала 3 км. Восени 1943 року німці поступово знову руйнували частину мостового переходу через ДніпроГЕС. Після усіх цих пошкоджень роботу ДніпроГЕС відновили лише в 1944-50 роках. Тоді вона була єдиною на Дніпрі. Решту ГЕС Дніпровського каскаду збудували пізніше – в 1950-70-ті роки.

Великі бетонні греблі підривали не лише радянські та німецькі війська. У травні 1943 року британськими важкими бомбардувальниками було завдано бомбовий удар по греблях на річках Мьоне, Зорпе та Едер у західній Німеччині, в результаті якого знищено ГЕС з утворенням великих пробоїн у греблях на Мьоне та Едері. Гребля на Зорпе отримала незначні пошкодження. Упродовж чотирьох місяців німецькі будівельники усунули пробоїни.

6 червня 2023 року російські окупанти вдалися до чергового акту екоциду – підриву Каховської ГЕС, котрий загрожує безпрецедентними екологічними наслідками як для півдня України, так і для всього Чорноморського регіону (рис. 4).

У зоні лиха опинилося цивільне населення та майже 80 населених пунктів були затоплені внаслідок теракту. Наслідками злочинного руйнування Каховської ГЕС, крім недоотримання електричної енергії, є:

- загибель значної кількості мирних жителів прибережних населених пунктів, руйнування житла та інфраструктури південного регіону;
- знищення та значне порушення екосистем Каховського водосховища та притоки Дніпра, на яких відбувався підпір води, низов'я Дніпра, Дніпровського лиману і порушення екосистем пригирлової ділянки Чорного моря;
- масова загибель водних організмів (риб,



Рисунок 3 – ДніпроГЕС зараз та у серпні 1941 року, після підриву радянськими військами



Рисунок 4 – Каховська ГЕС: до та після злочинного руйнування

молюсків, ракоподібних, мікроорганізмів, водної рослинності) з подальшим погіршенням якості води внаслідок розкладення загинувших організмів;

- порушення середовища існування риби, молюсків, ракоподібних, птахів, земноводних та інших тварин, які заселяють акваторію та прибережні комплекси і нижче за течією до Кінбурнського півострова;
- порушення середовища існування та загибель тварин, популяцій гризунів, занесених до Червоної книги України;
- порушення середовищ існування рослинних комплексів (прибережна водна рослинність), степових та лісових комплексів (низов'я Дніпра, де зростають ендемічні види, занесені до Світового червоного списку й які більше ніде в світі не зустрічаються);
- непрогнозоване відкладання наносів та змитих ґрунтів з поверхні суходолу;
- негативний вплив на акваторії, прибережні території та суходолну частину трьох українських національних природних парків – «Нижньодніпровський», «Кам'янська Січ», «Білобережжя Святослава», Чорноморського біосферного заповідника (ця територія також має статус біосферного резервату ЮНЕСКО), Регіонального ландшафтного парку «Кінбурнська Коса» та численних об'єктів природно-заповідного фонду з меншими площами, вплив на проєктовані природоохоронні території;
- порушення водопостачання об'єктів у Херсонській і, частково, Запорізькій та Дніпропетровській областях;
- забруднення вод Дніпра і Чорного моря

(потрапляння до вод паливно-мастильних матеріалів, змив сміття, агрохімікатів, інших небезпечних матеріалів, затоплення і виведення з ладу систем очистки стічних вод, каналізації, порушення шарів намулу, в яких десятиліттями відбувалось накопичення забруднюючих речовин;

- знищення свійських тварин, худоби, домашніх тварин, тварин у зоопарках, що призвело до отруєння води, ґрунтів, повітря та становить небезпеку поширення інфекційних хвороб;
- ускладнення або повне унеможливлення водопостачання для сільськогосподарських потреб півдня Херсонської області;
- вимивання, перенесення мін та інших вибухонебезпечних речовин, збільшення мінної небезпеки;
- ускладнення забору води, необхідної для охолодження Запорізької АЕС, загроза ядерній безпеці світу;
- зміна мезоклімату території внаслідок зміни площі водного дзеркала, зміни водного балансу території та збільшення відкритих ділянок суші;
- неможливість регулювання водного режиму під час паводків, ризики повторного підтоплення територій, які були залежними від регулювання з боку Каховської ГЕС.

ПРОЕКТНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ БЕТОННИХ ТА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ГРЕБЕЛЬ ДНІПРОВСЬКОГО ТА ДНІСТРОВСЬКОГО КАСКАДІВ

До складу Дніпровського каскаду наразі входять п'ять водосховищ сумарною корисною ємністю 11,8 км³. Найбільшу корисну ємність має



Кременчуцьке водосховище – 8,97 км³, найменшу – Канівське – 0,285 км³. Київське і Кременчуцьке водосховища ведуть сезонне і річне регулювання стоку Дніпра, Канівське, Середньодніпровське і Дніпровське – добове і тижнєве.

До складу Дністровського каскаду ГЕС і ГАЕС входять три водосховища сумарною корисною ємністю 2,93 км³: Дністровська ГЕС-1 з водосховищем сезонного регулювання стоку з переходом на багаторічне; ГЕС-2 на буферному водосховищі, яка працює в базисному режимі; Дністровська ГАЕС, яка розташована на правому березі буфер-

ного водосховища приблизно в дев'яти кілометрах нижче створу ГЕС-1. В якості нижньої водойми ГАЕС використовує буферне водосховище. Верхня водойма ГАЕС створена в напіввиїмці-напівнасипу шляхом обвалування дамбами на плато, розташованому вище рівня р. Дністер приблизно на 150 м.

Характеристики бетонних гребель ГЕС та ГТС ГАЕС Дніпровського та Дністровського каскадів наведені в табл. 3, 4 та [1-3].

Спостереження за технічним станом бетонних та залізобетонних гребель здійснюються персоналом гідротехнічних цехів всіх ГЕС і ГАЕС

Таблиця 3 – Характеристика бетонних гребель ГЕС та ГТС ГАЕС Дніпровського каскаду

Характеристика	ГЕС або ГАЕС						
	Київська ГЕС	Київська ГАЕС	Канівська ГЕС	Кременчуцька ГЕС	Середньодніпровська ГЕС	ДніпроГЕС (ГЕС-1 + ГЕС-2)	Каховська ГЕС
Рік введення в дію	1968	1972	1975	1960	1964	1932/1978	1956
Максимальний напір на ГЕС, м	11,8	65,0	13,5	13,6	15,26	38,7	16,5
Вид бетонної греблі	водозлив суміщений з будівлею ГЕС	деривація	водозлив суміщений з будівлею ГЕС	водозливна	водозливна	водозливна/глуха	водозлив суміщений з будівлею ГЕС
Ґрунти основи	бучацькі піски	суглинки, супіски та піски	крупні і дрібні піски	сірі граніти	граніти й гранітогнейси	гранітогнейси, граніти	Дрібнозерністі піски
Відмітка гребня (порога), м	– (95,50 – порога)	–	100,5 (82,30 – порога)	85,0 (67,00 – порога)	69,70 (49,00 – порога)	54,8	– (порога + 7,00 м)
Довжина, м	287,65	280	343	191,5	191,5	760,5/251,3	447,5
Висота (з бичками), м	38,0	–	39,7	33	–	62	37,0
Відмітки ФПР, м	104,1	–	92,7	82,0	66,0	51,4	18,0
НПР, м	103,0	174,2	91,5	81,0	64,0	51,4	16,0
ГМО, м	101,5	168,0	91,0	75,75	63,0	48,5	12,7
Кількість отворів, шт	20	6	24	10	10	47	28
Ширина (діаметр) отвору, м	12	Ø 3,8	12	16	16	13	12
Протифільтраційні пристрої в основі	понур з глини, шпунтова завіса	–	понур з глини, шпунтова завіса до 16 м	Цементацийна завіса до 37 м	Цементацийна завіса	цементацийна завіса до 30 м	понур з глини та шпунтова завіса
Дренажні пристрої в основі	зворотний фільтр з відводом по трубах в НБ	дренажні лотки з відкачкою насосами	зворотний фільтр з відводом по трубах в НБ	47 дренажних свердловин	Вертикальний дренаж	свердловини Ø150 мм до 4 м	зворотний фільтр з відводом в НБ
Водобій, довжина, м	40-60	–	90	50	57-98	скельний ґрунт річки	50-70
товщина, м	4,0	–	1,5-2,7	1,5-2,0	3-3,5	–	4,0
Потерни	у водозливі та будівлі ГЕС	–	в будівлі ГЕС	потерна 3×3,5 м на відмітці 60 м	у водозливі та будівлі ГЕС	2 (на відмітках 14,40 м та 29,90 м)	в будівлі ГЕС та водозливній греблі
Витрата при НПР, м ³ /с	12500	413	12960	20350	16300	213000	19890
Встановлена потужність, МВт	440	235	528	682,8	387	648+900	334,5
Примітка. Каховська ГЕС була зруйнована 06.06.2023 року							



Таблиця 4 – Характеристика бетонних гребель ГЕС та ГТС ГАЕС Дністровського каскаду

Характеристика	ГЕС або ГАЕС		
	Дністровська ГЕС (ГЕС-1)	Буферний гідровузол Дністровської ГЕС (ГЕС-2)	Дністровська ГАЕС
Рік введення в дію	1983	2002	2015
Максимальний напір на ГЕС, м	53	13,1	157
Вид бетонної греблі	водозлив суміщений з будівлею ГЕС-1	водозлив	деривація
Ґрунти основи	граніти	аргіліти	аргіліти
Відмітка гребня (порога), м	110,00	71,30	–
Довжина, м	75		120-150
Висота (відмітка), м	127,00	26	100
Відмітки ФПР, м	125,00	82,00	–
НПР, м	121,00	77,10	229,50
ГМО, м	102,00	67,60	215,50
Кількість отворів (водогонів), шт	12	3	7
Ширина (діаметр) отвору, м	7,5	7,5	Ø 8,2 м
Протифільтраційні пристрої в основі	дворядна цемзавіса (з боку ВБ)	залізобетонний понур з боку ВБ довжиною 18,5 м і товщиною 0,7-1,8 м	–
Дренажні пристрої в основі	ряд дренажних свердловин, із загальним напірним колектором, що відводить воду в НБ	ряд дренажних свердловин	–
Водобій, довжина, м	35	до 35	–
товщина, м	1,5-3,0	1,5-2,0	–
Потерни	цементацийна і дренажна кільцева потерна на відмітці 71,2 м	дренажна потерна	дві дренажні штольні
Максимальна витрата ГЕС і ГАЕС, м³/с	8320, через агрегати – 1980	480	1890/1834
глибина, максимальна, м	54	17,1	29,75
середня	19,5	7,96	15,9
Встановлена потужність, МВт	702,0	40,8	2268/2947/7
Вид регулювання	сезонне з переходом на багаторічне	тижневе і добове	добове
Призначення водосховища	комплексне (боротьба з повінню, гідроенергетика, водопостачання, зрошення)	гідроенергетика (контррегулятор витрат ГЕС-1 і нижня водойма ГАЕС)	гідроенергетика
Примітка. Для Дністровської ГАЕС встановлена загальна потужність наведена окремо для генераторного (чисельник) та насосного (знаменник) режимів та вказана загальна кількість агрегатів (на даний час введено в дію чотири агрегати першої черги).			

Дніпровського та Дністровського каскадів з використанням автоматичних систем контролю (далі – АСК).

Технічне обслуговування засобів АСК ГТС та контроль процесів автоматичного збирання показників первинних датчиків їх обробки та нако-

пичення даних здійснюють групи АСК, які працюють на кожній ГЕС та ГАЕС. Діючі технічні засоби та спеціальне програмне забезпечення АСК ГТС дозволяють виконувати часті вимірювання показів первинних датчиків (напружено-деформованого стану гребель) і їх початкову обробку із визначен-



ням значень контрольованих показників в автоматичному режимі по заданому графіку; подальшу обробку результатів у автоматизованому режимі і підготовку даних до звітів.

Надійність та безпека гребель забезпечуються на основі оцінки їх технічного стану шляхом аналізу та узагальнення даних натурних візуальних та інструментальних спостережень на основі АСК та системи моніторингу просторових зміщень та осідань гребель, проведення комплексних досліджень їх поточного стану.

НОВИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ ДСТУ XXXX «ГРЕБЛІ БЕТОННІ ТА ЗАЛІЗОБЕТОННІ. ОСНОВНІ ВИМОГИ»

Існуючий комплекс нормативних актів та документів з проектування бетонних та залізобетонних гребель складається із державних будівельних норм України (ДБН), національних стандартів України (ДСТУ) та залишених у спадок від часів СРСР «строительных норм и правил» (СНиП) [4-6], які не відповідають сучасним вимогам до нормування в будівництві, сучасному стану безпеки та надійності при проектуванні бетонних та залізобетонних гребель, а також потребують створення на заміну СНиП нових сучасних стандартів (рис. 5).

Розроблення нової редакції ДБН В.2.4-3:2023 «Гідротехнічні споруди. Основні положення» на заміну [7] засвідчує, що проектування бетонних та залізобетонних гребель вимагає розроблення окремого самостійного національного стандарту, який повинен конкретизувати технічні вимоги, що закладені в цих нормах, і створити умови для подальшого проектування гребель з урахуванням останніх досягнень в галузі гідротехнічного будівництва. Це завдання було вирішене шляхом створення нового національного стандарту ДСТУ XXXX «Греблі бетонні та залізобетонні. Основні вимоги».

Цей стандарт, разом з іншими ДБН та ДСТУ, входить до комплексу нормативних актів та документів з проектування ГТС, що дозволяє підвищити надійність і безпеку при проектуванні гребель бетонних та залізобетонних в різних інженерно-геологічних умовах та забезпечити високий рівень безпеки їх роботи в проектних умовах експлуатації.

ДСТУ XXXX «Греблі бетонні та залізобетонні. Основні вимоги» розроблений ДП НДІБК в розвиток положень ДБН В.2.4-3:2023 «Гідротехнічні споруди. Основні положення» та на заміну [5]. Стандарт встановлює вимоги до проектування гребель бетонних та залізобетонних (гравітаційних, контрфорсних, аркових) при новому будівництві, реконструкції та капітальному ремонті.

Стандарт спрямований на удосконалення проектування нових і реконструкції існуючих гребель бетонних та залізобетонних, підвищення ефективності проектування, будівництва,

експлуатації та реконструкції гребель бетонних та залізобетонних, прийняття раціональних рішень, врахування складних інженерно-геологічних та гідрологічних умов річок України.

Стандарт встановлює основні вимоги до матеріалів (бетон, арматура), окреслення граней, гребня гребель, протифільтраційних та дренажних пристроїв, спрягання гребель з основою, берегами, ґрунтовими спорудами, основні положення розрахунку гребель, захисту територій від затоплення.

Стандарт дозволить вирішити конструктивно-технічні, будівельно-технологічні проблеми та інші, які можуть виникнути на різних етапах проектування гребель, забезпечення мінімальних ризиків помилок, що не регламентовані чинними нормами і стандартами, та за відсутності достатнього досвіду або прямих аналогів у вітчизняній та світовій практиці.

Основні вимоги ДСТУ приведено у відповідність до положень [8], ліквідовано поділ класу наслідків (відповідальності) СС2 на два підкласи СС2-1 і СС2-2 та прийняті відповідні зміни щодо коефіцієнтів надійності.

Інженерні вишукування повинні забезпечувати отримання вихідних матеріалів для розроблення проекту ГТС, включаючи розрахунки, прийняття рішень з інженерного захисту, охорони довкілля.

Греблі бетонні та залізобетонні слід розраховувати на розрахункові ситуації – усталені, перехідні, випадкові (аварійні та/або сейсмічні). Навантаження і впливи необхідно приймати в найбільш несприятливих, але реальних для розглянутої розрахункової ситуації, комбінаціях, окремо для періодів будівництва, експлуатації та розрахункової ремонтної ситуації. При їх проектуванні слід використовувати розрахунки за двома групами граничних станів – за несучою здатністю та експлуатаційною придатністю.

При проектуванні гребель повинні бути передбачені інженерні заходи з охорони довкілля, а при будівництві – виконуватись заходи щодо виключення забруднень акваторії та прилеглої берегової зони будівельним та іншим сміттям, стічними водами, токсичними речовинами тощо. Проектні рішення мають передбачати заходи щодо запобігання і локалізації аварій, зменшення збитків, включаючи ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, в тому числі в результаті можливих терористичних актів.

Завдання науково-технічного супроводу щодо вирішення питань надійності гребель при проектуванні пов'язані з унікальністю компоновок гідровузлів та обмеженістю достатнього досвіду або прямих аналогів у вітчизняній та світовій практиці, а також із забезпеченням безпеки людей, захисту довкілля, надійною експлуатацією гребель на основі науково-технічного прогнозу і аналізом даних моніторингу їх технічного стану.

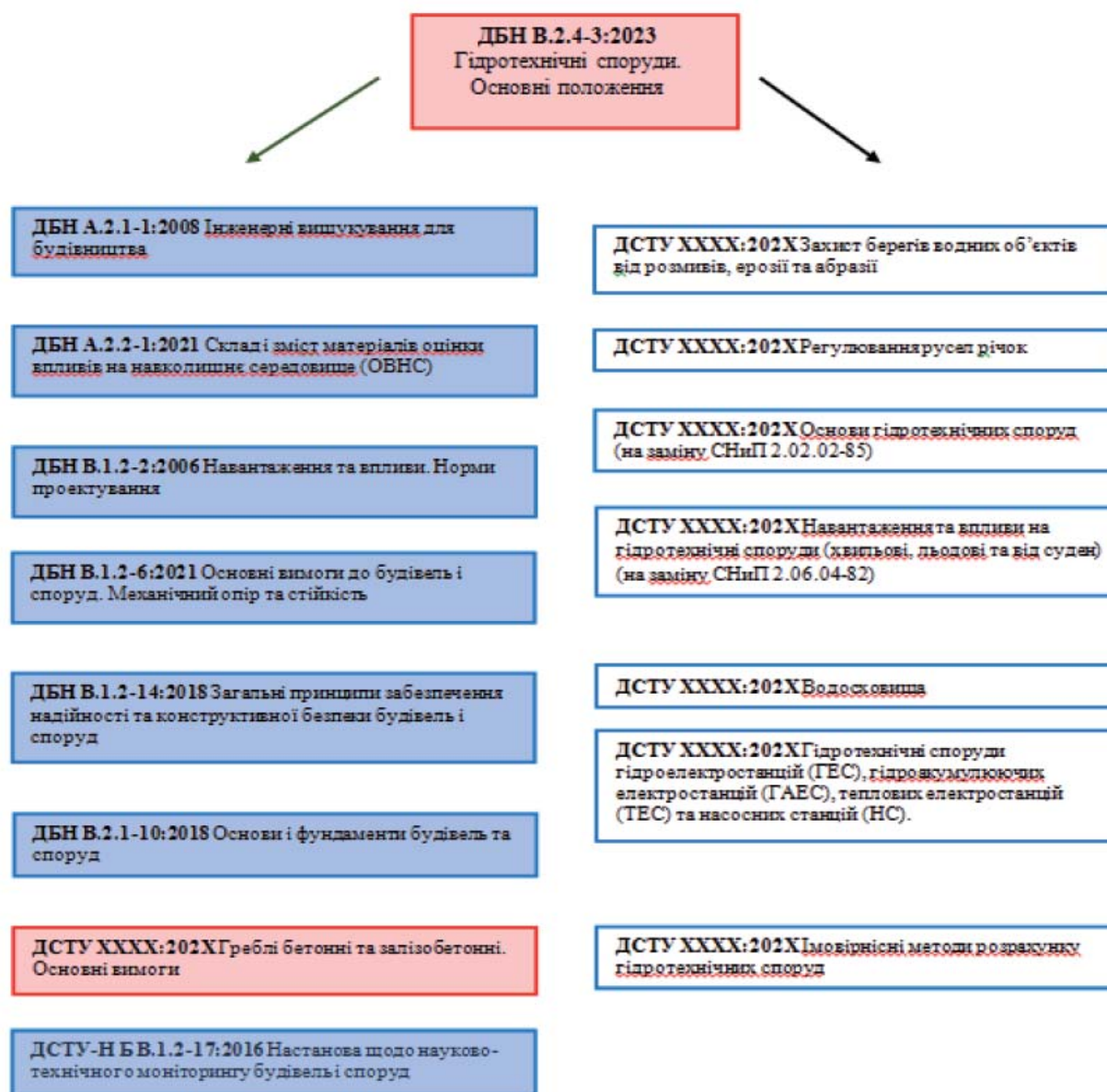


Рисунок 5 – Структура комплексу нормативних актів та документів з проектування гребель бетонних та залізобетонних (червоним кольором виділені ДБН та ДСТУ, що розроблені та знаходяться на стадії затвердження, синім – чинні ДБН та ДСТУ, червоним – ДСТУ, що розробляються, а без кольору – ДСТУ, що плануються до розробки в розвиток положень ДБН В.2.4-3:2023 та на заміну СНиП)

ВИСНОВКИ

1. Розроблено новий національний стандарт ДСТУ XXXX «Греблі бетонні та залізобетонні. Основні вимоги» з врахуванням сучасних вимог до проектування та надійності і безпеки цих гребель в проектних умовах експлуатації.
2. Цей стандарт разом з іншими ДБН та ДСТУ утворює комплекс нормативних актів та документів з проектування гребель бетонних та залізобетонних, який дозволяє підвищити надійність їх проектування в

різних інженерно-геологічних умовах та забезпечити високий рівень безпеки в проектних умовах експлуатації.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Фаренюк Г. Г., Вайнберг О. І., Хлапук М. М., Шумінський В. Д. Надійність та безпека гідротехнічних споруд в умовах тривалої експлуатації. Наука та будівництво. 2019. № 2 (20). С. 4-18.



2. Фаренюк Г.Г., Вайнберг О.І., Шумінський В.Д. Надійність та безпека гідротехнічних споруд Дніпровського та Дністровського каскадів ГЕС. Наука та будівництво. 2020. № 3 (25). С. 3-12.
3. Y.Slyusarenko, O. Shevchyk, Ya. Dombrovskiy, V. Shuminskiy, O. Liseniyi. Assessment of technical state of unfinished structures of the Dnistrovska PSP. Наука та будівництво. 2021. № 2. С. 28-40.
4. СНиП 2.02.02-85. Основания гидротехнических сооружений (Основи гідротехнічних споруд). Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. 45 с.
5. СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов. (Навантаження і впливи на гідротехнічні споруди (хвильові, льодові та від суден)). Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. 41 с.
6. СНиП 2.06.06-85. Плотины бетонные и железобетонные (Греблі бетонні та залізобетонні). Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. 38 с.
7. ДБН В.2.4-3-2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. 37 с.
8. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2018. 36 с.

REFERENCES

1. Farenjuk, G., Vainberg, O., Khlapuk, M., & Shuminskiy, V. (2019). Reliability and Safety of Hydraulic Structures in Long-Term Operation. Science and Construction, 2(20), 4-18.
2. Farenjuk, G., Vainberg, O., & Shuminskiy, V. (2020). Reliability and Safety of Hydro-Technical Structures in the Dnieper and Dniester Cascade Hydropower Plants. Science and Construction, 3(25), 3-12.
3. Slyusarenko, Y., Shevchyk, O., Dombrovskiy, Ya., Shuminskiy, V., & Liseniyi, O. (2021). Assessment of the Technical State of Unfinished Structures of the Dnistrovska Pumped Storage Power Plant. Journal "Science and Construction," 2, 28-40.
4. SNiP 2.02.02-85. (1986). Foundations of Hydraulic Structures. Moscow: TSITP Gosstroya USSR.
5. SNiP 2.06.04-82*. (1989). Loads and Effects on Hydraulic Structures (Wave, Ice, and Ship Loads). Moscow: TSITP Gosstroya USSR.
6. SNiP 2.06.06-85. (1986). Concrete and Reinforced Concrete Dams. Moscow: TSITP Gosstroya USSR.

7. DBN V.2.4-3-2010. (2010). Hydraulic Structures. Basic Provisions. Kyiv: Ukrarhbuildinform.
8. DBN V.1.2-14:2018. (2018). General Principles of Reliability and Structural Safety of Buildings and Structures. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 29.06.2023



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-7>

УДК 692.624.04/.07



СЕРГІЙЧУК В.А.

Завідувач відділу
ДП «Державний науково-
дослідний інститут будівельних
конструкцій»,
м. Київ, Україна
e-mail: vikserg6851@gmail.com
тел.: +38 (050) 415-35-62
ORCID: 0009-0009-6915-3447



ТАБАРКЕВИЧ О.О.

Інженер I категорії
ДП «Державний науково-
дослідний інститут будівельних
конструкцій»,
здобувач ступеня PhD кафе-
дри комп'ютерних технологій
будівництва та реконструкції
аеропортів «Національного
авіаційного університету»
м. Київ, Україна
e-mail: olegtabarkevich@gmail.com
тел.: +38 (098) 799-63-40
ORCID: 0000-0002-2396-3956



ТАБАРКЕВИЧ Н.В.

Завідувач лабораторії
ДП «Державний науково-
дослідний інститут будівельних
конструкцій»,
здобувач ступеня PhD кафе-
дри комп'ютерних технологій
будівництва та реконструкції
аеропортів «Національного
авіаційного університету»
м. Київ, Україна
e-mail: tkach@ndibk.gov.ua
тел.: +38 (098) 072-26-93
ORCID: 0000-0002-5549-8147

ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ОБСТРІЛАМИ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ЧЕРНІГІВЩИНИ

АНОТАЦІЯ

24 лютого 2022 відбулося повномасштабне вторгнення військ російської федерації на територію України. Наслідком стало руйнування та пошкодження великої кількості будівель і споруд, які зазнали ударно-вибухових та вогневих уражень, не характерних для подальшої експлуатації за призначенням. Було пошкоджено та зруйновано велику кількість житлових та громадських будівель, промислових будівель і споруд, об'єктів транспортної інфраструктури.

Значного ураження зазнало місто Чернігів, яке масовано обстрілювалося ракетами та іншим озброєнням масового ураження, внаслідок чого було пошкоджено та зруйновано велику кількість будівель та споруд міста. Було проведено велику роботу з відновлення пошкоджених житлових будинків із залученням фахівців Державного

підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» до робіт з обстеження та розробки проектної документації.

У даній статті описані житлові будинки, які потребували першочергового обстеження з подальшим відновленням пошкоджених та зруйнованих конструкцій, а саме:

- будинок по вул. Толстого, 142, після влучання в який було зруйновано стінові панелі, огороження балконів та значно пошкоджено фасад будинку;
- будинок по вул. Старобілоуська, 35, в який влучив снаряд та не здетонував, але під час падіння завдав пошкоджень фрагменту фасаду та однієї з квартир із пошкодженням несучих конструкцій;
- будинок по вул. Любецька, 34, зазнав уражень



від обстрілів, внаслідок чого було зруйновано дах будівлі з подальшим обваленням та утворилась пожежа, яка пошкодила зовнішні та внутрішні конструкції будинку;

- будинок по вул. Ремісничка, 55а, пошкоджено від вибухової хвилі, яка спричинила загоряння у двох квартирах та зруйнувала торцевий фасад будинку;
- будинок по вул. В'ячеслава Чорновола, 15А, який постраждав внаслідок бомбардування та зазнав руйнувань несучих конструкцій з обваленням кількох поверхів;
- будинок по вул. Белова, 27, у який влучила чимала кількість снарядів, які зруйнували 15 квартир та спричинили пожежу, та в цілому було значно пошкоджено зовнішні та внутрішні конструкції будинку.

Відновлення житлових будинків є важливою складовою процесу відбудови країни. Цей процес включає в себе: обстеження та оцінку фактичного технічного стану будівельних конструкцій та об'єкту в цілому, оцінку пошкоджень, розробку проектної документації та виконання ремонтно-відновлювальних робіт.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: відновлення пошкоджених конструкцій, житлові будинки, технічний стан, експлуатаційна придатність, оцінка пошкоджень

RECONSTRUCTION OF RESIDENTIAL BUILDINGS DAMAGED BY SHELLING IN CHERNIHIV REGION

ABSTRACT

On February 24, 2022, a full-scale invasion of the troops of the Russian Federation into the territory of Ukraine took place. The result was the destruction and damage of a large number of buildings and structures that suffered explosive and fire damage, not typical for further operation as intended. Many residential and public buildings, industrial buildings and structures, transport infrastructure facilities were damaged and destroyed.

The city of Chernihiv was significantly suffered, since it was massively bombarded with missiles and other weapons of mass destruction. As a result, a large number of buildings and structures in the city were damaged and destroyed. A lot of work has been done to restore damaged residential buildings with the involvement of specialists from the State Enterprise «State Research Institute of Building Construction» (NIISK) in the survey work and development of design documentation.

The article describes residential buildings that needed primary inspection followed by reconstruction of damaged and destroyed structures:

- a residential building at 122 Tolstogo Street. Wall panels, balcony railings were destroyed and the facade of the house was significantly damaged after the shelling;

- a residential building at 35 street Starobilouska Street, which was hit by a shell. The shell did not explode, but caused damage to a part of the façade. Load-bearing structures of the apartments were damaged too.
- a residential building at 34 Lubetska Street. The building was damaged by shelling, as a result of which the roof of the building was destroyed and subsequently collapsed. A fire broke out, damaging the external and internal structures of the house.
- a residential building at 55a Remisnycha Street. It was damaged by a blast wave, which caused a fire in two apartments and destroyed the front façade of the house.
- a residential building at 15a Viacheslava Chornovola Street. The building was damaged by bombing and suffered destruction of load-bearing structures with the collapse of several floors.
- a residential building at 27 Belova Street, that was hit by a large number of shells, which destroyed 15 apartments with the formation of a fire. The external and internal structures of the house were significantly damaged.

The reconstruction of the residential buildings is an important part of the country's recovery process. This process includes an inspection and assessment of the current technical condition of building structures, damage assessment, design documentation development, and repair and reconstruction work performance.

KEYWORDS: reconstruction of the damaged structures, residential building, technical condition, serviceability, damage assessment

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

За час війни в Україні пошкоджено великий відсоток житлового фонду. Ще до завершення бойових дій постає питання швидкого відновлення пошкоджених житлових будинків і це стає одним із найважливіших завдань для країни.

Обстеження та оцінка технічного стану будівельних об'єктів, що виконуються згідно з [1-6], мають оцінити можливості відновлення будівель і споруд, масштабів їх пошкодження, а також визначення переліку робіт з ремонту, відновлення або підсилення конструкцій, а також, за потреби, – демонтаж. Тому невідкладне проведення обстеження пошкоджених будівель і споруд дозволяє приймати обґрунтовані рішення, які дозволять розпочати відновлювальні роботи.

МЕТА СТАТТІ

Метою статті є узагальнення результатів обстеження та оцінки технічного стану пошкоджених обстрілами житлових будинків Чернігівщини, аналізу характеру руйнувань будівельних конструкцій з відновленням пошкоджених конструкцій будівель та споруд.



Рисунок 1 – Часткові пошкодження конструкцій житлового будинку по вул. В'ячеслава Чорновола, 15а

100. Згідно рекомендацій ДП НДІБК було відновлено несучі конструкції будинку (рис. 4).

Житловий будинок по вул. Старобілоуська, 35, також зазнав локальних пошкоджень конструкцій внаслідок прямого попадання бойового снаряду, який пошкодив цегляну кладку зовнішньої несучої стіни будинку біля вхідної групи під'їзду в рівні 1-го поверху та зруйнував залізобетонну перемичку віконного прорізу, у зв'язку з чим залізобетонна плита перекриття втратила частину

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Найбільш поширеною причиною пошкоджених та зруйнованих будинків і споруд на сьогодні є бойові дії рф на території України. Наслідки воєнних дій мають місце у багатьох містах та населених пунктах та призвели до значних матеріальних та людських втрат.

І хоча відбудова в умовах війни – завдання непросте, все ж відновлення триває. Для організації та проведення робіт з відновлення багатоповерхових житлових будинків у місті Чернігів було проведено їх обстеження. Характер руйнувань цих будинків різний: від значних, що потребують повного демонтажу, до часткових (рис. 1) та локальних (рис. 2).

Характерні приклади локальних пошкоджень конструкцій має житловий будинок по вул. Толстого, 142 (рис. 3), де внаслідок обстрілів було пошкоджено несучу стінову балконну панель та балконне огороження будинку. При обстеженні було зафіксовано механічне пошкодження балконної панелі, ступінь та характер якого свідчить про необхідність виконання робіт щодо відновлення. Технічний стан стінової панелі кваліфіковано як «аварійний» (категорія 4 згідно [1, 2]).

Для відновлення несучих та огорожувальних конструкцій розроблені технічні рішення передбачали відновлення пошкоджених балконних панелей шляхом демонтажу та монтажу нових або мурування стінового огороження з цегли (блоків) на цементно-піщаному розчині марки



Рисунок 2 – Локальні пошкодження конструкцій житлового будинку по вул. Толстого, 142



Рисунок 3 – Локальні пошкодження житлового будинку по вул. Толстого, 142



Рисунок 4 – Відновлення локальних пошкоджень житлового будинку по вул. Толстого, 142

площини обпирання (рис. 5).

Для відновлення цілісності конструкцій та несучої здатності будинку в цілому розроблені технічні рішення передбачали відновлення зруйнованої віконної залізобетонної перемички та цегляної кладки з підсиленням металевою обіймою, а також відновлення опорної частини плити перекриття між 1-м та 2-м поверхами. Після прийняття рішень та виконання ремонтних робіт пошкоджену ділянку було відновлено (рис. 6).

Житловий будинок по вул. Любецька, 34, зазнав часткових пошкоджень з руйнуванням покрівлі, перекриттів та утворення у будинку пожежі

(рис. 7). В будинку були наявні пошкодження несучих конструкцій, технічний стан яких кваліфіковано як «аварійний» (категорія 4 згідно [1, 2]). Оскільки аварійними були ділянки несучих конструкцій, зокрема елементи кроквяної системи та перекриття будинку, то загальний технічний стан будинку кваліфікувався як «не придатний до нормальної експлуатації» (категорія 3 згідно з [1, 2]).

Для відновлення експлуатаційної придатності та забезпечення подальшої надійної експлуатації будинку було рекомендовано перелік невідкладних ремонтно-відновлювальних робіт з проведенням часткового демонтажу та подальшим капітальним ремонтом огорожувальних конструкцій покрівлі та пошкоджених ділянок конструкцій стін та перекриття. Згідно з рекомендаціями ДП НДІБК будинок відновлюють (рис. 8).

Часткових пошкоджень зазнав і житловий будинок по вул. Ремісничка, 55а. Внаслідок вибухової хвилі було пошкоджено кроквяну конструкцію даху та покрівельні матеріали, пошкоджено торцеву стіну з подальшим загорянням двох квартир на першому та другому поверхах.

Для подальшої безпечної та надійної експлуатації житлового будинку було рекомендовано виконати демонтаж частини пошкодженої торцевої стіни (рис. 9) та закласти демонтовану частину стіни ніздрюватими або газобетонними полегшеними блоками (товщиною 400 мм) з утепленням мінераловатними плитами. На сьогодні у будинку відновлено покрівлю та всі несучі конструкції, що



Рисунок 5 – Локальні пошкодження житлового будинку по вул. Старобілоуська, 35



Рисунок 6 – Відновлення локальних пошкоджень житлового будинку по вул. Старобілоуська, 35



Рисунок 7 – Часткові пошкодження та руйнування конструкцій житлового будинку по вул. Любецька, 34



Рисунок 8 – Відновлення часткових пошкоджень житлового будинку по вул. Любецька, 34



Рисунок 9 – Часткові пошкодження та руйнування конструкцій житлового будинку по вул. Ремісника, 55а



Рисунок 10 – Відновлення часткових пошкоджень житлового будинку по вул. Ремісника, 55а

були пошкодженні (рис. 10).

Житловий будинок по вул. В'ячеслава Чорновола, 15А, зазнав уражень під час бомбардування, коли в нього влучила ракета на рівні 13-14 поверхів (рис. 11). Після влучання бомби над 12-им поверхом плита перекриття втратила площадки опирання та висіла у повітрі, три вищі поверхи було зруйновано.

На початку відбудови було встановлено

металеві конструкції (стійки) як для забезпечення стійкості будинку, так і для безпеки проведення робіт. Демонтовано пошкоджені залізобетонні конструкції перекриттів на рівні 13-16 поверхів і залізобетонні стіни 14-го поверху. Наразі практично всі будівельні роботи завершено та забезпечено надійну експлуатацію будинку в цілому (рис. 12).

Із частковими пошкодженнями також житловий будинок по вул. Генерала Белова, 27 (рис. 13), який зазнав більше 30-ти обстрілів. У будинку було зруйновано частини несучих зовнішніх і внутрішніх стін, огороження балконів, перехідні майданчики, а також плити перекриттів. Внаслідок



Рисунок 11 – Часткові пошкодження житлового будинку по вул. В'ячеслава Чорновола, 15а

прямого попадання було обвалено конструкції від 11-го до 14-го поверхів. Внаслідок пошкоджень та пожежі деякі конструкції втратили свою несучу здатність, тому потребували першочергового закріплення з подальшим частковим демон-



Рисунок 12 – Відновлення часткових пошкоджень житлового будинку по вул. В'ячеслава Чорновола, 15а

тажем та їх відновлення. Загальний технічний стан будинку було кваліфіковано як «аварійний» (категорія 4 згідно з [1, 2]), але слід зауважити, що міцність та стійкість будинку в цілому, окрім пошкоджених ділянок, забезпечена, тому потре-



Рисунок 13 – Часткові пошкодження та руйнування конструкцій житлового будинку по вул. Генерала Белова, 27



Рисунок 14 – Відновлення часткових пошкоджень житлового будинку по вул. Генерала Белова, 27

бувала відновлення з розробкою проекту. На сьогоднішній день будинок повністю відновлено та забезпечено експлуатаційну придатність (рис. 14).

ВИСНОВКИ

Відновлення житлових будинків є важливою складовою процесу відбудови країни. Цей процес включає в себе: обстеження та оцінку фактичного технічного стану будівельних конструкцій та об'єкту в цілому, оцінку пошкоджень, розробку проектної документації та виконання ремонтно-відновлювальних робіт.

На прикладі житлових будинків різної поверховості та конструктивної схеми, які мали різний характер руйнувань та пошкоджень внаслідок масованих обстрілів міста Чернігова, показана особливість першочергового обстеження (включаючи інструментальне) з розробкою проектної документації щодо подальшого відновлення пошкоджених та зруйнованих конструкцій житлових будинків.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їхнього технічного стану. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 65с.
2. Методика обстеження будівель та споруд пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 28.04.2022 № 65. 38 с.
3. ДБН В.1.2-14:2018 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2018 36 с.
4. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ: Видавництво «Сталь», 2006. 60 с.
5. ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2019. 43 с.
6. ДБН В.2.2-41:2019 Висотні будівлі. Основні положення. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2019. 59 с.



REFERENCES

1. DSTU-N B V.1.2-18:2016. (2017). Guidance for the inspection of buildings and structures for the determination and evaluation of their technical condition. Kyiv: SE "UkrNDNC".
2. Methodology for inspecting buildings and structures damaged as a result of emergencies, military actions, and terrorist acts. Order of the Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine No. 65, April 28, 2022.
3. DBN V.1.2-14:2018. System of reliability and safety assurance for building objects. General principles of reliability and structural safety assurance for buildings, structures, building constructions, and foundations. Kyiv: SE "Ukrarchbudinform".
4. DBN V.1.2-2:2006. (2006). Loads and impacts. Kyiv: Ministry of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of Ukraine.
5. DBN V.2.2-15:2019. (2019). Residential buildings. Substantive provisions. Kyiv: SE "Ukrarchbudinform".
6. DBN V.2.2-41:2019. (2019). Multistorey buildings. Substantive provisions. Kyiv: SE "Ukrarchbudinform".

Стаття надійшла до редакції 18.08.2023 року



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-8>

УДК 528.4



МЕЛАШЕНКО Ю. Б.

Канд. техн. наук, завідувач відділу ДП «Державний науково-дослідний інститут», м. Київ, Україна, e-mail: melashenko@ndibk.gov.ua тел.: +38 (050) 415-36-62 ORCID: 0000-0001-9270-6649



ЯКОВЕНКО М. С.

Завідувач лабораторії ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», здобувач ступеня PhD кафедри геоінформатики і фотограмметрії Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: yakovenko@ndibk.gov.ua тел.: +38 093 613 53 19 ORCID: 0000-0001-7800-8166



ЗОРІН Є. В.

Провідний інженер ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: zorin@ndibk.gov.ua тел.: +38 098 624 69 87 ORCID: 0000-0002-1449-3278



БЕНЬ І. В.

Інженер I категорії ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: i.ben@ndibk.gov.ua тел.: +38 093 443 91 38 ORCID: 0000-0003-3386-5433

БАГАТОРІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ГЕОДЕЗИЧНИМИ МЕТОДАМИ

АНОТАЦІЯ

Моніторинг деформацій будівель і споруд є складним та відповідальним процесом виконання геодезичних спостережень протягом певного періоду часу. У публікації розглянуті об'єкти моніторингу, за якими ведуться геодезичні спостереження понад 10 років. Спостереження на цих об'єктах виконується лабораторією інструментальних та інженерно-геодезичних досліджень деформацій будівель і споруд ДП НДІБК.

Актуальність моніторингу виникає на різних етапах життєвого циклу будівель і споруд. На об'єктах історико-культурної спадщини та об'єктах спеціального призначення моніторинг деформацій передбачений регламентом експлуатації. Моніторинг на етапі будівництва в умовах щільної міської забудови є обов'язковим впродовж всього періоду будівництва до повного затухання деформаційних процесів. Досвід спостережень свідчить, що деформаційні процеси у конструкціях

будівель і споруд можуть виникати як від зовнішніх факторів, так і від змін властивостей матеріалів у часі.

У статі наведені результати багаторічного моніторингу чотирьох об'єктів у м. Києві:

- 1) будівля бізнес-центру «IQ Business Center» по вул. Болсуновська, 13-15;
- 2) будівля бізнес-центру «101 Tower» по вул. Гетьмана Павла Скоропадського, 57;
- 3) пам'ятки культурної спадщини Національного заповідника «Софія Київська», до якого входять Софійський собор, Андріївська та Кирилівська церкви;
- 4) комплекс споруд Будинку Уряду України по вул. Михайла Грушевського, 12/2.

Публікація містить матеріали за результатами:

- моніторингу горизонтальних переміщень огороження котловану;
- моніторингу осідань фундаментів будівель та



- споруд в зоні впливу;
- моніторингу осідань фундаментів будівлі, що зводиться;
- моніторингу планового положення каркасу будівлі, що зводиться;
- спостереження зміни ширини розкриття тріщин в конструкціях споруд історико-культурної спадщини;
- моніторингу просторового положення схилу.

Представлено графічні матеріали, на яких приведено результати моніторингу за вищепереліченими параметрами, та методика проведення робіт. Надано рекомендації по підбору приладдя та методів моніторингу для забезпечення необхідної точності і достовірності результатів спостереження на основі накопиченого досвіду.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Моніторинг деформацій, геодезичні спостереження, довготривалі спостереження, нівелір, тахеометр, «SDM 50/500», осідання, розкриття тріщин, крен.

LONG-TERM MONITORING OF DEFORMATIONS OF BUILDINGS AND STRUCTURES USING GEODETIC METHODS

ABSTRACT

Monitoring deformations of buildings and structures is a complex process that takes much responsibility for performing geodetic observations over a certain period. The publication deals with objects under monitoring that have been subject to geodetic observations for more than 10 years, with observation of these objects carried out by the State Enterprise NIISK laboratory of instrumental and engineering-geodetic studies of deformations of buildings and structures.

The relevance of monitoring arises at different stages of the life cycle of buildings and structures. Historical and cultural heritage objects should be monitored for deformations as provided for in the operating regulations. Monitoring at the construction stage in conditions of dense urban development is mandatory throughout the entire construction period until the deformation processes attenuate completely. The experience of observations shows that deformation processes can occur in the structures of buildings and structures due to external factors and changes in the properties of materials over time.

The article presents the results of long-term monitoring of four objects in Kyiv, which are

- 1) the building of the "IQ Business Center" Business Centre at Bolsunovska Street, 13-15;
- 2) the building of the "101 Tower" Business Centre at Hetmana Pavla Skoropadskoho, 57;
- 3) monuments of the cultural heritage of the National Reserve "Sofia of Kyiv", which includes St. Sophia Cathedral, St. Andrew's Church and St. Cyril's Church;
- 4) a complex of structures of the Government House of Ukraine at Mykhaila Hrushevskoho

Street, 12/2.

The publication contains materials based on the results of:

- monitoring of horizontal movements of the pit fence;
- subsidence monitoring of foundations of buildings and structures in the affected area;
- subsidence monitoring of the foundations of the building under construction;
- monitoring of the planned position of the building frame under construction;
- observation of changes in the width of crack openings in structures of historical and cultural heritage objects;
- monitoring of the spatial position of the slope.

The article presents graphic materials showing the monitoring results for the above parameters and the work performance procedure. The article provides recommendations for selecting monitoring devices and methods to ensure that the observation results are accurate and reliable based on the experience gained.

KEYWORDS: monitoring deformations, geodetic observations, long-term observations, level (optical instrument), total station theodolite, «SDM 50/500», subsidence, crack openings, shift.

ВСТУП

Деформаційний процес конструкцій відбувається протягом усього життєвого циклу об'єкту. Переважно він має млявоплинний характер та незначну швидкість за умови, якщо поруч немає техногенних чинників, що можуть призвести до активізації деформаційних процесів. Найактивніша фаза деформування відбувається в період зведення будівлі (споруди), основною причиною її є стрімке навантаження фундаментів. У цей період відбувається активний розвиток деформацій.

Для цього періоду життєвого циклу будівлі (споруди), залежно від її конструктивних особливостей, встановлюються граничні значення величин деформацій [3]. Основними контрольними параметрами є: середні $S_{ave,u}$ або максимальні $S_{max,u}$ осідання, крен i_u та відносна різниця осідань $(S/L)_u$, де L – відстань між сусідніми маркам.

Якщо будівля (споруда) потрапляє в зону впливу будівництва, то при розробці проекту виконується оцінка величин додаткових деформацій з врахуванням інженерно-геологічних умов ділянки та конструкції будівлі (споруди). Отримані величини порівнюються з допустимими, регламентованими будівельними нормами [3]. Граничні значення додаткових деформацій фундаментів залежать від конструктивної схеми і технічного стану будівлі (споруди), що встановлюється за результатами обстеження.

В зоні впливу будівництва на існуючу будівлю (споруду) контролюються два основні параметри: максимальні додаткові осідання $S_{max,u}$ та відносна



різниця осідань $(S/L)_w$.

Однією з найбільш поширених причин розвитку нерівномірних деформацій будівель (споруд) є їх розміщення на ділянках зі складними інженерно-геологічними умовами, наприклад, на ділянках, складених ґрунтами з особливими властивостями, на зсувонебезпечних схилах або у сейсмічній зоні, на територіях, що підроблюються гірничими виробками.

Для особливо відповідальних споруд (стратегічного призначення, гідротехнічних, мостових переходів, тунелів, телевізійних та веж зв'язку, димових труб тощо) та будівель і споруд, що відносяться до історико-культурної спадщини (собори, монастирі, стели, монументи, музеї, театри тощо), формується регламент експлуатації. Це документ, у якому передбачається ряд запобіжних заходів, які слід виконувати, щоб зберегти експлуатаційну придатність об'єкта. Одним з таких заходів є контроль технічного стану будівлі (споруди), а також навколишньої території (контроль зсувних процесів, коливання рівня ґрунтових вод, контроль просторового положення утримуючих споруд тощо).

В обох вищезгаданих випадках у якості контролю та фіксації деформаційних процесів використовується інструментальний геодезичний моніторинг, що дозволяє за допомогою періодичних спостережень виявляти різні аспекти деформаційних процесів.

Геодезичний моніторинг деформаційних процесів споруд на етапі будівництва можна розділити на два паралельні етапи: зовнішній моніторинг та внутрішній моніторинг.

До зовнішнього моніторингу відноситься моніторинг деформацій будівель, споруд, територій, що прилягають (оточують) будівельний майданчик та знаходяться в зоні впливу. До об'єктів такого моніторингу відносяться будівлі, транспортні споруди, споруди інженерних мереж, території та утримуючі споруди тощо. В залежності від типу очікуваних деформацій та особливості геологічних умов складається обсяг та параметри моніторингу деформаційних процесів.

До внутрішнього моніторингу відноситься моніторинг просторового положення огорожувальних конструкцій котловану та будівлі (споруди), що зводиться.

До параметрів зовнішнього і внутрішнього моніторингу під час будівництва відноситься:

- осідання фундаментів прилеглої забудови;
- крени (горизонтальні переміщення) прилеглої забудови;
- розкриття тріщин в конструкціях прилеглої забудови;
- зсувні процеси ґрунтових мас (притаманні ділянкам із складним рельєфом);
- горизонтальні переміщення огорожувальних конструкцій;

- осідання фундаментів новобудови;
- крени (горизонтальні переміщення) новобудови.

На етапі експлуатації актуальність моніторингу виникає через низку причин, зокрема, внаслідок зміни технічного стану, що супроводжується проявом деформаційних процесів через вік, історичну цінність та особливості експлуатації.

До моніторингу деформаційних процесів на етапі експлуатації входить ряд параметрів, основними з яких є осідання фундаментів, розвиток кренів та розкриття тріщин. У випадку із спорудами стратегічного призначення обсяги та параметри вказуються у регламенті експлуатації (переважно це моніторинг просторового положення споруд або окремих конструкцій).

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Моніторинг деформацій будівель і споруд інженерно-геодезичними методами та іншими інструментальними технологіями регламентується чинними нормативними документами [1-4]. Удосконалення та комбінування геодезичних методів моніторингу розглядалося у публікаціях [5-8].

Темі геодезичного моніторингу деформацій будівель і споруд приділили значну увагу вітчизняні вчені геодезисти та геотехніки, такі як: Баран П.І., Войтенко С.П., Шульц Р.В., Староверов В.С., Бойко І.П., Третяк К.Р. та інші.

Стаття ґрунтується на результатах багаторічного інструментального моніторингу деформаційних процесів низки споруд [9-13, 15-20].

ДП НДІБК активно бере участь у відновленні будівель та споруд, що постраждали від воєнної агресії рф. Результати обстеження технічного стану пошкоджених будівель, інструментальних вимірювань, геодезичного моніторингу та реалізації технічних рішень представлено в публікаціях [21-26].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Головним завданням моніторингу деформацій будівель і споруд є забезпечення своєчасного, детального та достовірного інформування про розвиток небезпечних деформаційних процесів з метою вчасного їх усунення та забезпечення якісного та безпечного процесу будівництва і експлуатації. Моніторинг за технічним станом є дуже важливим, оскільки втрата експлуатаційної придатності будь-яких об'єктів є недопустимою та може призвести до катастрофічних наслідків. В першу чергу, такі явища можуть потягнути за собою втрату людських життів та завдати значних фінансових затрат на ліквідацію і відновлення. Неконтрольовані деформаційні процеси об'єктів історико-культурної спадщини можуть призвести до втрати історичної цінності та до фізичної втрати таких об'єктів.



Деформаційні процеси в конструкціях стратегічних об'єктів, що перевищують гранично допустиму величину, можуть призвести до катастрофічних наслідків для людей і призвести до значних економічних втрат та нанести шкоду довкіллю.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Моніторинг осідань фундаментів будівель і споруд виконується за допомогою різних методів та пристроїв. Досвід ДП НДІБК свідчить, що одним з найбільш зручних методів є геометричне нівелювання, що має такі переваги: висока точність, низька вартість, простота обробки вимірювання та простота аналізу результатів. За допомогою геометричного нівелювання можливо спостерігати вертикальні переміщення фундаментів, будівель та споруд, вертикальні переміщення утримуючих конструкцій та споруд (огородження котловану, підпірні стіни тощо).

Для виконання вимірювань осідань фундаментів будівель і споруд використовується точний нівелір SDL30 в комплекті з інварною рейкою BIS 20 з інтегрованим рівнем. Також важливим фактором є те, що для забезпечення мінімальної похибки визначення перевищень на станції застосовується важкий дерев'яний штатив з різьбовими закріплювачами висоти ніжок.

Моніторинг вертикальних переміщень будівель (споруд) передбачає встановлення спостережної станції, яка є мережею осадкових марок та вихідних реперів. Марки служать постійними знаками для установки на них рейки під час нівелювання. При цьому будь-яка конструкція марки повинна:

- забезпечувати можливість установки рейки при повторному нівелюванні чітко на одну й ту ж фіксовану точку;
- надавати можливість безперешкодного підходу до марки протягом всього періоду спостережень;
- мати такий виліт з площини стіни, який би забезпечував встановлення рейки у прямовисному положенні;
- мати визначену жорсткість (тобто не допускається її прогин під вагою рейки).

Вихідними даними при розташуванні осадкових марок є тип конструкції та розміри будівлі (споруди) в плані. Осадкові марки розташовуються рівномірно по всій площі фундаментів таким чином, щоб можна було зручно провести лінії рівномірних осідань. Середня відстань між марками 6–8 м.

Для забезпечення висотної основи закладаються мінімум 3–4 опорні реperi, розташовані у місцях, що не потрапляють в зону впливу та де можливий на весь період спостережень безперешкодний підхід до репера з рейкою. Це створює надійну основу для нівелірних ходів, що прокладені по марках спостережень. Наявність декількох реперів

дає можливість по спостереженнях за їх взаємним висотним положенням оцінювати ступінь стійкості кожного з реперів і найбільш стійкий вибрати в якості вихідного. Основними вимогами, висунутими до знаків планово-висотної опорної мережі, є їхня схоронність і непорушність положення протягом усього часу спостережень.

Перед виконанням кожного чергового циклу спостережень осідань будівель (споруд) проводяться контрольні виміри з визначення стійкості знаків опорної висотної мережі. Для кожного репера обчислюється середнє значення S_{ave} його осідань S , отриманих при послідовному виборі за вихідний інших реперів, за формулою:

$$S_{ave} = \frac{[S]}{n-1}, \quad (1)$$

де $[S]$ – сума змін усіх перевищень між реперами в i -тому циклі вимірювань відносно нульового.

Судження про стабільність висотного положення реперів дається на основі аналізу величини S_{ave} . Значимість середніх зсувів S_{ave} , що обчислюються для різних реперів, оцінюється за допомогою нерівності:

$$|S_{ave}| > t\mu\sqrt{R \cdot S_{ave}}, \quad (2)$$

де

t – критерій граничних помилок перевищень на одній станції;

μ – середня квадратична помилка одиниці ваги;

$R \cdot S_{ave}$ – зворотна вага величини $|S_{ave}|$.

Незмінним своє положення по висоті зберігають ті реperi, для яких величина S_{ave} менша чи дорівнює рівності (2).

За результатами спостережень використовуються усі знаки опорної вихідної мережі, котрі свого положення не змінили. Нестабільні реperi до уваги не приймаються і в зрівнюванні нівелірних мереж участі не беруть.

По закінченню польових робіт з вимірів осідань і деформацій основ фундаментів будівель (споруд) і перевірки журналів виконується камеральне оброблення отриманих результатів та їх оцінка.

Середня квадратична похибка осідання m_s із двох циклів визначається за формулою:

$$m_s = \pm\sqrt{m_1^2 + m_2^2}, \quad (3)$$

де m_1 і m_2 – середні квадратичні похибки відмітки марки ходу найбільш віддаленої від репера в першому і другому циклах спостережень.

У випадку простих одиночних ходів середня квадратична похибка відмітки в кожному циклі визначається за формулою:

$$m = \pm m_c \sqrt{n}, \quad (4)$$

де

m_c – середня квадратична похибка однієї станції для даного класу;

n – кількість станцій до найбільш віддаленої



марки ходу.

При обчисленні перевищення між марками і реперами складається схема нівелірних ходів та оцінка точності виконаних циклів спостережень.

Виконується точне вирівнювання нівелірної мережі параметричним методом. Вирівнювання виконується в два етапи.

На першому етапі проводиться вирівнювання вузлових точок за методом професора Попова [27]. Ваги ходів вираховуються по кількості штативів в ході.

На другому етапі проводиться вирівнювання окремих точок існуючих ходів.

Після обчислення поправок в перевищення виконується оцінка точності нівелювання, тобто обчислюється середня квадратична помилка одиниці ваги μ і середня квадратична помилка нівелювання на 1 км ходу m_{km} :

$$\mu = \sqrt{\frac{\rho V_0^2}{r}}, \quad (5)$$

де

V_0 – поправка в суму перевищень загального ходу;
 $\rho = n^{-1}$ – число, обернене кількості штативів на 1 км ходу;

r – кількість полігонів в циклі.

$$m_{km} = \mu \sqrt{\frac{n}{L}}, \quad (6)$$

де n / L – середнє число штативів на 1 км ходу.

Найважливішими вихідними параметрами для обчислення деформацій є швидкість та прискорення рухів вихідних геодезичних знаків, на основі яких оцінюють стійкість інженерних споруд.

Швидкість V та прискорення W визначаються за формулами:

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t}, \quad (7)$$

$$W = \frac{\Delta s}{\Delta t^2}, \quad (8)$$

де

Δs – горизонтальні або вертикальні переміщення;
 Δt – відрізок часу між суміжними повторними вимірами.

Знаючи помилки $m_{\Delta s}$ і $m_{\Delta t}$, можна вирахувати точність визначення V та W , тобто m_V та m_W .

Точність визначення швидкостей V та прискорення W вертикальних рухів залежить не лише від точності геодезичних вимірів, але й від неодноразовості вимірів, тобто від тривалості циклів.

При відомих V та W можна розрахувати доцільну періодичність проведення вимірів.

Ці частоти циклів також залежать від відстані L_j між нерухомими та мобільними точками, що досліджуються.

При V , більшому ніж 0.5 мм/рік (один цикл в рік), наприклад, при $V = 1$ мм/рік або $V = 2$ мм/рік, частоти циклів потрібно збільшувати, відповідно, в два та чотири рази.

Величина осідання фундаменту будівлі (споруди)

під кожною деформаційною маркою обчислюється як різниця між відмітками цієї марки, отриманої в останньому циклі вимірів, і відміткою, отриманою в першому циклі вимірів.

За одержаними результатами спостережень складаються зведені відомості абсолютних позначок і величин вертикальних переміщень деформаційних марок.

Спостереження за горизонтальними переміщеннями будівель і споруд виконується шляхом періодичного визначення прямокутних координат (x, y) деформаційних марок, що встановлені на конструкціях. Спостережна станція є мережею спостережних марок, встановлених по всьому периметру або по всій довжині споруди підпірної стіни чи огороження котловану. Спостережні марки встановлюються на конструкції споруди з кроком 6–8 м. Метод закріплення спостережних марок підбирається індивідуально, в залежності від умов спостереження (матеріалу конструкцій, доступу до неї тощо).

Доцільно встановлювати марки за допомогою анкерів або використовувати плівкові відбивачі. Кожна марка повинна мати постійний центр, що виконується у вигляді конічного заглиблення. Така конструкція зручна для встановлення наконечника віхи в одне й теж місце анкерних марок з вільним доступом до них. У разі встановлення відбивачів слід зосередитися на їх розмірі та якості нанесення навісної шкали, щоб забезпечити якість польових вимірювань при наведенні. Марки встановлюються таким чином, щоб їх було легко віднайти на місцевості, та, водночас, щоб ускладнити випадкове їх пошкодження і не порушити їх положення.

Кількість станцій встановлення тахеометра підбирається таким чином, щоб забезпечити трикратне візування деформаційних марок з різних станцій. Станції встановлення приладів повинні утворювати мережу трикутників або замкнутий полігон, що дозволить проводити поетапне зрівнювання та можливість відкидати випадкові похибки в процесі обробки.

Вихідна мережа повинна включати в себе віддалені орієнтири та надійно закріплені пункти поза зоною очікуваного впливу, що дає змогу контролювати стійкість спостережних пунктів за допомогою зворотної лінійно-кутової засічки.

Для вимірювань горизонтальних деформацій підібрано наступний перелік приладів: тахеометр NTS962R, що має кутову точність $2''$ та лінійну 2 мм, світловідбивальні призми на трегері з оптичним центром та призма з віхою. Призма з віхою під час вимірювань встановлюється чітко у вертикальне положення за показниками інтегрованого рівня. Будова віхи з призмою дає змогу орієнтувати її на спостерігача з будь-якої спостережної марки. Прокладання полігонометричного ходу виконується лише за допомогою триштативного методу. У якості відбивача на задню та передню



станцію слід використовувати призму на трегері з центриром, що дає змогу змінювати станції тахеометру, не знімаючи трегер. Такий підхід усуває похибку на центрування та заощаджує час на польові роботи.

Для вимірювання величин горизонтальних переміщень використовується метод прямої багаторазової лінійно-кутової засічки. Цей метод забезпечує отримання величин горизонтальних переміщень з похибкою, що не перевищує ± 2 мм.

При середній квадратичній похибці виміру кутових напрямків, рівних $m_\alpha = \pm 2''$, і відстані до контрольних марок близько 50–80 м, очікувана середня квадратична похибка поперечного лінійного переміщення буде дорівнювати:

$$m_\Delta = m_\alpha'' \cdot L / \rho'' \pm 2 \times 80000 / 206265 = \pm 0.8 \text{ мм}.$$

Розрахункова середня похибка поздовжнього лінійного переміщення (за рахунок похибки вимірювань довжин ліній) m_L складатиме ± 2 мм.

Помилка за центрування приладу m_z приймається ± 0.5 мм.

Помилка за наведення на ціль m_v приймається рівною 1 мм.

Тож, за умови рівного впливу, середньоквадратична похибка визначення координат контрольної марки складатиме:

$$m_1 = \sqrt{(m_L^2 + m_\Delta^2 + m_z^2 + m_v^2)} = \sqrt{(2 + 0.8 + 0.05 + 1)} = 2 \text{ мм}.$$

Зрівнювання мереж геодезичних вимірювань виконується в програмному середовищі RGS, яке дає змогу в ручному режимі керувати процесом зрівнювання планових мереж. Зокрема, процес урівнювання можливо виконати з урахуванням виміряних кутів та ліній, а також окремо кутів і окремо ліній, що дає змогу відстежувати та виключати грубі помилки, що виникали в процесі вимірювання.

На етапі камеральної обробки програмне середовище RGS здійснює зрівнювання мереж геодезичних вимірювань параметричним способом за методом найменших квадратів з урахуванням усіх заданих вимірювань і виводить результати зрівнювання в такі відомості:

- відомість зрівняних координат (містить зрівняні значення координат пунктів та значення дирекційних кутів та відстаней по всіх існуючих зв'язках для кожного пункту). Перевагою цього комплексу є те, що він вирізняє всі повторні вимірювання та урівнює і представляє середні значення координат.
- відомість оцінки точності (містить середньоквадратичні помилки зрівняних координат, середньоквадратичні помилки лінійних та кутових значень зв'язків).
- відомість зрівняних вимірів (містить виміряні значення, поправки до них та зрівняні зна-

чення).

Наступним етапом камерального опрацювання є порівняння координат поточного циклу з попереднім та початковим. Таким чином, різниця між координатами є величиною горизонтальних переміщень. Далі, маючи величини горизонтальних переміщень, обчислюється напрямок вектору переміщень. Фінальним камеральним опрацюванням є визначення напрямку та величини горизонтальних переміщень конструкцій огороження котловану відносно початкового положення станом на перший цикл.

Моніторинг змін ширини розкриття тріщин застосовується, в переважній більшості, на будівлях (спорудах) прилеглої забудови навколо будівництва або на об'єктах історико-культурної спадщини. Тріщиноутворення – це один з ключових параметрів, що характеризує нерівномірність осідань фундаментів будівель (споруд). Період часу, упродовж якого з'являються нові тріщини або збільшується розкриття існуючих, залежить від виду, параметрів і стану конструкцій та швидкості розвитку осідань фундаментів.

Спостережна станція для вимірювання змін ширини розкриття тріщин є системою, що містить визначену кількість спостережних пар марок із кольорового металу, установлених на конструкціях будівель і споруд (кожна з пари марок по обидва боки тріщин), а також переносного приладу «SDM 50/500» з компаратором для зняття показань величин деформацій [6, 7]. В головці кожної пари марок передбачено конічне заглиблення (гніздо) діаметром 2.5 мм, в яке встановлюється ніжка приладу (компаратора) з кульковим наконечником. Конусне заглиблення марки та кульковий наконечник ніжки приладу забезпечують надійний контакт поверхонь цих елементів в межах висоти заглиблення, завдяки чому досягається зняття показань приладу фактично без помилок.

Закладання марок здійснюється у доступні для спостережень місця, де найбільше проявились процеси тріщиноутворення.

Для зняття відліків використовується вимірювач деформацій «SDM 50/500». Прилад оснащений індикатором годинникового типу з ціною поділки 0.01 мм. Межа вимірів змін ширини розкриття тріщин – до 10 мм.

При знятті відліків по індикатору необхідно слідкувати за тим, щоб конічні заглиблення були очищеними від бруду, а виміри величин ширини тріщин брались двічі: прямий відлік та із зміною кінців бази на 180° . Перший раз шарнірна ніжка вставляється в ліву від тріщини марку, другий раз – в праву. Виконання замірів двома півприйомами дає змогу значною мірою виключити випадкову та систематичну помилки.

Величина зміни ширини тріщини визначається із різниці нульового і наступних за ним в часі відліків. При кожному вимірі бази береться відлік



на контрольній рейці. Результатом є різниця цих двох значень.

Результати спостережень заносяться в спеціальний журнал для більш повного уявлення про характер розвитку змін ширини розкриття тріщин в часі, приводяться величини змін ширини розкриття тріщин по відношенню до першого циклу вимірів. Знак «+» означає, що тріщина розкривається, знак «-», що закривається.

За отриманими результатами будуються графіки та лінії апроксимації. На графіках чітко видно, що ширина тріщин, розташованих на зовнішніх конструкціях, коливається залежно від температури довкілля (за рахунок температурних деформацій матеріалу конструкцій тріщини зимою звужуються, а літом – розширюються). Графік зміни ширини тріщин таких конструкцій подібний до синусоїди. Аналіз вимірювань свідчить, що ширина коливань може складати від ± 0.5 мм до 1 мм по абсолютній величині.

При аналізі деформацій необхідно пам'ятати про це, щоб не трактувати хибно ширину збільшення ширини тріщин в осінньо-зимовий період, оскільки відбуваються зміни кліматичних умов. Особливо це актуально для будівель (споруд) на здимальних ґрунтах, яким властиві явища усадки – набрякання.

ДОСВІД ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Досвід геодезичного моніторингу Лабораторії інструментальних та інженерно-геодезичних досліджень деформацій будівель і споруд ДП НДІБК (раніше – Групи інструментальних спостережень за деформаціями будівель) розпочинається з 90-х років минулого століття. Протягом 30 років лабораторією було виконано геодезичних робіт у складі обстеження та геодезичний моніторинг на близько п'яти сотнях об'єктів по всій території України. До них відносяться: будівництво в умовах щільної забудови (міста Київ, Одеса, Львів, Вінниця, Житомир), торговельні центри (міста Київ, Одеса, Запоріжжя, Дніпро, Львів), будівлі та споруди культурної спадщини (міста Київ, Львів, Чернігів, Одеса та АР Крим), агропромислові об'єкти – зернохословища, елеватори (міста Одеса, Козятин, Кролевець, Миронівка, Черкаси), енергетичні об'єкти (міста Київ, Запоріжжя), об'єкти транспортного сполучення

(місто Київ та Київська обл.).

З початком повномасштабного вторгнення рф, лабораторією виконується низка робіт з геодезичного інструментального обстеження технічного стану та моніторингу деформаційних процесів об'єктів, що постраждали від обстрілів (міста Київ, Буча, Ірпінь, Лютий, Чернігів).

Лабораторією виконується багаторічний (понад 10 років) моніторинг деформацій близько 10 об'єктів. У статі наведені результати багаторічного моніторингу чотирьох об'єктів у м. Києві [9-13, 15-20].

1. Будівля бізнес-центру «IQ Business Center» по вул. Болсуновській, 13–15. Будівництво розпочато в 2010 році, введено в експлуатацію – в 2013 році (рис. 1). На об'єкті моніторинг виконувався у два етапи – на стадії будівництва та на стадії експлуатації.

На стадії будівництва моніторинг включав в себе спостереження за горизонтальними переміщеннями огороження котловану та спостереження за вертикальними переміщеннями фундаментів будівлі, що зводиться [10, 11].

Необхідність моніторингу огороження котловану обумовлена складними інженерно-геологічними умовами та значною підрізкою схилу [9]. Для запобігання зсувів ґрунту в котлован та захисту прилеглої забудови по периметру котлова-



Березень 2012 р.



Червень 2012 р.



Березень 2013 р.



Жовтень 2014 р.

Рисунок 1 – Хід робіт будівництва будівлі бізнес-центру «IQ Business Center»



ну виконана підпірна стіна з буросічних паль, з'єднаних ростверком (обв'язочною балкою). Екскавація ґрунту в котловані виконувалась окремими захватками, пошарово, з поярусним улаштуванням ґрунтових анкерів. Моніторинг виконувався від влаштування обв'язувальної балки до зведення перекриття «нульової» позначки (з 21 грудня 2010 року по 28 травня 2012 року (524 дні)); всього виконано 48 циклів вимірів [10].

Результати геодезичного моніторингу планового положення конструкцій огороження котловану дали змогу контролювати та вчасно реагувати на деформаційні процеси, що виникали під час розробки котловану. Результати моніторингу представлені на рис. 2 та 3.

Актуальність моніторингу вертикальних переміщень фундаментів під час будівництва будівлі виникла за результатами оцінки деформацій фундаментів при зведенні будівлі. Ця величина оцінювалася в 34 мм [9]. Нерівномірність розрахункових осідань може викликати появу тріщин в конструкціях каркасу. Тож, моніторинг осідань фундаментів виконувався з моменту влаштування колон –3 поверху (травень 2012 року) до введення будівлі в експлуатацію, і продовжується донині [10]. Схема геометричного нівелювання представлена на рис. 4.

Загальний період моніторингу осідань фундаментів будівлі становить понад одинадцять років (з 28 травня 2012 р. по 12 липня 2023 р.). За вказаний проміжок часу проведено 81 цикл вимірювань осідань будівлі [11], результати яких наведені на рис 5.

Отримані в ході спостережень дані дають змогу зробити наступні висновки:

- за весь час спостережень вертикальні переміщення осадкових марок, встановлених на несучих конструкціях в підвальній частині будівлі, становлять від 20 до 37 мм;
- швидкість вертикальних переміщень протягом року коливається в межах 0.1–1.1 мм/місяць;
- максимальна нерівномірність осідань складає 0,0008, при гранично допустимій величині для даного типу будівлі 0,002;
- отримані результати вимірювань дають змогу стверджувати, що станом на липень 2023 року не зафіксовано деформацій, які б могли призвести до зниження експлуатаційних якостей будівлі. Спостерігається млявоплинний розвиток висотного положення будівлі. Найвні незначні прирости вертикальних переміщень, імовірно, є наслідком природнього процесу стабілізації основи будівлі.

2. Будівля бізнес-центру «101 Tower» по вул. Гетьмана Павла Скоропадського, 57 (рис. 6). Будівництво розпочато в 2008 році, введено в експлуатацію – у 2012 році. Інженерно-геодезичний моніторинг виконувався в два етапи: на стадії будівництва та в процесі експлуатації. Моніторинг

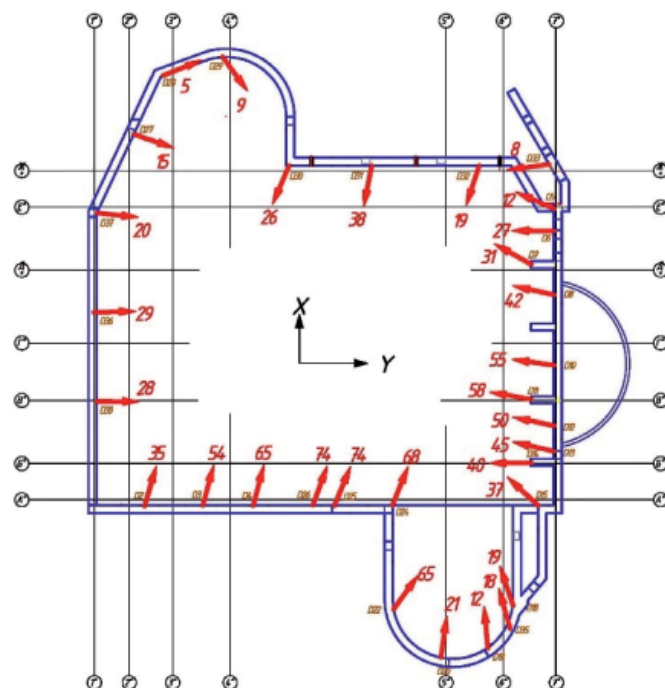


Рисунок 2 – Сумарні горизонтальні переміщення за результатами моніторингу деформаційних марок, встановлених на обв'язувальній балці огороження котловану

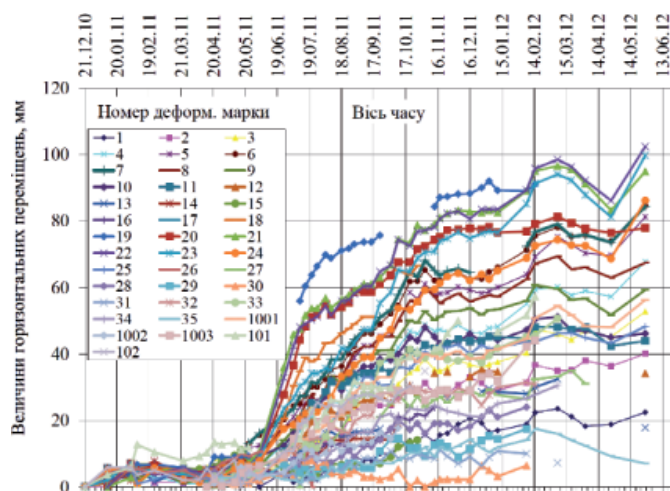


Рисунок 3 – Графік розвитку в часі горизонтальних переміщень деформаційних марок, встановлених на обв'язувальній балці огороження котловану

на стадії будівництва включав в себе роботи по моніторингу деформацій прилеглої забудови та, власне, деформацій фундаментів новобудови [12].

На етапі експлуатації моніторинг виконувався за плановим положенням каркасу будівлі (моніторинг крену) та моніторинг осідання фундаментів [13].

Необхідність робіт з геодезичного моніторингу обумовлена вимогами нормативних документів, що регламентують моніторинг технічного стану

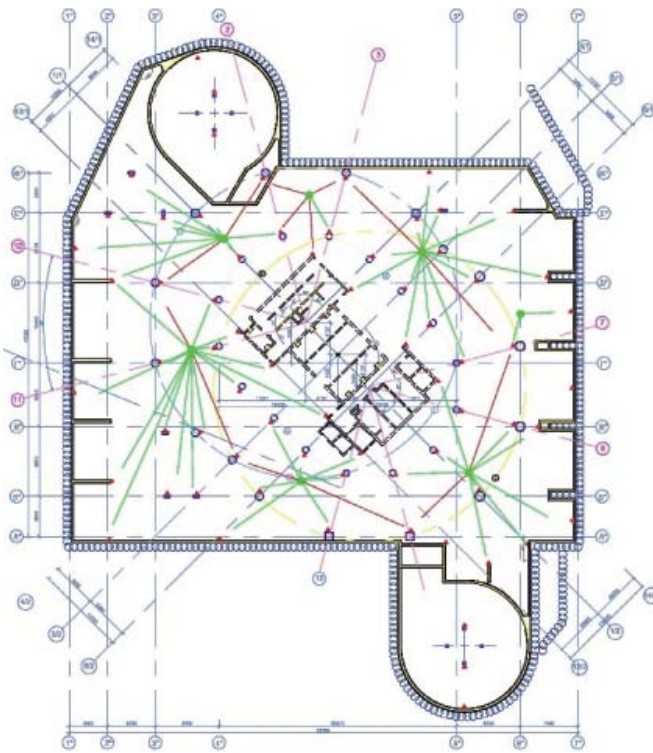


Рисунок 4 – Схема розташування осадових марок та схема нівелірного ходу на –3 поверсі



Рисунок 6 – Загальний вигляд будівлі бізнес-центру «101 Tower»

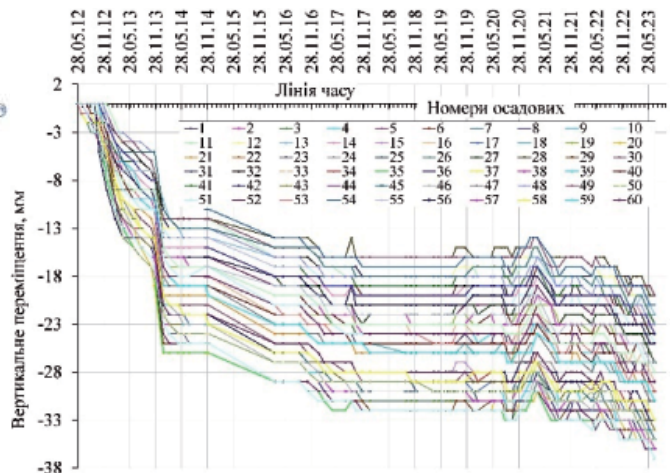


Рисунок 5 – Графік розвитку в часі вертикальних переміщень осадових марок, встановлених у підвальній частині будівлі

існуючих будівель щільної міської забудови в зоні впливу нового будівництва та з метою попередження неприпустимих деформацій і забезпечення нормальних експлуатаційних якостей прилеглої забудови.

Об'єктами моніторингу існуючої забудови було 5 будівель (№№ 55 та 55А по вул. Гетьмана Павла Скоропадського, №№ 3 і 6 по вул. Гайдара та № 83/53 по вул. Жиянській) та проїжджа частина вулиці здовж вул. Гетьмана Павла Скоропадського. Ситуаційна схема представлена на рис. 7.

До складу робіт входив моніторинг осідань фундаментів будівель та просідання покриття вулиці, спостереження змін ширини розкриття тріщин та визначення кренів будівель. Вимірювання проводилися з 09 серпня 2008 року по 19 березня 2012 року (1318 днів). Виконано 66 циклів комплексного спостереження.

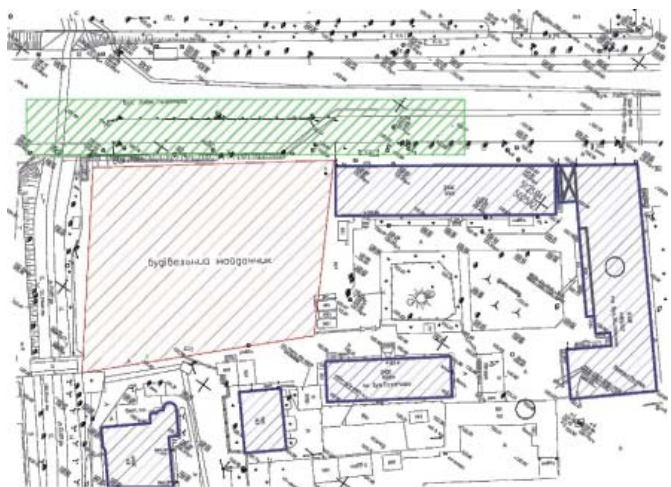


Рисунок 7 – Ситуаційна схема взаємного розташування будівель оточуючої забудови



Спостереження за осіданнями фундаментів будівлі розпочалося одразу після влаштування колон другого поверху (з 04 червня 2010 року) і триває досі. Періодичність вимірювання в процесі зведення – щомісячна, після введення в експлуатацію – щоквартальна. Загалом, станом на 2023 рік, виконано 76 циклів вимірювань осідань фундаментів. Термін моніторингу становить 4535 дні (12,4 роки). За результатами моніторингу побудовано ортогональну модель вертикальних переміщень ядра жорсткості (рис. 8) та графік швидкостей вертикальних переміщень осадкових марок, встановлених на ядрі жорсткості (рис. 9).

Для моніторингу планового положення каркасу будівлі геодезичними методами використано штатні призмкові відбивачі у якості спостережних марок (рис. 10), які вмонтовані в жорстку конструкцію каркасу на фасадних системах.

Світловідбивачі закріплені на двох взаємно перпендикулярних площинах – на південно-західному та південно-східному фасадах, на відносних відмітках +20.000, +58.000 та + 94.000 (рис. 11 і 12).

Моніторинг планового положення каркасу будівлі розпочато після зведення фасадних систем (з 27 липня 2012 року) і триває досі.

Внаслідок масового ракетного удару 10 жовтня 2022 року будівля бізнес-центру була пошкоджена (рис. 13). Наразі експлуатацію будівлі призупинено. Відновлення поки що не проводиться.

3. Пам'ятки культурної спадщини Національного заповідника «Софія Київська». Об'єктами моніторингу, що здійснює ДП НДІБК, є Софійський собор, Андріївська та Кирилівська церкви в місті Києві (рис. 14).

Собор святої Софії – Премудрості Божої, Софія Київська або Софійський собор – християнський собор в центрі Києва, пам'ятка української архітектури та монументального живопису другого десятиріччя XI ст. (1011–1018 р.р.). Одна з небагатьох уцілілих споруд часів Київської Русі. Найкращим підтвердженням своєї високої історичної й духовної місії є сам Софійський собор, що зберігає чудову давню архітектуру і найповнішу у світі галерею оригінальних мозаїк і фресок XI ст. – 260 кв. м мозаїк і 3000 кв. м фресок, які є справжніми шедеврами світового мистецтва.

Андріївська церква збудована у 1747–1762 роках у стилі «бароко» за проектом видатного архітектора Ф.-Б. Растреллі. Андріївська церква є однією з чотирьох пам'яток України, що увійшли до каталогу «100 чудес світу», виданого в Німеччині у 2002 році. Вона давно вже стала візитною карткою міста та зразком для наслідування у будівництві культових споруд.

Унікальність Кирилівської церкви, перш за все, полягає в її достеменності – це другий храм у Києві (після Софії Київської), що зберігся до наших днів з далеких часів Київської Русі. Пам'ятка була засно-

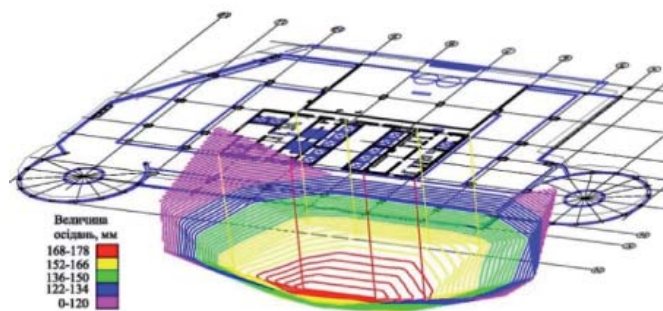


Рисунок 8 – Графік швидкостей вертикальних переміщень осадкових марок, встановлених на ядрі жорсткості будівлі

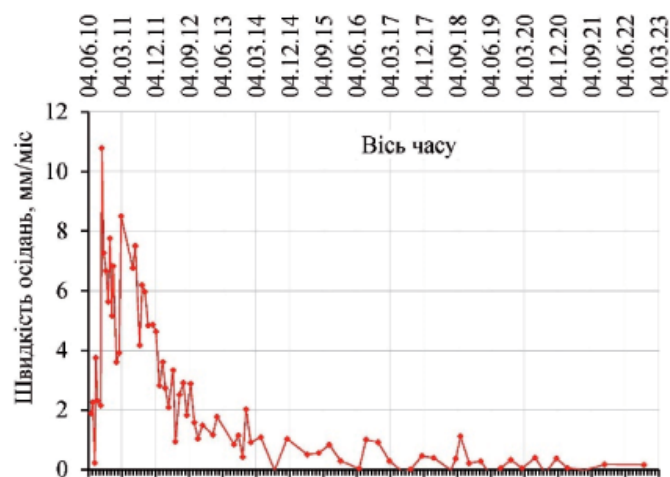


Рисунок 9 – Ортогональна модель вертикальних переміщень фундаментів висотної будівлі за 12 років моніторингу



Рисунок 10 – Призмкові відбивачі



Рисунок 11 – Відбивачі на південно-західному фасаді будівлі



Рисунок 12 – Відбивачі на південно-східному фасаді будівлі



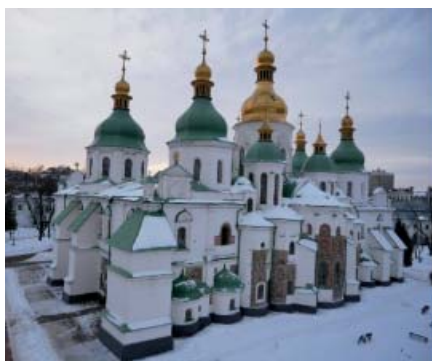
Рисунок 13 – Стан будівлі бізнес-центру «101 Tower» на осінь 2023 р.

вана у XII ст. і збереглася до наших днів у майже первісному вигляді. Храм зберіг свою архітектуру та живопис, серед якого – 800 кв. м фресок XII ст. з унікальними сюжетами, твори видатного художника Михайла Олександровича Врубеля, роботи відомих та невідомих українських художників XIX ст.

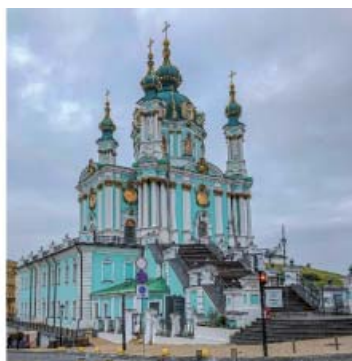
Дія техногенного середовища, що створювалося протягом тисячі років існування Храмів, відобразилася на технічному стані споруд заповідника. Внаслідок нерівномірних деформацій з'явилися тріщини, точний період появи яких не встановлено.

Моніторинг тріщин будівель – пам'яток культурної спадщини, які входять до складу Національного заповідника «Софія Київська», проводиться за регламентом експлуатації, розробленим для збереження історико-культурного надбання України.

Для виконання моніторингу 15 листопада 2002 року на спорудах Храмів (Софійський собор і Дзвіниця, Андріївська та Кирилівська церкви) були встановлені спостережні станції (рис. 15 і 16), взятий нульовий відлік та розпочатий моніторинг



Софійський собор



Андріївська церква



Кирилівська церква

Рисунок 14 – Пам'ятки культурної спадщини Національного заповідника «Софія Київська», за якими виконується інструментальний моніторинг



змін ширини розкриття тріщин в конструкціях будівель.

Метою моніторингу є:

- визначення величин змін ширини розкриття тріщин в конструкціях Храмів в часі;
- аналіз виявлених деформацій і зони їх поширення.

Спостереження за розкриттям тріщин виконувалися з 2002 по 2006 роки [16], пізніше, в 2014 році, вимірювання відновлено і тривали до 2021 року [17, 18]. Загальний термін моніторингу в часі становить 19 років.

За весь період інструментальних спостережень виконано 24 цикли визначення змін ширини розкриття тріщин в конструкціях будівель заповідника «Софія Київська», 27 циклів визначення змін ширини розкриття тріщин в конструкціях Андріївської церкви, 26 циклів визначення

змін ширини розкриття тріщин в конструкціях Кирилівської церкви.

По Софійському Собору та Дзвіниці зміни ширини розкриття тріщин циклічні, в залежності від пори року. Чіткої тенденції до стабільного збільшення розкриття тріщин не спостерігається (рис. 17). Аналіз розташування тріщин, по яким зафіксовано найбільшу ширину розкриття та найбільші їх прирости, не виявляє ділянок стійкого деформування у плані будівлі. Основний фактор коливання ширини розкриття тріщин пов'язаний з коливаннями температурно-вологісного режиму. Графік залежності представлено на рис. 18.



Рисунок 15 – Спостережна станція для замірів ширини розкриття тріщин на конструкціях Софійського собору (східний фасад)

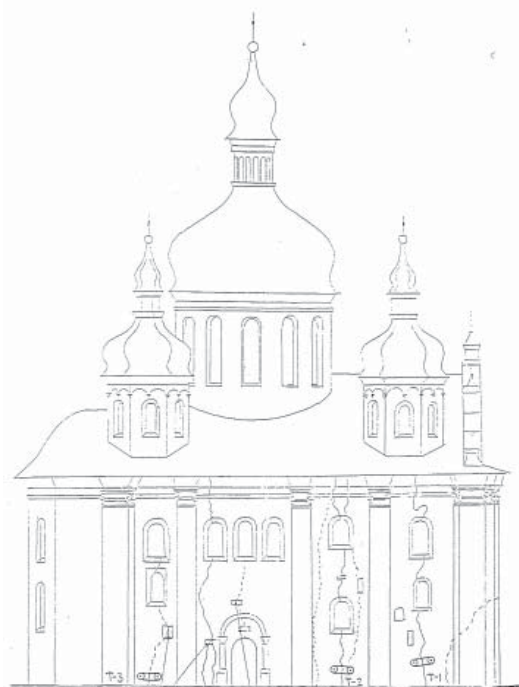


Рисунок 16 – Спостережна станція для замірів ширини розкриття тріщин на конструкціях Кирилівської церкви (північний фасад)

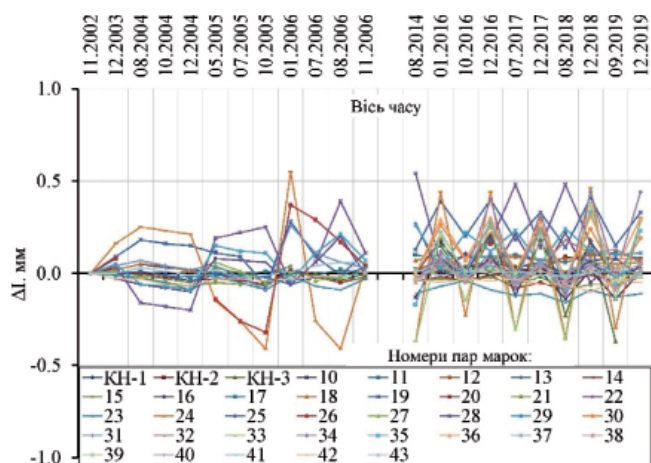


Рисунок 17 – Графік змін в часі ширини розкриття тріщин в конструкціях будівель Софійського собору

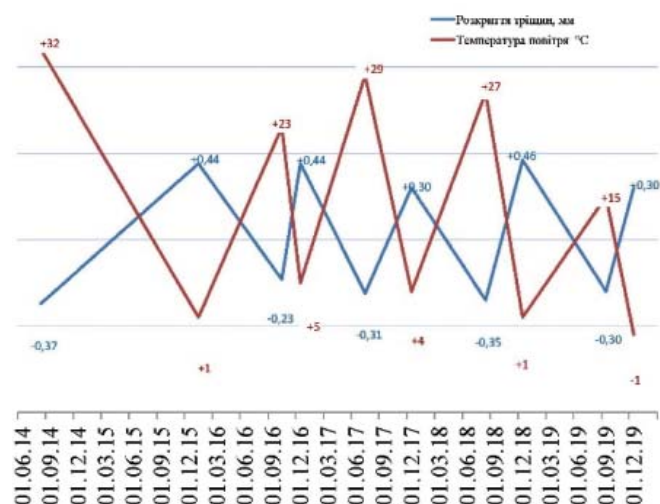


Рисунок 18 – Графік залежності розкриття тріщин від температури повітря



По Кирилівській церкві зміни ширини розкриття тріщин незначні за величиною, циклічні в залежності від пори року. По деяким тріщинам простежується незначне по величині, але стабільне збільшення ширини розкриття. Імовірною причиною розвитку зазначених деформацій є млявоплинне осідання північно-східного кута церкви.

По Андріївській церкві зміни ширини розкриття тріщин незначні за величиною, циклічні, залежні від пори року (температурно-вологісного режиму).

Тож, здебільшого, коливання розкриття-закриття тріщин пам'яток історико-культурної спадщини викликані зміною температурно-вологісного режиму, що є нормою для вікових тріщин.

4. Комплекс споруд Будинку Уряду України по вул. Михайла Грушевського, 12/2. Об'єкт інструментальних досліджень – комплекс споруд Будинку Уряду України (рис. 19), прилегла з північно-західного боку територія та будівля флігеля. Основна споруда – це Головний корпус Будинку Уряду, зведений в 1936–1938 р.р. у стилі «сталінський ампір» (монументалізм), що своїм напівкруглим фасадом розгорнутий в бік вул. Михайла Грушевського. Головний фасад будівлі рівномірно розчленований високими колонами коринфського ордера, з капітелями (висотою 2.5 м), бази яких відлиті з чавуну. Нижні поверхи будівлі облицьовані великорозмірними блоками тульчинського лабрадориту, а цоколі, пояски та портали – полірованим гранітом (рис. 20).

В процесі експлуатації комплексу споруд Будинку Уряду України в несучих конструкціях будівель почали з'являтися тріщини.

Задачами досліджень є проведення інструментальних спостережень за:

- осіданням фундаментів будівель комплексу споруд Будинку Уряду України;
- станом тріщин (зміни ширини розкриття) в

конструкціях комплексу споруд;

- просторовим положенням поверхневих марок, розміщених на брівці Прем'єрського саду;
- прогинами стелі у Великій залі засідань Уряду України;
- прогинами ферм покриття над Великою залою засідань Уряду України;
- горизонтальними переміщеннями підпірної стінки вздовж нижньої частини схилу внутрішнього саду; вздовж паркувальної ділянки;
- горизонтальними переміщеннями флагштоків та вертикальними переміщеннями ганку (1–3 під'їздів) Будинку Уряду України вздовж вул. Михайла Грушевського, 12/2.

Аналіз матеріалів інструментальних інженерно-геодезичних спостережень за деформаціями несучих конструкцій комплексу споруд Будинку Уряду України та прилеглої території за весь період спостережень з 2003 по 2023 роки (загалом, виконано 146 циклів інструментальних спостережень [19, 20]) дає змогу зробити такі висновки:

- триває млявоплинний процес нерівномірного осідання Головного корпусу, лівого та правого крил Будинку Уряду України з незначними стабілізаційними періодами (рис. 21). Можливою причиною розвитку осідань є сезонне або техногенне коливання рівня ґрунтових вод, що спричиняє замочування лесових ґрунтів основи фундаментів. Непрямим підтвердженням цього є постійне розтріскування та просідання асфальтового покриття внутрішнього двору. Характер розкриття тріщин складний, що свідчить про виникнення в несучих та огорожуючих конструкціях будівель додаткових напружень.
- величини та характер розвитку переміщень



Рисунок 19 – Ситуаційна схема взаємного розташування комплексу споруд Будинку Уряду України



Рисунок 20 – Загальний вид Головного корпусу Будинку Уряду України з перехрестя вулиць Михайла Грушевського та Садової

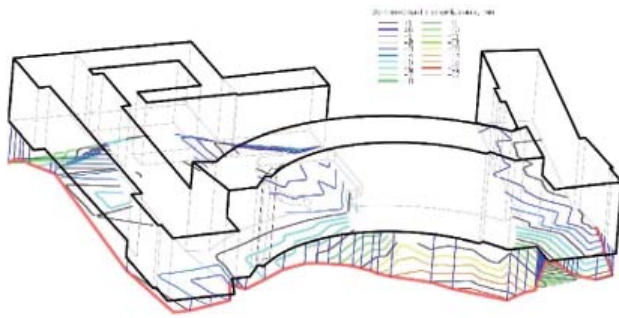


Рисунок 21 – Результати вертикальних переміщень фундаментів комплексу споруд Будинку Уряду України

брівки схилу по Музейному провулку свідчать про продовження зсувних процесів (рис. 22). Наявні незначні горизонтальні переміщення підпірної стіни, що розташована вздовж нижньої частини схилу Прем'єрського саду, свідчать про млявоплинний розвиток зсувних процесів.

ВИСНОВКИ

У статті описано методичний підхід до інструментального геодезичного моніторингу деформаційних процесів будівель і споруд, що будуються, знаходяться в зоні впливу нового будівництва, а також пам'яток історико-культурної спадщини і архітектури. Геодезичний моніторинг під час проведення будівельних робіт регламентується діючими нормативними документами та дає змогу відстежувати деформаційні процеси, що можуть призвести до аварійних ситуацій, та попереджати їх виникнення. Геодезичний моніторинг на об'єктах-пам'ятках історико-культурної спадщини та архітектури дає змогу вчасно виявити розвиток деформаційних процесів, дослідити причини їх появи та розробити заходи щодо їх усунення з метою збереження таких об'єктів. Отримані результати геодезичного моніторингу вікових об'єктів дають дані для виявлення причин млявоплинних деформацій на унікальних об'єктах.

У статті наведено результати багаторічного геодезичного моніторингу будівель і споруд різних конструктивних схем і віку та описано методи спостережень за деформаційними процесами.

Досвід лабораторії інструментальних та інженерно-геодезичних досліджень деформацій будівель і споруд ДП НДІБК дає підстави зробити такі висновки:

- для моніторингу деформаційних процесів найкраще підходять геодезичні методи;
- моніторинг осідань будівель і споруд рекомендується здійснювати шляхом геометричного нівелювання короткими променями;
- спостереження за плановим положенням будівель і споруд слід виконувати за допомогою тахеометрії, для підвищення точності

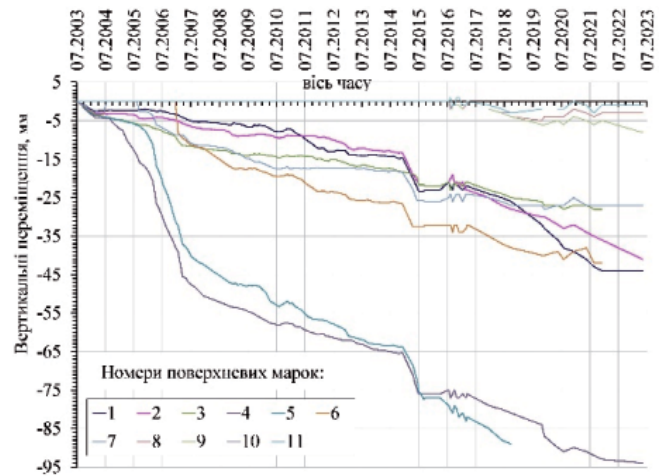


Рисунок 22 – Графік вертикальних переміщень поверхневих пунктів, розміщених на брівці схилу по Музейному провулку, в часі

рекомендується використовувати триштативну систему прокладання ходів;

- найбільш точні і достовірні результати моніторингу ширини розкриття тріщин отримуються за допомогою переносного приладу «SDM 50/500» з компаратором;
- геодезичні спостереження існуючої забудови в зоні впливу будівництва слід розпочинати до його початку, що дає можливість зафіксувати початкове положення конструкцій;
- моніторинг деформацій будівель і споруд прилеглої забудови слід проводити до завершення будівельних робіт на майданчику або до повної стабілізації деформаційних процесів;
- спостереження за вертикальними переміщеннями фундаментів новобудови слід розпочинати одразу після влаштування вертикальних елементів цокольного поверху;
- геодезичний моніторинг слід виконувати комплексно (осідання, крени, зміна ширини тріщин);
- спостереження за об'єктами історико-культурної спадщини слід виконувати за регламентом експлуатації з періодичністю не менше 4 циклів на рік.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН В.1.3-2:2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 55 с.
2. ДБН В.2.1-5-2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.
3. ДБН В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.
4. ДБН А.2.1-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва. Київ: Мінрегіонбуд



- України, 2008. 76 с.
5. Ishchenko, Y., Slyusarenko, Y., Melashenko, Y., Yakovenko, M., Ben I. Геотехнічний моніторинг в умовах ущільненої міської забудови. Наука та будівництво. 2020. № 25(3). С. 13-25. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v25i3.2>
 6. Яковенко, М., Нестеренко, О., Зорін, Є., Бень, І. Моніторинг сезонного розкриття тріщин на прикладі Національного заповідника «Софія Київська». Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування. 2021. № (61). С. 276–291. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.61.276-291>
 7. Яковенко М. Аналіз залежності сезонного розкриття тріщин в залежності від умов навколишнього середовища на прикладі Київського собору святої Софії. ВМС-2020 – International Scientific-Practical Conference of young scientists «BuildMaster-Class-2020»: матеріали наук.-практ. конф. Київ, 2020. С. 152-153.
 8. Яковенко М., Нестеренко О. Огляд видів геодезичного моніторингу будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2020. № 55. С. 341-350.
 9. Червинський Я. Проверочные расчеты железобетонных конструкций объекта строительства «Офисный центр с встроенными и пристроенными помещениями и заведениями общественного питания с подземными и надземными паркингами по ул. С. Струтинского, 13–15 в Печерском районе г. Киева». Отчет о научно-технической работе. Київ: ДП НДІБК, 2012.
 10. Матвеев І. Інженерно-геодезичні вимірювання деформацій ростверку огорожі котловану при будівництві об'єкта «Офісний центр з вбудованими та прибудованими приміщеннями та закладами громадського харчування з підземним та надземним паркінгами із знесенням існуючих будівель та споруд на вул. С. Струтинського, 13–15 в Печерському районі м. Києва. Звіт про НТР. Київ: ДП НДІБК, 2012.
 11. Мелашенко Ю. Продовження інженерно-геодезичних вимірювань осідань фундаментів споруди «IQ Business center» на вул. Болсуновській, 13–15 в Печерському районі м. Києва. Звіт про НТР. Київ: ДП НДІБК, 2023.
 12. Матвеев І. Моніторинг за осіданнями торговельно-офісного центру з підземними та надземними паркінгами, будівництво якого ведеться за адресою: вул. Льва Толстого, 57 в Голосіївському районі м. Києва, а також будівель та споруд за адресами: вул. Льва Толстого, 55; 55а; вул. Жилянська, 83/53; вул. Гайдара, 3 і 6, прилеглих до об'єкта. Звіт про НТР. Київ: ДП НДІБК, 2011.
 13. Бамбура А. Продовження робіт з моніторингу напружено-деформованого стану конструкцій експериментальної будівлі торговельно-офісного центру «101 Tower» з підземним та надземним паркінгами, що споруджено в Голосіївському районі м. Києва, на вулиці Л. Толстого, 57. Звіт про НТР. Київ: ДП НДІБК, 2022.
 14. Яковенко М., Зорін Є. Геодезичний контроль стійкості фундаментів при будівництві та експлуатації висотної будівлі за індивідуальним проектом. Будівлі та споруди спеціального призначення: сучасні матеріали та конструкції: матеріали ІІІ наук.-практ. конф., м. Київ, 22-23 квітня 2021. Київ, 2021. С. 93–94.
 15. Матвеев І. Створення спостережної станції за тріщинами в конструкціях Софійського Собору та Дзвіниці і проведення спостережень за ними. Звіт про НТР. Київ: ДП НДІБК, 2003.
 16. Матвеев І. Проведення спостережень за станом тріщин в конструкціях Софійського собору, Дзвіниці, Андріївської та Кирилівської церков у м. Києві. Звіт про НТР. Київ: ДП НДІБК, 2006.
 17. Мелашенко Ю. Інженерно-технічний нагляд за деформаціями (тріщинами) будівель Національного заповідника «Софія Київська». Звіт про НТР. Київ: ДП НДІБК, 2015.
 18. Мелашенко Ю. Проведення комплексу робіт по геодезичному моніторингу на об'єктах Національного заповідника «Софія Київська» (стан тріщин). Звіт про НТР. Київ: ДП НДІБК, 2021.
 19. Матвеев І. Проведення інструментальних спостережень технічного стану комплексу споруд Будинку Уряду України (Головний корпус, флігель, корпус № 2, територія комплексу) на вул. М. Грушевського, 12/2 в м. Києві, (Частина 1). Звіт про НТР. Київ: ДП НДІБК, 2004.
 20. Мелашенко Ю. Інструментальне спостереження за технічним станом комплексу споруд Будинку Уряду України (Головний корпус, флігель, територія комплексу) на вул. Михайла Грушевського, 12/2 та клубу Кабінету Міністрів України на вул. Інститутській, 7 у Печерському районі м. Києва. Книга 2. Інструментальні спостереження за деформаціями комплексу будівель та споруд Будинку Уряду України на вул. Михайла Грушевського, 12/2 у м. Києві. Звіт про НТР. Київ: ДП НДІБК, 2023.
 21. Яковенко М. Щодо питань геодезичного обстеження будівель, що постраждали внаслідок



- воєнної агресії російської федерації. Наука та будівництво. 2023. № 33(3-4). <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-4>
22. Лісений, О., Глуховський, В., Мар'єнков, М., Дубовик, С., Любченко, І., & Яковенко, М. Обстеження, оцінка технічного стану та умови відновлення житлового будинку на Проспекті В. Лобановського, 6-а в м. Києві, пошкодженого внаслідок воєнних дій. Наука та будівництво. 2023. № 33 (3-4). <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-6>
23. Любченко, І., Фаренюк, Г., Рубан, Ю. Обстеження та аварійно-відновлювальні роботи на об'єктах, які зазнали пошкодження внаслідок збройної агресії російської федерації. Наука та будівництво. 2023. № 33(3-4). <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-5>
24. Табаркевич, Н., Сергійчук, В., Белоконь, А., Табаркевич, О. Особливості обстеження та оцінки технічного стану житлового будинку, пошкодженого внаслідок військових дій, щодо його придатності до подальшої експлуатації. Наука та будівництво. 2023. № 35 (1). URL: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-1-2023-4>
25. Мелашенко, Ю., Слюсаренко, Ю., Іщенко, Ю., Павлюк, Є. Досвід обстеження панельних будинків, пошкоджених внаслідок бойових дій. Наука та будівництво. 2023. № 36(2). <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-5>
26. Зорін, Є., Яковенко, М., Бень, І. Геодезичний моніторинг часових змін деформованого стану під час відновлення будівлі/споруди, що постраждала від бойових дій внаслідок воєнної агресії рф. Наука та будівництво. 2023. № 36(2). <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-6>
27. Войтенко С. П., Шульц Р. В., Кузмич О. Й., Кравченко Ю. В. Математичне оброблення геодезичних вимірів. Київ: Знання, 2015.
- for Construction. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
5. Ishchenko, Y., Slyusarenko, Y., Melashenko, Y., Yakovenko, M., & Ben, I. (2020). Geotechnical monitoring in conditions of dense urban development. *Science and Construction*, 25(3), 13-25. Retrieved from <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v25i3.2>
6. Yakovenko, M., Nesterenko, O., Zorin, Y., & Ben, I. (2021). Monitoring of seasonal crack opening using the example of the National Reserve "Sofia Kyivska". *Contemporary Issues in Architecture and Urban Planning*, (61), 276–291. Retrieved from <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.61.276-291>
7. Yakovenko, M. (2020). Analysis of the seasonal cracking pattern dependence on environmental conditions using the example of St. Sophia's Cathedral in Kyiv. In *BMC-2020 – International Scientific-Practical Conference of young scientists 'BuildMaster-Class-2020': Materials of the scientific-practical conference* (pp. 152-153). Kyiv.
8. Yakovenko, M., & Nesterenko, O. (2020). Overview of geodetic monitoring methods for buildings and structures in complex engineering-geological conditions. *Contemporary Issues in Architecture and Urban Planning*, (55), 341-350. Retrieved from <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2019.55.341-350>
9. Chervinskiy, Y. (2012). Verification calculations of reinforced concrete structures for the construction project 'Office Center with integrated and attached premises and catering establishments with underground and above-ground parking on S. Strutynskogo Street, 13–15 in the Pechersk district of Kyiv.' Report on scientific and technical research. Kyiv: State Enterprise 'State Research Institute of Building Constructions'
10. Matviiev, I. (2012). Engineering-geodetic measurements of deformations of the retaining wall during the construction of the 'Office Center with integrated and attached premises and catering establishments with underground and above-ground parking, including the demolition of existing buildings and structures on S. Strutynsky Street, 13–15 in the Pechersk district of Kyiv.' Research report. Kyiv: State Enterprise 'State Research Institute of Building Constructions'
11. Melashenko, Y. (2023). Continuation of engineering-geodetic measurements of settlement of foundations for the 'IQ Business Center' building at 13-15 Bolsunovska Street in the Pechersk district of Kyiv. Research report. Kyiv: State Enterprise 'State Research Institute of Building Constructions'
12. Matviiev, I. (2011). Monitoring of settlements for

REFERENCES

1. DBN V.1.3-2:2010. (2010). System for Ensuring Accuracy of Geometric Parameters in Construction. *Geodetic Works in Construction*. Kyiv: Ministry of Regional Development, Building, and Housing of Ukraine.
2. DBN V.2.1-5-2007. (2008). System of Reliability and Safety Assurance for Construction Objects. *Scientific and Technical Support for Construction Objects* Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
3. DBN V.2.1-10-2018. (2018). Foundations and Bases of Structures. General Provisions. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
4. DBN A.2.1-1-2008. (2008). Surveys, Design, and Territorial Activity. *Engineering Surveys*



the commercial-office center with underground and above-ground parking at 57 Lva Tolstogo Street in the Holosiivskyi district of Kyiv, as well as buildings and structures at the following addresses: 55 Lva Tolstoho Street; 55a Lva Tolstoho Street; 83/53 Zhylianska Street; 3 and 6 Haidara Street, adjacent to the object. Research report. Kyiv: State Enterprise 'State Research Institute of Building Constructions'

13. Bambura, A. (2022). Continuation of work on monitoring the stress-deformed state of structures of the experimental building of the commercial-office center '101 Tower' with underground and above-ground parking, located in the Holosiivskyi district of Kyiv, at 57 L. Tolstogo Street. Research report. Kyiv: State Enterprise 'State Research Institute of Building Constructions'
14. Yakovenko, M., & Zorin, Y. (2021). Geodetic control of the stability of foundations in the construction and operation of a high-rise building according to an individual project. In Special-purpose buildings and structures: Modern materials and constructions: Materials of the III scientific-practical conference (pp. 93-94). Kyiv.
15. Matviiev, I. (2003). Establishment of an observation station for cracks in the structures of St. Sophia's Cathedral and the Bell Tower and conducting observations of them. Research report. Kyiv: State Enterprise 'State Research Institute of Building Constructions'
16. Matviiev, I. (2006). Monitoring the condition of cracks in the structures of St. Sophia's Cathedral, the Bell Tower, Andriivska Church, and Kyrylivska Church in Kyiv. Research report. Kyiv: State Enterprise 'State Research Institute of Building Constructions'
17. Melashenko, Y. (2015). Engineering-technical supervision of deformations (cracks) in the buildings of the National Reserve 'Sofia Kyivska.' Research report. Kyiv: State Enterprise 'State Research Institute of Building Constructions'
18. Melashenko, Y. (2021). Conducting a complex of geodetic monitoring works at the objects of the National Reserve 'Sofia Kyivska' (condition of cracks). Research report. Kyiv: State Enterprise 'State Research Institute of Building Constructions'
19. Matviiev, I. (2004). Conducting instrumental observations of the technical condition of the complex of buildings of the Government House of Ukraine (Main Building, Wing, Building No. 2, complex territory) at 12/2 M. Hrushevskoho Street in Kyiv (Part 1). Research report. Kyiv: State Enterprise 'State Research Institute of Building Constructions'
20. Melashenko, Y. (2023). Instrumental observation of the technical condition of the complex of

buildings of the Government House of Ukraine (Main Building, Wing, complex territory) at 12/2 Mykhaila Hrushevskoho Street and the Cabinet of Ministers of Ukraine club at 7 Instytutska Street in the Pechersk district of Kyiv (Book 2). Instrumental observations of deformations in the complex of buildings and structures of the Government House of Ukraine at 12/2 Mykhaila Hrushevskoho Street in Kyiv. Research report. Kyiv: State Enterprise 'Research and Design Institute of Building Structures.'

21. Yakovenko, M. (2023). Regarding issues of geodetic survey of buildings affected by the military aggression of the Russian Federation. *Science and Construction*, 33(3-4). Retrieved from <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-4>
 22. Lisenyi, O., Glukhovskiy, V., Marienkov, M., Dubovyk, S., Liubchenko, I., & Yakovenko, M. (2023). Survey, assessment of the technical condition, and conditions for the restoration of the residential building at 6a V. Lobanovsky Avenue, Kyiv, damaged as a result of military actions. *Science and Construction*, 33(3-4). Retrieved from <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-6>
 23. Liubchenko, I., Farenjuk, G., & Ruban, Y. (2023). Survey and emergency-restorative works on objects damaged as a result of the armed aggression of the Russian Federation. *Science and Construction*, 33(3-4). Retrieved from <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-5>
 24. Tabarkevych, N., Sergiychuk, V., Belokon, A., & Tabarkevych, O. (2023). Features of survey and assessment of the technical condition of a residential building damaged as a result of military actions for its suitability for further operation. *Science and Construction*, 35(1). Retrieved from <https://doi.org/10.33644/2313-6679-1-2023-4>
 25. Melashenko, Y., Slyusarenko, Y., Ishchenko, Y., & Pavliuk, Y. (2023). Experience in the inspection of panel buildings damaged as a result of combat actions. *Science and Construction*, 36(2). <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-5>
 26. Zorin, Y., Yakovenko, M., & Ben, I. (2023). Geodetic monitoring of temporal changes in the deformed state during the restoration of a building/structure damaged as a result of combat actions due to the military aggression of the Russian Federation. *Science and Construction*, 36(2). <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-6>
 27. Voytenko S. P., Shultz R. V., Kuzmich O. Y., Kravchenko Y. V. Mathematical processing of geodetic measurements. Kyiv: Znannia, 2015.
- Стаття надійшла до редакції 10.07.2023



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-9>

УДК 626.8 (075.8)



ОКСЕНЬ Є. І.

Доктор техн. наук, провідний науковий співробітник ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: eioksen@gmail.com, тел.: +38 (050) 674-47-78, ORCID: 0000-0003-1075-6840



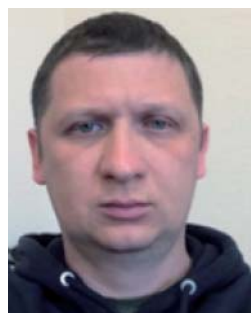
ТИТАРЕНКО В. А.

Канд. техн. наук, старший науковий співробітник, завідувач відділення ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: 0679199507@ukr.net, тел.: +38 (067) 919-95-07, ORCID: 0000-0001-9746-2399



ДОМБРОВСЬКИЙ Я. І.

Завідувач лабораторії ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: 355niisk356@gmail.com, тел.: +38 (067) 420-57-55, ORCID: 0000-0003-0687-1256



СТЕПАНЧУК С. В.

Старший науковий співробітник ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: serij19071982@gmail.com, тел.: +38 (097) 645-38-70, ORCID: 0000-0002-5591-1827



ШУМІНСЬКИЙ В. Д.

канд. техн. наук, провідний науковий співробітник ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: shumikvd@gmail.com, тел.: +38 (096) 617-55-70, ORCID: 0000-0002-8751-1983

ОСОБЛИВОСТІ ОБСТЕЖЕННЯ МОСТОВИХ СПОРУД КИЇВСЬКОЇ ГЕС

АНОТАЦІЯ

Мостові споруди Київської ГЕС складаються з мосту через Київську ГЕС та мосту через судноплавний шлюз. Міст через Київську ГЕС розташований на биках вздовж водозливів, суміщених з будівлею Київської ГЕС з боку нижнього б'єфу. Повна довжина мосту по граням опор – 287,6 м; повна ширина мосту – 14,87 м.

В статті досліджено процес втрати залишкового ресурсу та зміни експлуатаційного стану мостових споруд Київської ГЕС в часі внаслідок руйнівних впливів експлуатаційних навантажень та зовнішнього середовища. Актуальність

та необхідність виконання обстежень та оцінки технічного стану мостових споруд Київської ГЕС обумовлена значним терміном їх експлуатації, визначенням фактичного експлуатаційного стану мостів як в цілому, так і їх елементів, виявленням дефектів і пошкоджень, наданням пропозицій щодо їх подальшої експлуатації, а також необхідністю оцінки ефективності заходів щодо відновлення проектних параметрів під час проведення реконструкції мосту через Київську ГЕС в 2010 році. Обстеження було проведено працівниками Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП



НДІБК).

Розглянуті особливості проведення візуальних та інструментальних обстежень мостів. Під час обстежень мостового полотна та підходів, прогонових будов, опорних частин, опор виявлені характерні дефекти і пошкодження, що утворилися за період експлуатації. Надані пропозиції та рекомендації щодо їх ліквідації, а також визначено фактичний експлуатаційний стан елементів конструкцій мостів в цілому. Проведено розрахунок вантажопідйомності мостів для прогонів з попередньо-напруженими балками для нормативних тимчасових навантажень, розрахунок залишкового ресурсу конструктивних елементів за результатами обстеження елементів конструкцій мостів, виконано оцінювання їх експлуатаційного стану. Надані рекомендації щодо подальшої експлуатації мостів. Експлуатаційний стан мосту через Київську ГЕС та мосту через судноплавний шляз на даний час відповідає експлуатаційному стану 3 – «працездатний». Виконано візуальні та інструментальні обстеження мостових споруд Київської ГЕС – мосту через Київську ГЕС та мосту через судноплавний шляз.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: вантажопідйомність мосту, залишковий ресурс, експлуатаційний стан, Київська ГЕС, мостове полотно, обстеження, опора, опорна частина, підхід, прогонова будова, судноплавний шляз.

FEATURES OF INSPECTION OF BRIDGE STRUCTURES OF THE KYIV HYDROELECTRIC POWER PLANT

ABSTRACT

The bridge structures of the Kyiv hydroelectric power plant consist of a bridge across the Kyiv hydroelectric power plant and through the shipping lock. The bridge over the Kyiv HPP is located on bridge piers along the spillways, combined with the building of the Kyiv HPP on the downstream side. The total length of the bridge along the edges of the supports is 287.6 m; the total width of the bridge is 14.87 m.

The article examines the process of loss of residual resources and changes in the operational state of the bridge over the Kyiv HPP and the shipping lock over time as a result of the destructive effects of operational loads and the external environment. The relevance and necessity of carrying out inspections and assessing the technical condition of bridge structures at the Kyiv Hydroelectric Power Plant is due to their significant service life (56 years, while the normative term of operation of bridges of prefabricated monolithic construction is 70 years), determining the actual operational condition of bridges, detecting defects and damage, and providing proposals for their further operation. Also, an inspection is needed to assess the effectiveness of measures to restore

design parameters during the reconstruction of the bridge across the Kyiv hydroelectric power plant in 2010. The survey was conducted in 2020 by experts of the State Enterprise "State Research Institute of Building Constructions" (NIISK).

The features of conducting visual and instrumental inspections of the bridge are considered, the general characteristics of the Kyiv HPP and the shipping lock are given, as well as the bridge as a whole, which passes through both the Kyiv HPP and the shipping lock.

During inspections of the bridge road and approaches, spans, supporting parts, and supports, characteristic defects and damage that occurred during the period of operation were discovered. Proposals and recommendations for their elimination are provided, as well as the actual operating condition of the bridge construction elements as a whole is determined. The load capacity of bridges was calculated for spans with prestressed beams for standard live loads. The residual life of structural elements was calculated based on the results of an examination of bridge structural elements. An assessment of their operational condition was carried out.

Recommendations are provided regarding the further operation of the bridge over the Kyiv HPP and the shipping lock. The operational status of the bridge over the Kyiv HPP and the shipping lock currently corresponds to operational status 3 - "serviceable". Visual and instrumental surveys of the bridge structures of the Kyiv hydroelectric power station were carried out: the bridge across the Kyiv hydroelectric power station and across the shipping lock.

KEYWORDS: load carrying capacity of the bridge, residual resource, operational condition, Kyiv HPP, bridge road, survey, support, supporting parts, approaches, span structure, shipping lock.

ВСТУП

Мостові споруди Київської ГЕС на автомобільній дорозі Р-69 Київ – Вишгород – Десна – Чернігів, що складаються з мосту через Київську ГЕС та мосту через судноплавний шляз, призначені для пропуску автомобільного транспорту та пішоходів по спорудах Київської ГЕС та судноплавному шлязу через р. Дніпро (рис. 1).

Міст через Київську ГЕС побудовано в 1964 р. за проектами ПІ «Укргідропроєкт» та «Київдіпротранс», міст через судноплавний шляз – в 1971 р. за проектом Харківського відділення інституту «Гідропроєкт». У 2010 р. здійснена реконструкція мосту через Київську ГЕС.

Проїзна частина обох мостів за габаритом Г12 шириною 12,0 м, розподілена на чотири смуги руху шириною по 3,0 м, смуги безпеки та розподільна смуга – відсутні. Проїзна конструкція мостів з



Рисунок 1 – Вид на Київську ГЕС та міст з боку нижнього б'єфу (з правого берега)

вказаними параметрами не відповідає вимогам безпеки руху згідно з [1]. На мостах введені обмеження для транспортних засобів: швидкість руху до 40 км/год., вага до 30 т.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Актуальність та необхідність виконання обстежень та оцінки технічного стану мостових споруд Київської ГЕС обумовлена значним терміном їх експлуатації, визначенням фактичного експлуатаційного стану мостів як в цілому, так і їх елементів, виявленням дефектів і пошкоджень, наданням пропозицій щодо їх подальшої експлуатації, а також необхідністю оцінки ефективності заходів щодо відновлення проектних параметрів під час проведення реконструкції мосту через Київську ГЕС в 2010 році [3÷7].

Обстеження мостів виконано з метою вирішення таких основних задач:

- 1) візуальні обстеження, виявлення дефектів, що накопичились за період експлуатації, та визначення фактичного експлуатаційного стану елементів конструкцій мостів [8, 9];
- 2) інструментальні обстеження окремих елементів конструкцій мостів;
- 3) визначення розмірів дефектів елементів конструкцій мостів;
- 4) вимірювання геометричних розмірів елементів конструкцій мостів;
- 5) розроблення обмірних креслень мостів та схем розташування дефектів;
- 6) визначення вантажопідйомності прогонових будов мостів відносно колон нормативного рухомого навантаження [5, 8];
- 7) визначення залишкового ресурсу елементів конструкцій мостів відповідно до їх станів та нормативних термінів служби;
- 8) складання паспорту мостів Київської ГЕС на основі виконаних візуальних та інструментальних обстежень та розрахунків.

Об'єктом дослідження є процес втрати залишкового ресурсу та зміни експлуатаційного стану мосту через Київську ГЕС та мосту через судноплавний шляуз в часі внаслідок руйнівних впливів експлуатаційних навантажень та зовнішнього середовища, а предметом дослідження – вплив дефектів, що утворились за час експлуатації, на залишковий ресурс елементів і експлуатаційний стан мостових споруд Київської ГЕС.

МІСТ ЧЕРЕЗ КИЇВСЬКУ ГЕС

Міст через Київську ГЕС розташований на биках вздовж водозливів, суміщених з будівлею Київської ГЕС з боку нижнього б'єфу. Повна довжина мосту по граням опор – 287,6 м; повна ширина мосту – 14,87 м.

Експлуатаційний стан мосту на час обстежень, згідно з [2], відповідав стану 3 – «працездатний».

Стан дорожнього полотна мосту зі сторони м. Вишгород та с. Хотянівка показані на рис. 2.

Водовідведення здійснюється в підмостовий простір в місцях установки системи з приймальних воронок і вертикальних сталевих труб. На мосту та підходах встановлено напівжорстке бар'єрне огороження зі сталевих двохвильового профілю з амортизуючими кронштейнами висотою 0,80 м. Покриття на тротуарах та проїзній частині – асфальтобетонне. Довжина залізобетонних попередньо напружених діафрагмових балок прогонів – 25,5 м. Клас бетону балок прогонових будов – C28/35÷C32/40. Кількість прогонів – 10, кількість балок в прогоні – 6. Відстань між осями балок, починаючи з верхової сторони, – $3 \times 1,8 + 2,65 + 1,8$ м. Фундаменти суміщені з конструкцією опор (рис. 3).

Інструментальні обстеження елементів конструкцій

За результатами інструментальних обстежень фактичної міцності бетону залізобетонних елементів середня міцність бетону залізобетонних конструкцій опор знаходиться в межах $33,1 \div 49,1$ МПа, що відповідає класу бетону C20/25÷C28/35. Визначення міцності виконувалось неруйнівним методом за допомогою ультразвукового приладу ОНИКС 2.5.

Обстеження мостового полотна та підходів

Візуальні обстеження мосту дозволили виявити такі дефекти мостового полотна та підходів [8, 9]: поперечні тріщини в покритті від бордюру до бордюру; поодинокі тріщини в покритті вздовж роздільної смуги (рис. 4); руйнування асфаль-

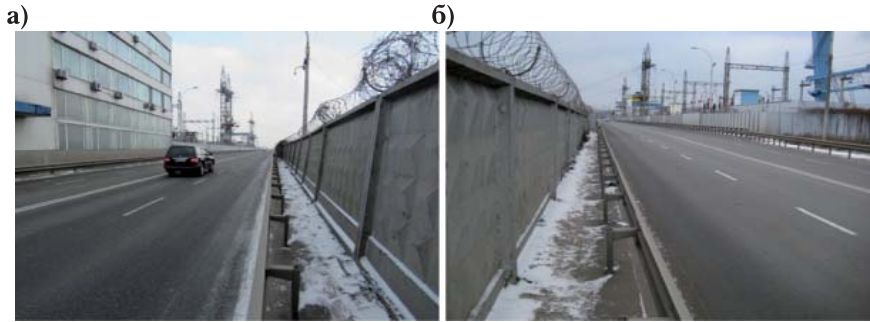


Рисунок 2 – Стан дорожнього полотна мосту через Київську ГЕС зі сторони а) м. Вишгород та б) с. Хотянівка



Рисунок 3 – Вид знизу: а) на прогони № 1-2 та б) монолітні П-подібні залізобетонні опори, суміщені з биками будівлі ГЕС

тобетонного покриття в місцях розташування деформаційних швів; вибоїни в покритті проїзної частини; тріщини в покритті тротуару; руйнування покриття тротуарів; корозія та лущення фарби огороження; колійність полотна вздовж бордюрів.

За якісним і кількісним оцінюванням дефектів та пошкоджень експлуатаційний стан мостового полотна та підходів, згідно з [2], відповідає стану 3 – «працездатний».

ОБСТЕЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗАТВОРОСХОВИЩА

При обстеженні виявлені такі дефекти конструкції затворосховища: місцеві підтікання без оголення арматури; сліди замокання та вилугування бетону (рис. 5); місцеві раковини без оголення арматури; сліди вилугування захисного шару; похилі тріщини у торцевій опорі; пошкодження захисного шару бетону перекриття; корозія арматури перекриття і низової опори.

За якісним і кількісним оцінюванням дефектів та пошкоджень експлуатаційний стан конструкцій затворосхо-

частин: локальне оголення та корозія арматури опори (рис. 8); сколювання захисного шару граней ригеля; оголення та корозія арматури ригеля опори (рис. 9); відсутність мастила на поверхнях тертя опорних частин; суцільна корозія поверхонь тертя опорних частин; сліди висолів на гранях ригелів та захисного шару опор; локальні сліди замокання опор; замокання на зовнішній поверхні ригелів; пошкодження захисного шару опор; тріщини в елементах опор.

За якісним і кількісним оцінюванням дефектів та пошкоджень експлуатаційний стан конструкцій

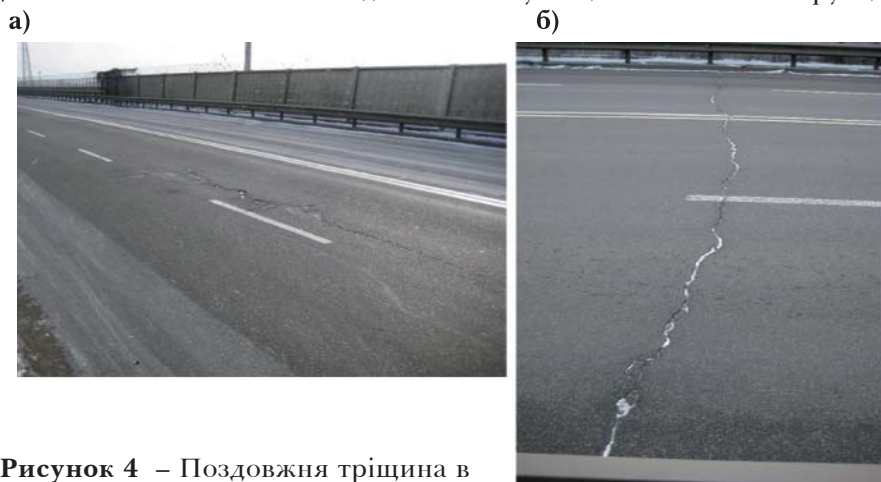


Рисунок 4 – Поздовжня тріщина в покритті проїзної частини мосту вздовж розділювальної смуги розкриттям до 8 мм а) та поперечна тріщина в покритті від бордюру до бордюру розкриттям до 11 мм б)

вища, згідно з ДСТУ 9181 [2], відповідає стану 2 – «обмежено справний».

ОБСТЕЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРОГОННОЇ БУДОВИ

При обстеженні виявлені такі дефекти конструкцій прогонної будови: сліди вилугування бетону на поверхні балок; сколювання бетону без оголення арматури та з оголенням арматури (рис. 6); чисельні сколювання та раковини у розтягнутій зоні бетону (рис. 7); пошкодження захисного шару бетону; корозія арматури; пошкодження опорних частин; тріщини, сколювання бетону в балках.

За якісним і кількісним оцінюванням дефектів та пошкоджень експлуатаційний стан прогонної будови, згідно з [2], відповідає стану 3 – «працездатний».

Обстеження конструкції опорних частин та опор. При обстеженні виявлені такі дефекти конструкцій опор та опорних



опор та опорних частин, згідно з [2], відповідає експлуатаційному стану 3 – «працездатний».

Розрахунок вантажопідйомності мосту проведено для прогонів з попередньо-напруженими балками довжиною 25,50 м для нормативних тимчасових навантажень [5, 8]: колони навантажень Н-30; колони навантажень Н-40; великовагового навантаження НК-100. Експлуатаційний стан мосту за вантажопідйомністю прогонної будови, згідно з [2], відповідає стану 1 – «справний».

Розрахунок залишкового ресурсу конструктивних елементів. За результатами обстеження визначені наступні елементи конструкції мосту, що внаслідок негативної дії навантажень та впливів навколишнього середовища знаходяться в експлуатаційному стані 3 – «працездатний»: прогонові будови з попередньо напруженого залізобетону; опорні частини; підферменники; опори. Розрахунок виконано відповідно до [2], згідно з яким ресурс елементів мосту, що знаходяться в експлуатаційному стані 3 – «працездатний», становить 23 роки, загальний залишковий

ресурс елементів мосту складає 37 років.

Оцінювання експлуатаційного стану. Оцінювання виконано за результатами обстеження відповідно до вимог [2]. Вихідні дані для розрахунку: номери експлуатаційних станів груп конструктивних елементів мосту: проїзна частина, прогонова будова, опори та опорні частини – стан 3 – «працездатний», фундаменти – стан 2 – «обмежено справний».

Експлуатаційний стан мосту в цілому оцінено за формалізованою експертною оцінкою згідно з [2]. За рейтингом міст знаходиться в експлуатаційному стані 3 – «працездатний».

Рекомендації щодо подальшої експлуатації мосту через Київську ГЕС

Для подальшої експлуатації мостових споруд Київської ГЕС слід виконати комплекс заходів з відновлення експлуатаційного стану мосту через Київську ГЕС, а саме:

- ремонт дорожнього одягу (заміна шару зносу, заливка мастикию тріщин підходів до мосту);
- ремонт поверхні пошкоджених



Рисунок 5 – Сліди замокання та вилугування бетону, пошкодження захисного шару бетону із оголенням арматури



Рисунок 6 – Сколювання бетону із оголенням арматури, корозія арматури (прогін № 1-2)



Рисунок 7 – Чисельні раковини у розтягнутій зоні бетону (прогін № 6-7)



Рисунок 8 – Локальне оголення та корозія арматури опори №1



Рисунок 9 – Оголення та корозія арматури ригеля опори № 2

залізобетонних конструктивних елементів мосту (очищення піскоструменевим методом пошкоджених частин, відновлення захисного шару бетону спеціальними будівельними сумішами, відновлення антикорозійного захисту поверхонь сталевих конструктивних елементів, обробка бетонних поверхонь конструктивних елементів відновлюючими розчинами, обробка поверхні водовідвідних труб зі слідами корозії антикорозійними матеріалами, відновлення антикорозійного захисту поверхонь сталевих опорних частин прогонних будов);

- скорочення термінів між періодичними оглядами, поточними ремонтами та між обстеженнями до трьох років.

МІСТ ЧЕРЕЗ СУДНОПЛАВНИЙ ШЛЮЗ

Міст через судноплавний шлюз пригребельного типу розташований на нижній голові шлюзу з боку нижнього б'єфу. Повна довжина мосту по заднім граням опор – 76,44 м; повна ширина мосту – 14,87 м.



Рисунок 10 – Вид на міст через судноплавний шлюз з боку а) верхнього та б) нижнього б'єфів

Вид на міст через судноплавний шлюз Київської ГЕС показано на рис. 10.

Конструкція автодороги через судноплавний шлюз аналогічна автодорозі через Київську ГЕС. Статична схема мосту – балкова розрізна за схемою $18,70 + 24,0 + 18,70$ м. Прогони об'єднані термонерозрізними плитами з деформаційними швами закритого типу (рис. 11). В поперечному перерізі – 6 попередньо-напружених балок. Відстань між осями балок, починаючи з верхової сторони, – $3 \times 1,8 + 2,65 + 1,8$ м.

Опори мосту – залізобетонні монолітні у вигляді стінок, суміщені з конструкцією судноплавного шлюзу, а опорні частини – сталеві, тангенціальні (рис. 12).

Експлуатаційний стан мосту через судноплавний шлюз, згідно з [2], відповідає стану 3 – «пра-



Рисунок 11 – Загальний вигляд на прогони мосту 0-1 та 2-3



Рисунок 12 – Монолітні залізобетонні опори

а) у вигляді стінок, суміщені з конструкцією шлюзу; б) сталеві тангенціальні опорні частини

цездатний».

Інструментальні обстеження елементів конструкцій

Інструментальні дослідження фактичної міцності бетону залізобетонних елементів показали, що міцність бетону балок прогонної будови знаходиться в межах $45,5 \div 57,0$ МПа, що відповідає класу бетону С28/35÷С32/40; міцність бетону опор знаходиться в межах $32,9 \div 47,2$ МПа, що відповідає класу бетону С20/25÷С28/35. Визначення міцності виконувалось неруйнівним методом за допомогою ультразвукового приладу ОНИКС 2.5.

Обстеження елементів конструкцій, мостового полотна та підходів. Обстеження та дефекти аналогічні тим, що проведені та виявлені на мосту через Київську ГЕС.

За якісним і кількісним оцінюванням дефектів та пошкоджень експлуатаційний стан мостового полотна та підходів, згідно з [2], відповідає стану 3 – «працездатний».

Обстеження конструкції прогонної будови та опор мосту. При обстеженні виявлені наступні дефекти конструкцій прогонної будови: сколи

бетону у розтягнутій зоні із оголенням арматури (рис. 13); корозія арматури полиць балок; сліди замокання та вилугування бетону торцевих частин плити мостового полотна; корозія водовідвідних труб; сліди вилугування бетону залізобетонної плити мостового полотна; пошкодження захисного шару бетону із оголенням арматури (рис. 14); пошкодження захисного шару бетону у вузлах діафрагм.

За якісним і кількісним оцінюванням дефектів та пошкоджень експлуатаційний стан балок прогонної будови, згідно з [2], відповідає стану 3 – «працездатний».

Виявлені наступні дефекти конструкцій опор мосту: замокання та руйнування фасадного шару цегляної кладки тіла опори; горизонтальна тріщина між цегляною кладкою і частиною бетонної опори; просідання бетонних плит кріплення конусу мосту; пошкодження захисного шару бетону, оголення та корозія арматури; суцільна корозія металевих опорних частин.

За якісним і кількісним оцінюванням дефектів та пошкоджень експлуатаційний стан опор мосту, згідно з [2], відповідає стану 3 – «працездатний».



Рисунок 13 – Пошкодження захисного шару бетону у вузлі діафрагми та сколи бетону у розтягнутій зоні з оголенням арматури, корозія арматури, сліди замокання з вилугуванням бетону на торцевих частинах плити мостового полотна



Рисунок 14 – Суцільна корозія металевих тангенціальних опорних частин та пошкодження захисного шару, локальне оголення арматури та корозія арматури (опора № 2)

Визначення вантажопідйомності мосту проведено для окремих прогонів [5, 8]: № 0-1 та № 2-3 з попередньо-напруженими балками довжиною 18,70 м; № 1-2 з попередньо-напруженими балками довжиною 24,0 м для нормативних тимчасових навантажень: колони навантажень Н-30; колони навантажень Н-40; великовагового навантаження НК-100.

Експлуатаційний стан мосту за вантажопідйомністю прогонової будови, згідно з [2], становить стан 1 – «справний».

Розрахунок залишкового ресурсу конструктивних елементів. За результатами обстеження визначені наступні елементи конструкції мосту, що внаслідок негативної дії навантажень та впливів навколишнього середовища знаходяться в експлуатаційному стані 3 – «працездатний»: прогонні будови з попередньо напруженого залізобетону; опорні частини; підферменники; опори. Вихідні дані для розрахунку залишкового ресурсу конструктивних елементів аналогічні тим, що виконували для мосту через Київську ГЕС. Ресурс елементів мосту, що знаходяться в експлуатаційному стані 3 – «працездатний», становить 23 роки, загальний залишковий ресурс елементів мосту складає 37 років.

Оцінювання експлуатаційного стану мосту. Оцінювання виконано за результатами обстеження відповідно до вимог [2]. Експлуатаційний стан мосту в цілому оцінено за формалізованою експертною оцінкою. Згідно з вихідними даними по мосту та оцінюванням експлуатаційного стану проїзної частини, прогонової будови, опор та опорних частин вони відповідають експлуатаційному стану 3 – «працездатний».

Згідно з [2], міст за рейтингом знаходиться в експлуатаційному стані 3 – «працездатний».

Експлуатаційний стан мосту узагальнено за станом елементів конструкції та за формалізованою експертною оцінкою (рейтингом) класифіковано як стан 3 – «працездатний».

Рекомендації щодо подальшої експлуатації мосту через судноплавний шлюз.

Для подальшої експлуатації мостових споруд Київської ГЕС слід виконати комплекс заходів з відновлення експлуатаційного стану мосту через судноплавний шлюз, а саме:

- ремонт дорожнього одягу (заміна шару покриття, заливка тріщин мастикою на підходах до мосту);
- ремонт поверхні пошкоджених залізобетонних конструктивних елементів мосту (очистити піскоструменевим методом пошкоджені частини і оголену арматуру, вилучення бетону із порушенням структури, відновлення захисного шару бетону спеціальними будівельними сумішами, відновлення антикорозійного захисту поверхонь металевих конструктивних елементів огороження, обробка бетонних поверхонь конструктивних елементів відновлюючими розчинами, очищення водовідвідних труб від корозії та обробка їх антикорозійними матеріалами);
- в місцях просідання кріплення конусів відновити пошкоджені ділянки з досипанням ґрунту та встановленням плит кріплення в проектне положення;
- відновити антикорозійний захист поверхонь сталевих опорних частин прогонових будов з очищенням від продуктів корозії.

ВИСНОВКИ

1. Виконано візуальні та інструментальні обстеження мостових споруд Київської ГЕС – мосту через Київську ГЕС та мосту через судноплавний шлюз.
2. За результатами проведених випробувань встановлено фактичну міцність бетону на стиск та клас бетону залізобетонних елементів мостів: міцність бетону мосту через Київську ГЕС (балок прогонових будов в межах $45,5 \div 57,0$ МПа, клас бетону C28/35 ÷ C32/40;



- опор в межах 32,9÷47,2 МПа, клас бетону С20/25÷С28/35); міцність бетону мосту через судноплавний шляз (середня міцність бетону залізобетонних конструкцій опор в межах 33,1÷49,1 МПа, клас бетону С20/25÷С28/35.
3. Експлуатаційний стан мостових споруд через Київську ГЕС (мостового полотна прогонових будов з попередньо напруженого залізобетону, опорних частин, підферменників, опор, фундаментів опор) відповідає експлуатаційному стану 3 – «працездатний».
 4. Прогнозування залишкового ресурсу мостових споруд через Київську ГЕС здійснено відповідно до наведеної у [2] моделі деградації елементів мосту за умов незмінності інтенсивності відмов λ під час експлуатації. Залишковий ресурс елементів мостів (прогонні будови з попередньо напруженого залізобетону; опорні частини; опори), що знаходяться в експлуатаційному стані 3 – «працездатний», складає 37 років.
 5. Експлуатаційний стан мостових споруд Київської ГЕС узагальнено за станом елементів конструкції мостів та за формалізованою експертною оцінкою (рейтингом) класифіковано як стан 3 – «працездатний».
 6. Розрахунок вантажопідйомності мостових споруд Київської ГЕС показав, що експлуатаційний стан мостів за вантажопідйомністю прогонових будов, згідно з [2], відповідає стану 1 – «справний».

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво: Київ: Мінрегіон України, 2016. 104 с.
2. ДСТУ 9181:2022. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2023. 32 с.
3. ДБН В.1.2-9:2021: Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека і доступність під час експлуатації. Київ: Мінрегіон України, 2022. 17 с.
4. ДБН В.1.2-15:2009: Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи. Київ: Мінрегіон України, 2010. 84 с.
5. ДБН В.2.3-6:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування. Київ: Мінрегіон України, 2010. 49 с.
6. ДБН В.2.3-20:2008. Споруди транспорту. Мости та труби. Виконання та приймання робіт. Київ: Мінрегіон України, 2008. 96 с.
7. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. Київ: Мінрегіон України, 2010. 73 с.
8. ДСТУ 9123:2021. Настанова з обстеження та випробування мостів і труб. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021. 40 с.
9. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 43 с.

REFERENCES

1. DBN B.2.3-4:2015. (2016). Automobile roads. Part I. Design. Part II. Construction. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
2. DSTU 9181:2022. (2023). Guidelines for assessing and predicting the technical condition of highway bridges: Kyiv: SE "UkrNDNC".
3. DBN V.1.2-9-2008. (2008). System of ensuring reliability and safety of construction objects. Basic requirements for buildings and structures. Operational safety. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
4. DBN V.1.2-15:2009. (2010). Transport facilities. Bridges and pipes. Loads and impacts. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
5. DBN V.2.3-6-2009. (2010). Transport facilities. Bridges and pipes. Examination and testing. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
6. DBN V.2.3-20-2008. (2008). Transport facilities. Bridges and pipes. Execution and acceptance of works. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
7. DBN V.2.3-22:2009. (2010). Transport facilities. Bridges and pipes. Design rules. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
8. DSTU 9123:2021. (2021). Guidelines for surveying and testing bridges and pipes. Kyiv: SE "UkrNDNC".
9. DSTU-NB V.1.2-18:2016. (2017). Guidelines for the inspection of buildings and structures to determine and assess their technical condition. Kyiv: SE "UkrNDNC".

Стаття надійшла до редакції 10.08.2023



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-10>

УДК 691.544



ШЕЙНІЧ Л.О.

Доктор техн. наук, проф.,
завідувач відділу, ДП «Держав-
ний науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: schein@ndibk.gov.ua,
тел.: +38 (044) 248-88-73,
ORCID ID: 0000-0002-7684-9495



МИКОЛАЄЦЬ М.Г.

Канд. техн. наук, зав. лабораторії
ДП «Державний науково-
дослідний інститут будівельних
конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: mmikolaets@gmail.com,
тел.: +38 (096) 224-78-79,
ORCID ID: 0000-0002-8823-3401



БУГАЙЧУК М.М.

Начальник Інноваційного цен-
тру ТОВ «АСТОР І КО»,
м. Київ, Україна,
e-mail: n.buhaichuk@astor.ua,
тел.: +38 (098) 469-14-78



СУРМАЧЕВСЬКИЙ А.С.

Директор з якості.
ТОВ «АСТОР І КО»,
м. Київ, Україна,
e-mail: a.surmachevskiy@astor.ua
тел.: +38 (067) 534-93-97



ПУШКАРЬОВА К.К.

Доктор техн. наук, проф.,
завідувач кафедри будівельних
матеріалів КНУБА
м. Київ, Україна
e-mail: pushkarova.kk@knuba.edu.ua
тел.: 067-174-68-06,
ORCID ID: 0000-0001-7640-8625

ЗИМОВЕ БЕТОНУВАННЯ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ «HEATING OFF TECHNOLOGY»

АНОТАЦІЯ

Цілорічне будівництво потребує застосуван-
ня певних технологічних заходів щодо забезпе-
чення тверднення бетонів при від'ємних темпе-
ратурах. З цією метою на будівельному майдан-
чику, зазвичай, застосовують енергоємні мето-
ди прискорення тверднення бетону, наприклад,
електропрогрів.

Водночас, для ефективного енергозбереження
в технології зимового бетонування слід застосу-

вати нові технологічні рішення, що забезпечують
тверднення бетону в умовах низьких зимових тем-
ператур без додаткових заходів.

Спеціалістами ТОВ «АСТОР І КО» була розро-
блена технологія «HEATING OFF TECHNOLOGY»
(далі – технологія «HOT»), яка складається з трьох
основних складників, а саме:

1. Продукт – спеціально розроблена готова
бетонна суміш, яка здатна тверднути в умо-



- вах низьких зимових температур;
2. Діджиталізація – інтелектуальний онлайн-моніторинг температури та кінетики набору міцності в конструкції системою «Maturix»;
 3. Технічний супровід – супровід спеціалістами, які розробляють технологічний регламент зі зведення залізобетонних конструкцій в зимовий період під умови замовника «TECH SERVICE SUPPORT».

В результаті проведених досліджень з оптимізації складу бетону (а саме, застосування швидкотверднучих портландцементів, активних мінеральних добавок, гранулометричного складу та хімічних добавок нового покоління) був розроблений проектний склад бетонної суміші БСГ В30 Р4 F200 W6 HOT, здатної тверднути на морозі.

Проведеними дослідженнями згідно з ДСТУ Б В.2.7-96 [2] встановлено, що застосування спеціально розробленого складу бетонної суміші в симбіозі з новим поколінням протиморозних добавок в бетоні є ефективним засобом отримання бетону необхідної якості, що дозволяє економити енергетичні ресурси.

Встановлено, що через 15-18 годин тверднення бетон основного складу, отриманий за технологією «HOT», має найбільше значення тепловиділення, порівняно з бетоном контрольного складу. Це збільшення складає приблизно 14-15 %. Таке збільшення тепловиділення забезпечує його інтенсивне тверднення на морозі. В той же час, на ранній стадії тверднення протягом перших двох годин різниця в тепловиділенні основного і контрольного складів бетону не перевищує 7-8 %, що свідчить про можливість безпечного транспортування в умовах низьких зимових температур бетонної суміші до місця укладання без її замерзання при одночасному збереженні рухливості в часі.

Встановлено, що контрольний склад бетону за від'ємної температури тверднення набирає 26,4 % від міцності зразків, що тверднули в нормальних умовах. В той же час, досліджуваний основний склад бетону, отриманий за технологією «HOT», набирає 33,5 % від міцності зразків, що забезпечує умови для подальшого тверднення бетону після його розморожування.

Бетон, отриманий за технологією «HOT», не спричиняє корозії арматури і забезпечує її пасивний стан.

Отримані дані випробування в лабораторних умовах бетону, отриманого за технологією «HOT», підтверджуються результатами, отриманими в промислових умовах. Так, за відсутності електрообігріву або іншого догляду за бетоном в конструкції в зимових умовах для існуючих умов оточуючого середовища, через 7 діб був досягнений показник міцності в 70,0 %, що дозволило починати демонтаж опалубки та зберігати існуючі темпи будівництва.

Діджиталізація процесів набору міцності, тепловиділення та температури навколишнього середовища за допомогою системи «Maturix» дає змогу в режимі онлайн зі смартфона або комп'ютера отримувати показники температури та міцності в конструкції. За допомогою градувальних кривих, побудованих з використанням адіабатичної камери, проводиться автоматичний математичний розрахунок залежності температури від кінетики набору міцності, що дає змогу приймати рішення про розпалубку конструкцій не в днях, а в годинах.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: бетон, технологія «HEATING OFF TECHNOLOGY», протиморозна добавка, міцність при стиску, тверднення на морозі, діджиталізація процесів набору міцності, тепловиділення та температури навколишнього середовища, технічний супровід.

COLD-WEATHER CONCRETING USING «HEATING-OFF TECHNOLOGY»

ABSTRACT

Year-round construction requires the use of certain technological measures to ensure concrete hardening at subzero temperatures. For this purpose, energy-intensive methods of accelerating the hardening of concrete, for example, electrical heating, are usually used at the construction site.

For effective energy saving in winter, new technological solutions should be applied that ensure concrete hardening in low winter temperatures without additional measures.

Specialists of ASTOR & CO LLC developed the "HEATING OFF TECHNOLOGY" (hereinafter referred to as the "HOT" technology), which consists of three main components:

1. The product is a specially developed ready-mix concrete that can harden in low winter temperatures;
2. Digitalization which means an intelligent online monitoring of temperature and kinetics of strength gain in a structure using the Maturix system;
3. Technical support which is support by specialists developing technological regulations for the construction of reinforced concrete structures in winter under the customer's conditions "TECH SERVICE SUPPORT".

As a result of research carried out to optimize the composition of concrete (namely, the use of rapid hardening Portland cements, active mineral additives, granulometric composition and chemical additives of a new generation), the design composition of the BSG B30 P4 F200 W6 HOT concrete mixture, capable of hardening in subzero temperatures, was developed.

Research conducted in accordance with DSTU B V.2.7-96 [2] has established that the use of a specially developed concrete mixture composition in



symbiosis with a new generation of anti-frost additives in concrete is an effective means of obtaining concrete of the required quality, which allows saving energy resources.

It has been established that after 15-18 hours of hardening, concrete of the basic composition, obtained using the "HOT" technology, has the highest heat emission value compared to concrete of the control composition. This increase of heat emission is approximately 14-15%. This increase in heat emission ensures its intensive hardening in the cold. At the same time, at the early stage of hardening during the first two hours, the difference in the heat emission of the main and control concrete compositions does not exceed 7-8%. It indicates the possibility of safe transportation in conditions of low winter temperatures of the concrete mixture to the place of laying without freezing while maintaining mobility over time.

It has been established that the control composition of concrete at a subzero hardening temperature gains 26.4% of the strength of the samples formed under normal conditions. At the same time, the studied basic composition of concrete, obtained using the "HOT" technology, gains 33.5% of the strength of the samples, which provides conditions for subsequent hardening of the concrete after it is defrosted.

Concrete produced using the "HOT" technology does not cause corrosion of the reinforcement and ensures its passive state.

The data obtained from testing concrete produced using the "HOT" technology in laboratory conditions are confirmed by the results obtained in industrial conditions.

Thus, in the absence of electrical heating or other maintenance of concrete in the structure in winter conditions, after 7 days a strength indicator of 70.0% was achieved, which made it possible to begin dismantling the formwork and maintain the existing pace of construction.

Digitalization of the processes of strength gain, heat emission and ambient temperature using the Maturix system allows to obtain temperature and strength data in a structure online from a smartphone or computer. With the help of calibration curves constructed using an adiabatic chamber, an automatic mathematical calculation of the dependence of temperature on the kinetics of strength gain is made, allowing decisions on the stripping of formwork to be made not in days, but in hours.

KEYWORDS: concrete, «HEATING OFF TECHNOLOGY», antifrost additive, hardening at subzero temperatures, digitalization of the processes of strength gain, heat emission, ambient temperature, technical support

ВСТУП

Проведення будівельних робіт в холодний

період (середньодобова температура менше +5°C, а мінімальна – менше 0 °C) потребує застосування додаткових заходів щодо забезпечення тверднення бетонів при від'ємних температурах. З цією метою на будівельному майданчику, зазвичай, застосовують енергоємні методи прискорення тверднення бетону, найбільш поширеним з яких є електропрогрів конструкцій за допомогою нагрівального кабелю типу ПНСВ та електродів з арматурного прокату гладкого профілю.

Для ефективного енергозбереження в технології зимового бетонування є необхідність застосування нових технологічних рішень, які забезпечують тверднення бетону на морозі без додаткових заходів. Згідно з [1, 2], проектний склад в симбіозі з новим поколінням протиморозних добавок повинен забезпечувати набір міцності бетоном при від'ємних температурах до 30% від проектної на 28 добу тверднення. При досягненні бетоном такої міцності при твердненні на морозі забезпечуються умови його подальшого сталого тверднення після розморожування і отримання необхідної міцності.

Особливістю тверднення таких бетонів є, з одного боку, необхідність бетону мати підвищене тепловиділення, що повинно забезпечувати протікання інтенсивних процесів його структуроутворення і, таким чином, забезпечувати його швидкий набір міцності, а з іншого боку – мати повільне протікання процесів структуроутворення для можливості транспортування бетонної суміші до місця її укладання.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Інноваційним центром ТОВ «АСТОР І КО» була розроблена технологія «HEATING OFF TECHNOLOGY», що складається з наступних компонентів:

1. Рецепт бетонної суміші, яка здатна тверднути при від'ємних температурах навколишнього середовища;
2. Діджиталізація процесів набору міцності, тепловиділення та температури навколишнього середовища в онлайн-режимі за допомогою системи «Maturix», що складається з:
 - моніторингових датчиків «Gaia 200», що під'єднуються до закладених в конструкцію термопар та знімають показники температури;
 - станції бездротового зв'язку «Sigfox Gateway», яка отримує зчитані дані з датчиків за допомогою 0G мережі, конвертує їх та передає в мережу Інтернет;
 - програмного забезпечення «Maturix», яке дає змогу онлайн зі смартфона або комп'ютеру отримувати показники температури та міцності в конструкції;



- градувальних кривих, побудованих Інноваційним центром з використанням адіабатичної камери для математичного розрахунку залежності температури до кінетики набору міцності.
3. Технічний супровід спеціалістами Інноваційного центру, які розробляють технологічний регламент та здійснюють контроль за процесами бетонування, ущільнення, догляду, а також відстежують кінетику набору міцності та температуру в бетоні. За результатом проведеної роботи надають звіт та протокол випробування міцнісних характеристик конструкції.

В результаті проведених досліджень з оптимізації складу бетону, а саме: застосування швидкотверднучих портландцементів, виготовлених на основі клінкеру нормованого складу з пониженою водопотребою, гранулометричного складу, різних мінеральних добавок та хімічних добавок нового покоління, був отриманий бетон з бетонної суміші БСГ В30 Р4 F200 W6 НОТ. Кінетика набору міцності на стиск бетону основного складу наведена на рис. 1. Так, при твердненні в нормальних умовах бетон основного складу мав міцність на стиск 38,8 МПа, в той час як міцність бетону контрольного складу становила 34,24 МПа.

Результати проведених порівняльних випробувань визначення тепловиділення бетонів контрольного і основного складів згідно з [3] наведені на рис.2.

Аналізуючи ці результати можна дійти до наступних висновків. Через 15-18 годин тверднення бетон основного складу має найбільше значення тепловиділення, порівняно з бетоном контрольного складу. Це збільшення становить приблизно 14-15 %. Таке збільшення тепловиділення повинне забезпечувати інтенсивне тверднення на морозі. В той же час, на ранній стадії тверднення протягом перших двох годин різниця в тепловиділенні цих складів не перевищує 7-8 %, що свідчить про можливість безпечного транспортування на морозі бетонної суміші до місця укладання без її замерзання при одночасному збереженні реологічних характеристик.

Паралельно були проведенні промислові

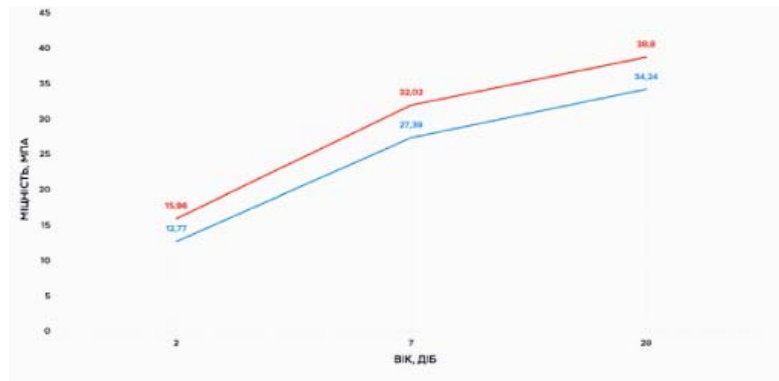


Рисунок 1 – Графік набору міцності бетону основного складу (червона лінія) і контрольного складу (синя лінія) за нормальних умов тверднення

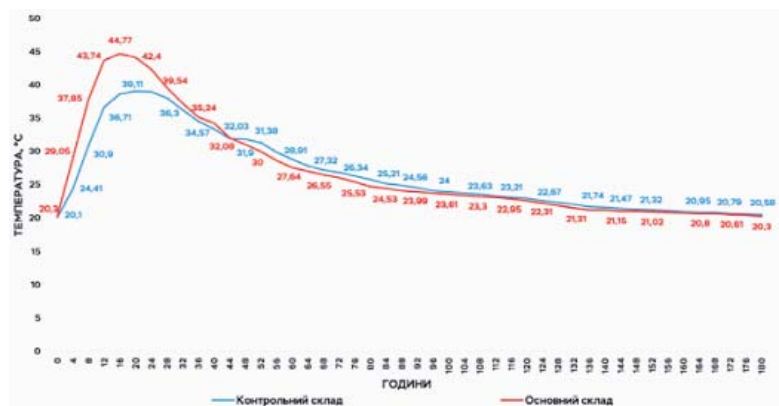


Рисунок 2 – Тепловиділення бетону основного складу (червона лінія) і контрольного складу (синя лінія) за нормальних умов тверднення

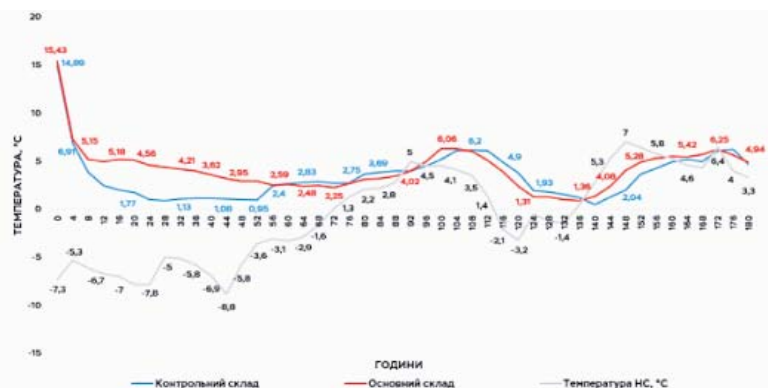


Рисунок 3 – Тепловиділення бетону основного складу (червона лінія) і контрольного складу (синя лінія) за температури навколишнього середовища (сіра лінія)

дослідження тих самих складів бетону, що тверднули в умовах навколишнього середовища при температурах плюс 5 °С – мінус 8 °С без додаткового догляду за ними.

Результати проведених порівняльних випробу-



вань визначення тепловиділення бетонів контрольного і основного складів в умовах навколишнього середовища згідно з [3] наведені на рис. 3.

Після аналізу даних, наведених на рис. 3, видно, що процеси тепловиділення, а отже-гідратації, за від'ємних температур відбуваються інтенсивніше в бетоні, який виготовлений за технологією «НОТ», ніж в контрольному складі. Лише з підвищенням температури і переходом її вище відмітки нуля, процеси тепловиділення вирівнюються в обох складах бетонів. Такі дослідження в натурних умовах дозволяють зробити висновок про ефективність застосування технології «НОТ» при бетонуванні в зимових умовах без додаткового догляду за конструкціями.

При твердненні за даних умов бетон, виготовлений за технологією «НОТ», при випробуваннях кернів, вибурених з конструкції, на 7 добу мав міцність на стиск 23 МПа, а на 28 добу – 38,3 МПа, в той час як контрольний бетон на 7 добу мав міцність 12,6 МПа, а на 28 добу – 20,5 МПа.

Оскільки позитивними температури навколишнього середовища були протягом майже 50 % часу (рис.3), контрольний склад набрав 62,6 % від проектної міцності, а в той же час міцність на стиск основного складу становить 117,2 % (рис. 4).

Отримані позитивні показники росту міцності бетону і його тепловиділення при позитивних

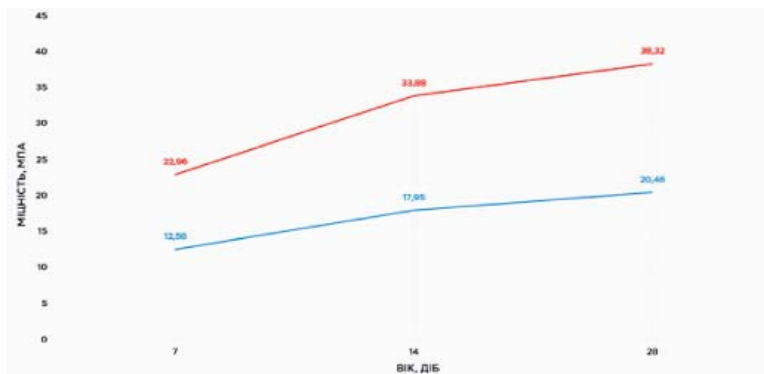


Рисунок 4 – Графік набору міцності бетону основного складу (червона лінія) і контрольного складу (синя лінія) за температури навколишнього середовища.

температурах дозволили перейти до проведення дослідження в ДП НДІБК його здатності тверднути на морозі згідно з [2]. В якості від'ємної температури досліджень була прийнята температура мінус 7 °С. Основні зразки бетону одразу після формування були поміщені до морозильної камери, охолодженої до температури мінус 7 °С, контрольні зразки – до камери нормального тверднення. Результати досліджень міцності на стиск зразків у віці 28 діб наведені в табл. 1.

Згідно з результатами випробувань, контрольний склад бетону за від'ємної температури тверднення набирає 26,4 % від міцності зразків, які тверднули в нормальних умовах, що не

Таблиця 1 – Міцність бетону, випробуваного в лабораторних умовах

Умови тверднення	Зразок №	Середня густина бетону, кг/см ³	Руйнівне зусилля, F, Н	Міцність зразка, fс, МПа	Міцність партії, МПа
Нормальні умови тверднення	Контр.-1	2381	370000	35,19	34,4
	Контр.-2	2384	355000	33,66	
	НОТ-1	2382	407500	38,91	39,1
	НОТ-2	2381	415000	39,35	
-7 °С	Контр.-3	2341	96250	9,05	9,1
	Контр.-4	2364	97500	9,22	
	НОТ-3	2343	138750	13,01	13,1
	НОТ-4	2365	140000	13,21	



задовольняє вимогам [2], а досліджуваний основний склад бетону за технологією «НОТ» – 33,5 %, що задовольняє та перевищує вимоги [2].

Отримані показники міцності бетону в лабораторних умовах підтверджують результати досліджень, що отримані в натурних умовах: міцність основного складу, що тверднув 28 діб в нормальних умовах, вища за міцність контрольного складу в тих же умовах.

Однією з основних вимог до бетону є збереження в ньому пасивного стану арматури. Відповідні дослідження щодо відсутності протікання процесів корозії арматури в бетоні були проведені в ДП НДІБК згідно з [4].

Значення густини струму при випробуванні зразків з бетону, отриманого за технологією «НОТ», знаходяться в допустимих межах – арматурна сталь в бетоні перебуває в пасивному стані. Підтвердженням цьому є характер анодної поляризаційної кривої сталі в бетоні, що наведено на рис. 5.

Густина струму при потенціалі +300 мВ не перевищує встановленого в [4] значення 10 мкА/см². На поверхні сталевих стрижнів слідів корозійного ураження не виявлено.

Діджиталізація процесів набору міцності та тепловиділення бетону, моніторинг температури навколишнього середовища та технічний супровід, який контролює бетонування конструкцій в промислових умовах. Ці складові технології «НОТ» виконуються спеціалістами ТОВ «АСТОР І КО» під час бетонування монолітних вертикальних і горизонтальних залізобетонних конструкцій на об'єктах будівництва.

Дослідження кінетики набору міцності та температури бетонної конструкції було проведено за допомогою онлайн-системи моніторингу «Maturix».

При бетонуванні плити перекриття використовувалась готова бетонна суміш БСГ В25 Р4 F200 W6 НОТ.

При вивантаженні з бетонозмішувача температура бетонної суміші становила 15,1 °С, а її рухливість – 19 см (рис.6).

Плиту перекриття зображено на рис. 7. Тепловиділення залізобетонної конструкції наведено на рис. 8, кінетику набору міцності та температури бетонної конструкції – на рис. 9.

Згідно з даних на рис. 9, конструктив за 168 годин набрав 70 % міцності. При цьому температура навколишнього середовища була в межах від плюс 5 °С до мінус 8 °С, а саме:

- від'ємною – протягом 111 годин (66 % часу);
- плюсовою – протягом 57 годин (34 % часу).

Максимальна температура нагріву бетону склала – 6,9 °С.

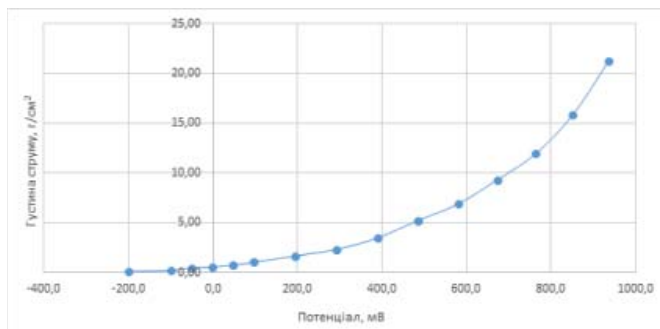


Рисунок 5 – Анодна поляризаційна крива за результатами випробування зразків бетону за технологією «НОТ»



Рисунок 6 – Температура та рухливість бетонної суміші



Рисунок 7 – Забетонована конструкція на 5 добу тверднення

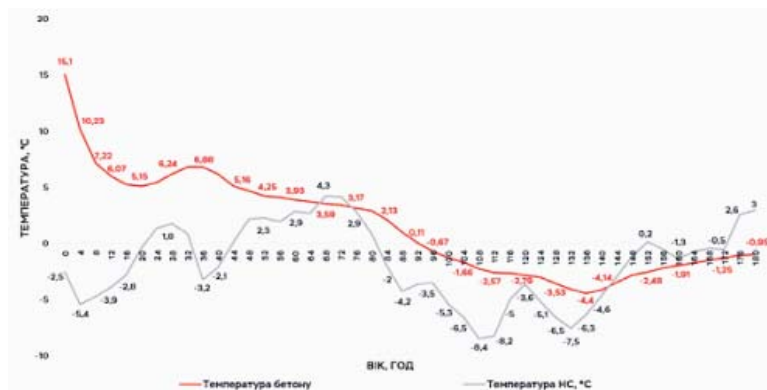


Рисунок 8 – Температурні показники бетону конструкції

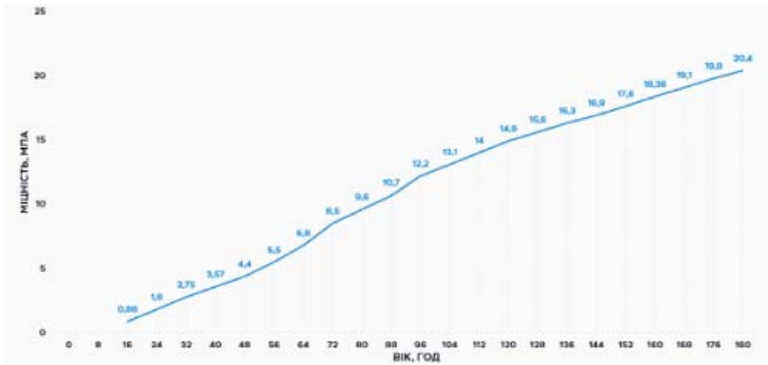


Рисунок 9 – Кінетика набору міцності бетону тверднення



Рисунок 10 – Температура та рухливість бетонної суміші



Рисунок 11 – Забетонована конструкція на 2 добу тверднення



Рисунок 12 – Температурні показники бетону конструкції

Згідно з даними кінетики набору міцності, за 15 діб тверднення забетонована конструкція в середньому набрала 25,3 МПа, що складає 92,8 % від гарантованого класу міцності бетону В25.

За допомогою онлайн-системи моніторингу «Maturix» в режимі реального часу проводились дослідження набору міцності та тепловиділення в залежності від температур навколишнього середовища. За результатами онлайн-моніторингу можна зробити висновок, що за відсутності електрообігріву (або іншого догляду за бетоном в конструкції) при існуючих

умовах оточуючого середовища, через 168 годин для БСГ В25 Р4 F200 W6 НОТ був досягнений показник міцності в 70,0 %, що дозволило починати демонтаж опалубки, оскільки була досягнута необхідна для цього міцність.

При бетонуванні горизонтальної конструкції (пандуса) використовувалась бетонна суміш БСГ В30 Р4 F200 W6 НОТ. Температура бетонної суміші, взятої з бетонозмішувача, становить 14,8 °С, а рухливість бетонної суміші відповідає марці Р4 (рис.10).

Загальний вигляд конструкції на 2 добу після бетонування зображено на рис. 11.

Тепловиділення залізобетонної конструкції наведено на рис. 12, кінетику набору міцності та температури бетонної конструкції – на рис.13.

Згідно з даними, наведеними на рис. 13, конструктив за 180 годин набрав 77,4 % міцності від гарантованого класу міцності бетону В30. На 7 добу було проведено випробування конструктиву неруйнівним методом контролю. Показник міцності склав 24,7 МПа, що складає 75,5 %.

При цьому конструкція тверднула увесь час в зимових умовах, оскільки температура навколишнього середовища протягом всього часу набору міцності була в межах від плюс 5 °С до мінус 5 °С.

Максимальна температура нагріву бетону становила 9 °С.

При бетонуванні вертикальної конструкції використовувалась бетонна суміш БСГ В30 Р4 F200 W6 НОТ. Температура бетонної суміші, взятої з бетонозмішувача, становить 15,5 °С, а рухливість бетонної суміші відповідає марці Р4 (рис.14).

Загальний вигляд конструкції на 2 добу після бетонування зображено на рис. 15.

Тепловиділення залізобетонної конструкції наведено на рис. 16, кінетику набору міцності та температури бетонної конструкції – на рис.17.

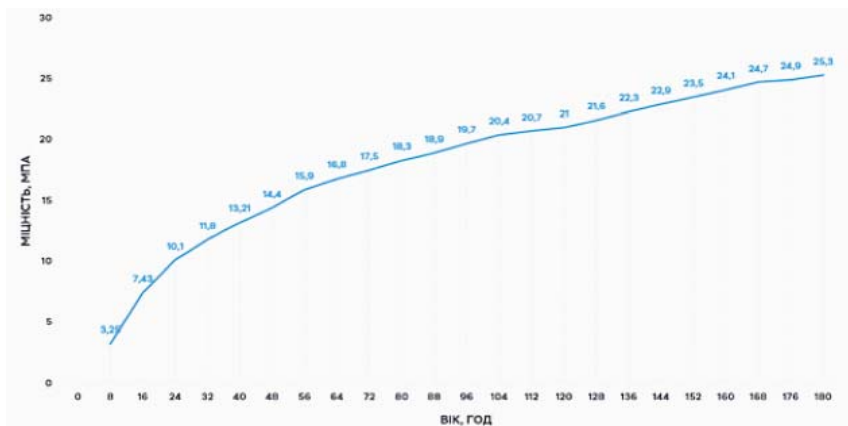


Рисунок 13 – Кінетика набору міцності бетону



Рисунок 14 – Температура та рухливість бетонної суміші



Рисунок 15 – Забетонована конструкція на 2 добу тверднення

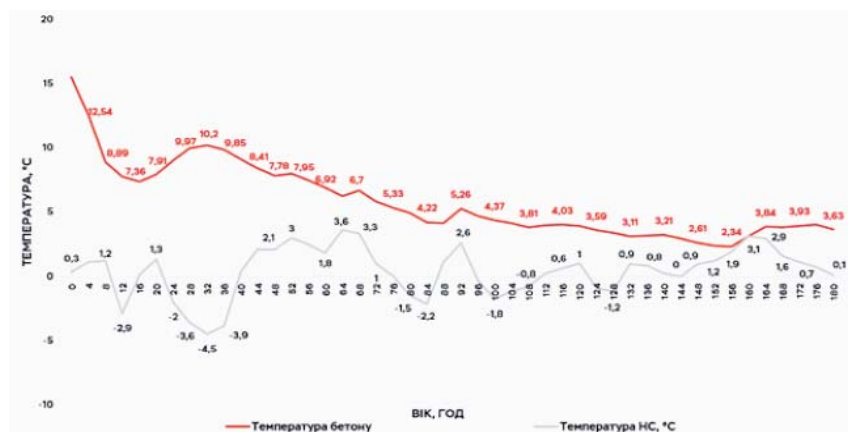


Рисунок 16 – Температурні показники бетону конструкції

Максимальна температура нагріву бетону становила 10 °C (рис. 16).

Згідно з даними, наведеними на рис. 17, конструктив за 180 годин (7,5 діб) набрав 84,7 % міцності від гарантованого класу міцності бетону В30. На 9 добу було проведено випробування конструктиву неруйнівним методом контролю. Показник міцності склав 28,6 МПа, що складає 87,5 %.

При цьому, конструкція тверднула увесь час в зимових умовах, оскільки температура навколишнього середовища протягом всього часу набору міцності була в межах від плюс 5 °C до мінус 5 °C.

ВИСНОВКИ

1. Показана ефективність розробленої технології зимового бетонування «HEATING OFF TECHNOLOGY» з діджиталізацією процесів набору міцності, тепловиділення та температури навколишнього середовища в онлайн-режимі за допомогою системи «Maturix» щодо застосування протиморозних добавок в бетоні. Монолітні конструкції набирають міцність при від'ємних температурах навколишнього середовища -7° C без додаткового догляду за ними у вигляді електропрогріву.
2. Встановлено, що через 15-18 годин тверднення бетон, отриманий за технологією «НОТ», основного складу має найбільше значення тепловиділення, порівняно з бетоном контрольного складу. Це збільшення приблизно складає 14-15 %. В той же час, на ранній стадії тверднення протягом перших двох годин різниця в тепловиділенні основного і контрольного складів бетону не перевищує 7-8 %. Це свідчить про можливість безпечного транспортування на морозі бетонної суміші до місця укладання без її замерзання при одночасному збереженні рухливості.
3. Встановлено, що контрольний склад бетону за від'ємної температури тверднення набирає 26,4 % від міцності зразків, що тверднули в нормальних умовах. В той же час, досліджуваний основний склад бетону, отриманий за технологією «НОТ», набирає в тих же умовах 33,5 % від міцності зразків, що забезпечує умови для подальшого тверднення бетону після його розморожування.

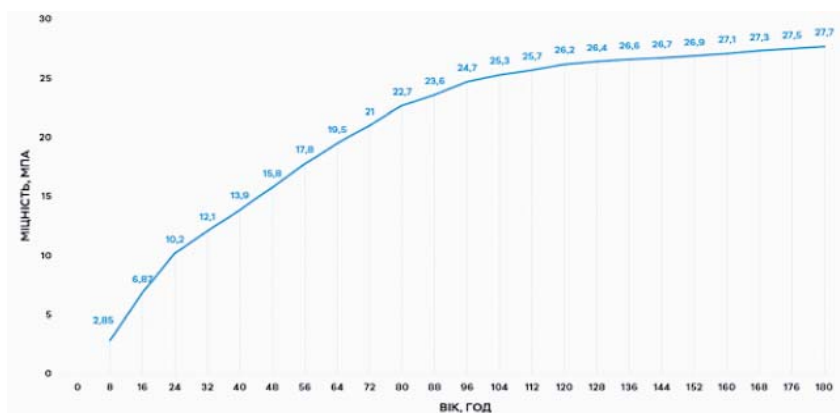


Рисунок 17 – Кінетика набору міцності бетону

3. DSTU B V.2.7-225:2009. (2010). Building materials. Concretes. Method for determination of exothermic heat at hardening. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
4. DSTU B V.2.6-181:2011. (2012). Protection of concrete and reinforced concrete structures from corrosion. Test methods. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.

Стаття надійшла до редакції
02.09.2023

4. Бетон, отриманий за технологією «НОТ», не спричиняє корозії арматури і забезпечує її пасивний стан.
5. Отримані дані випробування бетону в лабораторних умовах підтверджуються результатами, отриманими в промислових умовах на різних будівельних об'єктах. Так, за відсутності електрообігріву або іншого догляду за бетоном в вертикальних або горизонтальних конструкціях в зимових умовах для існуючих умов оточуючого середовища, через 7 діб досягається показник міцності не менше 70,0 % від проектної, що дозволяє починати демонтаж опалубки.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Руководство по зимнему бетонированию с применением метода термоса. Москва: Стройиздат, 1975. 192 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-69-98 (ГОСТ 30459-96). Добавки для бетонів. Методи визначення ефективності. Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1998.
3. ДСТУ Б В.2.7-225:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Метод визначення тепловиділення при твердненні. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
4. ДСТУ Б В.2.6-181:2011. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Методи випробувань. Київ: Мінрегіон України, 2012.

REFERENCES

1. Guide to Winter Concrete Work Using the Thermo Method. (1975). Moscow: Stroyizdat.
2. DSTU B V.2.7-69-98 (GOST 30459-96). Additives for Concrete. Methods of Determining Effectiveness. (1998). Kyiv: State Committee for Construction, Architecture, and Housing Policy of Ukraine.

Асоціація «Виробники пінопласту»
UKRAINIAN ASSOCIATION OF STYROFOAM MANUFACTURERS
office@aspp.com.ua
uasmm.in.ua



УЧАСНИКИ АСОЦІАЦІЇ



Місія Асоціації — консолідація виробників — учасників Асоціації для розвитку в Україні ринку товарів із пінополістиролу EPS — найраціональнішого та рентабельного теплоізоляційного матеріалу, з метою підвищення енергоефективності, екологічної безпеки та економічності у будівництві. Учасники Асоціації працюють над впровадженням стандартів якості виробництва полістиролу EPS та покращенням нормативної бази.





БІЗНЕС ЗА ПАРТНЕРСТВО



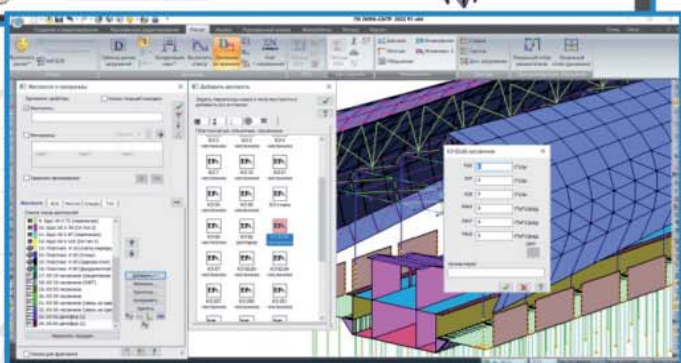
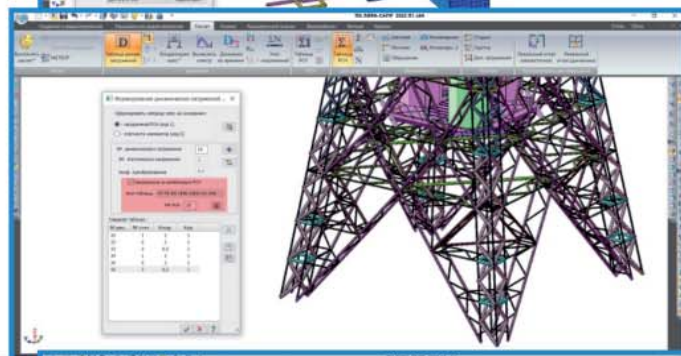
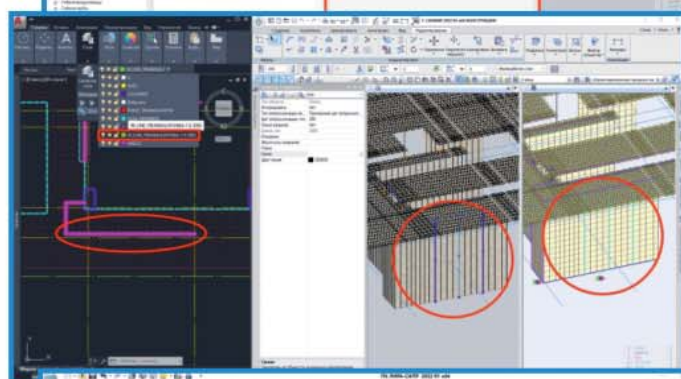
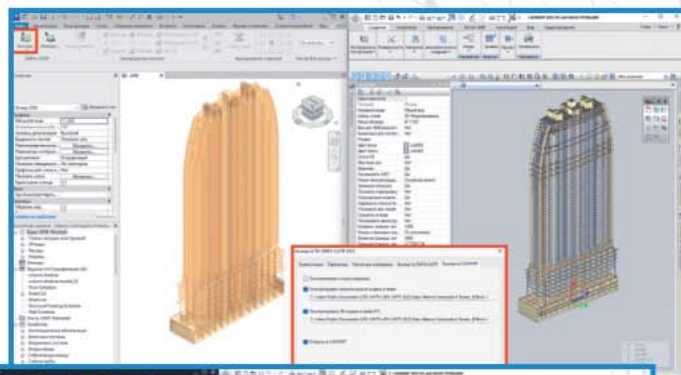
*Спільно працюючи над сталим
партнерством, ми будемо майбутнє
успішної та процвітаючої України!*



ЛІРА-САПР®

**Програмний комплекс для розрахунку, проектування,
моделювання процесів життєвого циклу будівельних конструкцій**

- Реалізація технології BIM. Двосторонній зв'язок Revit - ЛІРА-САПР - Revit, Tekla - ЛІРА-САПР - Tekla. Інтеграція з AutoCAD, ArchiCAD, Advance Steel, Allplan, СТАРКОН, Gmsh, MS Word, MS Excel, та ін.
- Потужний багатофункціональний процесор, який реалізує швидкодіючі алгоритми складання і рішення систем рівнянь з порядком до декількох мільйонів невідомих.
- Розвинена бібліотека скінченних елементів, що дозволяє створювати комп'ютерні моделі практично будь-яких конструкцій,
- Моделювання процесів життєвого циклу конструкцій та конструктивних систем, які включають моделювання процесу зведення, прогресуючого обвалення, зміни НДС в часі і ін.
- Суперелементне моделювання з візуалізацією на всіх етапах розрахунку, що дозволяє зняти будь-які обмеження на розмір розв'язуваної задачі.
- Можливість розрахунку на різні види динамічних дій (сейсміка, вітер з урахуванням пульсації, вібраційні навантаження, імпульс, удар, відповідь-спектр, сейсміка на основі акселерограми). Для сейсмічних впливів реалізовані норми України, Казахстану, Азербайджану, Грузії, Франції, Алжиру, Росії, Турції та ін.
- Модулі врахування фізичної нелінійності на основі різних нелінійних залежностей σ - ϵ , що забезпечують можливість комп'ютерного моделювання процесу навантаження моно- і бі-матеріальних залізобетонних конструкцій з дослідженням тріщиноутворення, проявом деформацій повзучості і текучості аж до отримання картини руйнування конструкції.
- Модулі врахування геометричної нелінійності, що дозволяють проводити розрахунок таких конструкцій, як гнучкі плити, оболонки окремі канати, вантові ферми, висячі покриття, тенти, мембрани і ін.

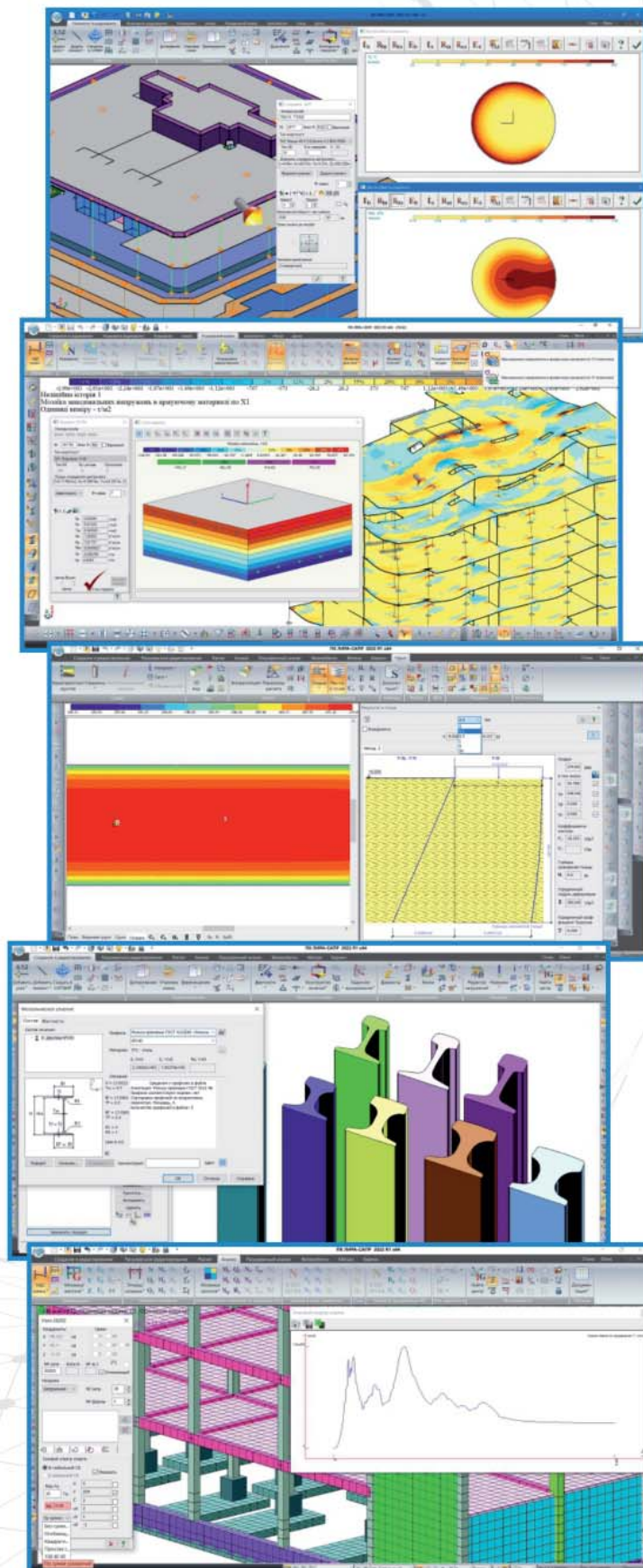




ЛІРА-САПР®

**Програмний комплекс для розрахунку, проектування,
моделювання процесів життєвого циклу будівельних конструкцій**

- Розрахунково-графічна система Теплопровідність. Нелінійна теплопровідність для стержневих, пластинчастих та об'ємних КЕ. Можливість створювати закони зміни коефіцієнта теплопровідності, коефіцієнта теплоємності та питомої ваги залежно від температури.
- Розрахунково-графічна система Вогнестійкість. Автоматизований підбір армування для забезпечення необхідної межі вогнестійкості залізобетонних і сталезалізобетонних конструкцій за ознакою втрати несучої здатності згідно з нормами СТО 36554501-006-2006 та ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2: 2012.
- Системи для розрахунку і проектування залізобетонних, армокам'яних і сталевих конструкцій відповідно до нормативів країн України, Казахстану, Росії та Європи.
- Розрахунково-графічна система Ґрунт.
- Розрахунково-графічна система Конструктор перерізів.
- Прогресуюче обвалення - спеціалізована система, яка відповідає чинним рекомендаціям для моделювання поведінки конструкцій будівель і споруд у разі аварійних впливів, що викликали локальні руйнування окремих несучих елементів.
- Спеціалізований документатор, що дозволяє формувати звіт, що складається з текстової, табличної і графічної інформації з формуванням файлів для MS Office.



www.liraland.ua



@liraland

УКРЦЕМЕНТ

АСОЦІАЦІЯ ВИРОБНИКІВ ЦЕМЕНТУ УКРАЇНИ

MISSION / МІСІЯ

Effective promotion of the best interests of clinker and cement producers of Ukraine

Активний захист інтересів виробників клінкеру і цементу України

Authoritative mediation of the views of its stakeholders in addressing industry-wide issues

Авторитетне відображення поглядів членів Асоціації у питаннях, що стосуються галузі

Active positioning of the industry as a leading force in the sustainable development of the country

Позиціювання галузі, як провідної сили у сталому розвитку України

www.ukrcement.com.ua



IX Міжнародна конференція UkrCemFor
Цементна промисловість. Найкращі практики.
Перспективи розвитку

ukrcemfor.com

ASTOR

БЕТОН + ІННОВАЦІЇ + СЕРВІС

ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ БЕТОНУВАННЯ ВЗИМКУ

#1 ENERGY SAVING
TECHNOLOGY

EST

ТЕХНОЛОГІЯ
ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ НА ПРОГРІВ
БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ



-30%

ЕКОНОМІЯ НА
ЕЛЕКТРОПРОГРІВІ

#2 HEATING OFF
TECHNOLOGY

HOT

NEW

ТЕХНОЛОГІЯ БЕТОНУВАННЯ
БЕЗ ВИКОРИСТАННЯ
ЕЛЕКТРОПРОГРІВУ



0 грн

ВИТРАТ НА
ЕЛЕКТРОПРОГРІВ

ОТРИМАТИ
КОНСУЛЬТАЦІЮ:
ASTOR.UA

100 РОКІВ ЯКІСТЬ №1

МАТЕРІАЛИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ



БУДУЄМО ДОВІРУ

СІКА - СВІТОВИЙ
ЛІДЕР В ГАЛУЗІ
БУДІВЕЛЬНОЇ ХІМІЇ





56 РОКІВ БУДУЄМО ОДЕСУ

WWW.STIKON.OD.UA





ДІІ НДІБК -

ВАШ НАДІЙНИЙ ПАРТНЕР

ВЧОРА -

СЬОГОДНІ -

ЗАВТРА

Web: www.niisk.com

E-mail: ndibk@ndibk.gov.ua

**Україна, 03037, м. Київ-37,
вул. Преображенська, 5/2
Тел.: +(38 044) 249-38-00
+(38 050) 415-36-22**

**5/2, Preobrazhenska Str.
Kyiv, 03037, Ukraine
Tel.: +(38 044) 249-38-00
+(38 050) 415-36-22**