



## ЗМІСТ

# НАУКА



# ТА БУДІВНИЦТВО

## 2 [36]' 2023

Виходить чотири рази на рік

### ЗАСНОВНИК

Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

Заснований в лютому 2014 року.

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

Журнал входить до міжнародної наукометричної бази даних Scopus 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 № 4 від 15.06.2023).

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](mailto:journal@ndibk.gov.ua),

[www.journal-niisk.com](http://www.journal-niisk.com)

© "Наука та будівництво" 2023

Підписано до друку: 21.06.2023

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

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

Замовлення 06/24 від 21 червня 2023 р.

Наклад 50 примірників

3

**Фаренюк Г. Г.**

Вплив екстремальних дій на експлуатаційну придатність та надійність конструкції фасадної теплоізоляції

12

**Самородов О. В., Александрович В. А., Табачников С. В., Гаврилюк О. В.**

Вплив граничних умов на розподільчу здатність та деформативність моделі ґрунтової основи у вигляді лінійно-деформованого шару скінченної ширини

19

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

Греблі з ґрунтових матеріалів та особливості їх проектування

30

**Немчинов Ю. І., Мар'єнков М. Г., Бабік К. М.**

Особливості нової редакції ДБН В.1.1-12:202X «Будівництво у сейсмічних районах. Основні положення»

41

**Слюсаренко Ю. С., Мелашенко Ю. Б., Іщенко Ю. І., Павлюк Є. О.**

Досвід обстеження панельних будинків, пошкоджених внаслідок бойових дій

51

**Яковенко М. С., Зорін Є. В., Бень І. В.**

Геодезичний моніторинг часових змін деформованого стану під час відновлення будівлі/споруди, що постраждала від бойових дій внаслідок воєнної агресії РФ

67

**Фаренюк Г. Г., Белоконь О. Л., Гах Н. Д.**

Регламентні технічні специфікації за визначеними категоріями будівельної продукції

74

**Олексієнко О. Б.**

3D-моделювання точкових теплопровідних включень у комплектах фасадної теплоізоляції (ETICS) з урахуванням європейського досвіду

83

**Белобородов Р. О., Шейніч Л. О.**

Використання подрібненого бетону в будівництві



# SCIENCE & CONSTRUCTION

2 (36)' 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 4 dated on 15.06.2023)

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](mailto:journal@ndibk.gov.ua),

[www.journal-niisk.com](http://www.journal-niisk.com)

© «Science & Construction», 2022

Signed for printing: 21.06.2023

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 № 06/24 from 21.06.2023

Drawing: 50 copy

## CONTENT

3

**Farenjuk G.**  
Influence of extreme impacts on operational suitability and reliability of façade thermal insulation structures

12

**Samorodov O. V., Aleksandrovykh V. A., Tabachnikov S. V., Havryliuk O. V.**  
Effects of boundary conditions on the distribution capability and stress-strain performance of the soil base model in the form of a linearly deformable layer of finite width

19

**Slyusarenko Yu., Gakh N., Shuminskyi V.**  
Dams from soil materials and its design features

30

**Nemchynov I., Maryenkov M., Babik K.**  
Features of the new edition DBN V.1.1-12:202X «Construction in seismic regions. General provisions»

41

**Slyusarenko Yu., Melashenko Yu., Ishchenko Yu., Pavlyuk Ye.**  
Experience in surveying of panel houses damaged from hostilities

51

**Yakovenko M., Zorin Ye., Ben I.**  
Geodetic monitoring of temporal changes of the deformed state during building/structure restoration, that had been suffered from the consequences of wars military aggression of the Russian Federation

67

**Farenjuk G. G., Belokon O. L., Gakh N. D.**  
Regulatory technical specifications for certain categories of building products

74

**Oleksiienko O. B.**  
3D-modeling of point thermal bridges in external thermal insulation composite systems (ETICS) taking into account the European experience

83

**Beloborodov R., Sheinich L.**  
Use of crushed concrete in construction industry



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-1>

УДК 91.120.10



**ФАРЕНЮК Г. Г.**

Доктор техн. наук, професор,  
директор ДП «Державний  
науково-дослідний інститут  
будівельних конструкцій»,  
м. Київ, Україна,  
e-mail: [farenjuk@ndibk.gov.ua](mailto:farenjuk@ndibk.gov.ua),  
тел. +38 (044) 249-38-00,  
+38 (050) 415-36-22  
ORCID: 0000-0002-5703-3976

## ВПЛИВ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ДІЙ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ ПРИДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ ФАСАДНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ

### АНОТАЦІЯ

Фасадна теплоізоляція є основним напрямком конструктивного розвитку теплоізоляційної оболонки сучасних будівель. Принцип фасадної теплоізоляції дозволяє виконувати вимоги із зниження тепловтрат на опалення будівель з одночасним забезпеченням необхідної теплової надійності конструкцій під час експлуатації. Існуючий нормативний комплекс з регламентації вимог до конструкцій фасадної теплоізоляції є основою для системного вирішення питань проектування та оцінювання найбільш важливого елементу будівель за показниками їх енергоефективності.

Прийняття нового покоління норм з основних вимог безпеки потребує подальшого удосконалення та розвитку вказаного нормативного комплексу. В статті наведені методичні положення побудови норм та стандартів, що встановлюють вимоги до конструкцій фасадної теплоізоляції. Запропоновано та обґрунтовано необхідність введення нових показників експлуатаційної придатності, пов'язаних з оцінкою стійкості конструкцій фасадної теплоізоляції до екстремальних механічних дій. Наведені результати натурних обстежень будівель з фасадною ізоляцією зовнішніх стін при діях вибухових військових пристроїв.

Надані дані про взаємозв'язок національних стандартів з європейськими стандартами, вклю-

чаючи нормативні документи з оцінювання прийнятності будівельних виробів та конструкцій, за якими здійснюється оцінка можливості застосування конструкцій фасадної теплоізоляції у європейських країнах. Розглянутий підхід до фасадної ізоляції як до комплексу та до збірної конструктивної системи. Запропоновано структуру нової редакції ДБН В.2.6-33 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією». Вимоги до проектування та розглянуті параметри оцінювання конструктивних систем при їх проектуванні згідно з положеннями серії європейських стандартів, що прийняті вже як національні, які встановлюють правила оцінювання реакції на вогонь матеріалів та виробів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** будівлі, конструкції, фасадна теплоізоляція, комплект, збірна система, тепла надійність, проектування, оцінка прийнятності.

**INFLUENCE OF EXTREME IMPACTS ON OPERATIONAL SUITABILITY AND RELIABILITY OF FAÇADE THERMAL INSULATION STRUCTURES**

### ABSTRACT

Facade thermal insulation is the main direction of constructive development of the thermal insulation



envelope of modern buildings. The principle of facade thermal insulation makes it possible to meet the requirements for reducing specific heat losses for the building heating while ensuring the necessary thermal reliability of structures under operation. The current regulatory framework that stipulates the requirements for facade thermal insulation structures is the groundwork that systematically facilitates solving issues related to the design and evaluation of an essential element of buildings based on their energy efficiency indicators.

This regulatory framework should be further improved and developed to make the adoption of a new generation of standards on basic safety requirements happen. The article presents methodological provisions for building codes and standards that establish requirements for facade thermal insulation structures. The article proposes and justifies the need to introduce new operational suitability indicators related to the assessment of the stability of facade thermal insulation structures that are subject to extreme mechanical impacts. The author provides the results of field inspections of buildings equipped with facade insulation of external walls that endured the impacts of explosive military devices.

The article provides data on the relationship of national standards with European standards, including regulatory documents for assessing the acceptability of construction products and structures, which are used to assess the possibility of using facade thermal insulation structures in European countries. The author reviews the approach to facade insulation as a kit and as a prefabricated structural system. The article proposes the framework of the new edition of DBN B.2.6-33 Structures of External Walls Equipped with Facade Thermal Insulation. Design requirements, as well as considers the parameters for evaluating structural systems under design in accordance with the provisions of a number of European standards adopted as national standards that establish regulations for evaluating the response to fire of materials and products.

**KEYWORDS:** buildings, structures, facade thermal insulation, kit, prefabricated system, thermal reliability, design, assessing the acceptability.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Конструкції фасадної теплоізоляції зовнішніх стін будівель являють собою комплект, який складається з набору виробів, що з'єднуються у збірну систему під час монтажу. Комплект повинен мати такі характеристики, які дозволяють після встановлення забезпечувати необхідні енергетичні показники та показники безпеки під час експлуатації. Збірна система складається з несучої частини зовнішньої стіни та конструкції теплоізоляції, яка розміщується на зовнішній

поверхні стіни та включає такі вироби і компоненти, як шар теплової ізоляції, опоряджувальний шар, засоби їх кріплення на несучій частині. Перелік, тип та склад виробів і компонентів є строго фіксованим у комплекті, а їх кількість може змінюватися відповідно до конкретного об'єкта застосування.

Цей підхід покладений в основу нормативної системи, що визначає вимоги до конструкцій фасадної теплоізоляції, які регламентуються ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією». Вимоги до проектування [1]. Ці норми є визначальною складовою частиною нормативного комплексу з регламентації вимог до теплоізоляційної оболонки будівель та забезпечення їх енергоефективності. Нормативний комплекс складається з ДБН В.2.6-33:2018 та стандартів [2-8]. Загальна структура нормативного комплексу, за яким проводиться проектування та оцінка показників тієї частини будівель, що є визначальною за характеристиками їх енергоефективності, наведена на рис. 1.

Прийняття нового покоління норм, які регламентують правила встановлення показників безпеки будівель та споруд [9-15], потребує проведення аналізу відповідності нормативних актів і документів, що були прийняті у попередній період. Норми [1] конкретизують критерії оцінювання теплоізоляційної оболонки будівель згідно з методологією енергоефективності, яка встановлена у нормах [15, 16], що побудовані згідно з параметричним методом нормування [17], а також повинні конкретизувати критерії оцінки інших основних показників безпеки будівель згідно з вимогами [9-14]. Стандарти [2-8] конкретизують вимоги безпеки в залежності від конструктивного класу системи фасадної теплоізоляції, а також методики проведення їх оцінки.

Актуальним завданням є аналіз відповідності нормативного комплексу [1-8] положенням, які регламентуються сучасними нормами [2-8] та законодавчою базою [18].

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Система конструкцій фасадної теплоізоляції є формують формують підсистемою загальної енергетичної системи, яку називають «будівля з кондиціонованим простором повітря». Обов'язковими умовами енергоефективності будівлі є умови теплової надійності, що сформульовані у роботі [19]. Методика оцінки теплової надійності огорожувальних конструкцій базується на принципі визначення розрахункових граничних станів [20].

У практиці житлового будівництва превалюють конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням тонкошаровою штукатуркою (за прийнятою

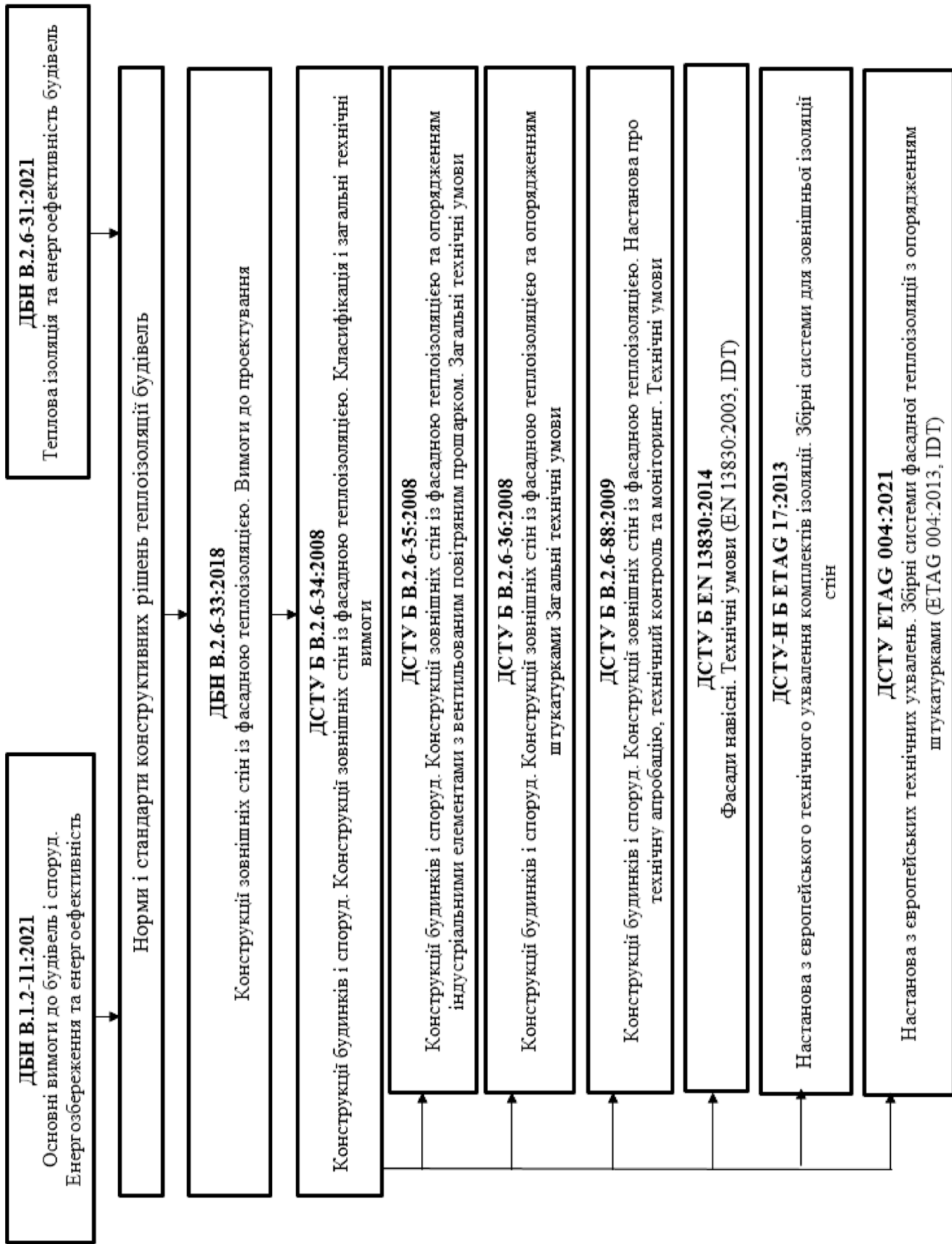


Рисунок 1 – Структура нормативного комплексу конструкцій фасадної теплоізоляції



класифікацією у європейських документах – ETICS: External Thermal Insulation Composite Systems). Особлива увага при визначенні експлуатаційної придатності цих систем приділяється питанням пожежної безпеки [21-25]. Наразі використовуються як європейська методика проведення випробувань [26], так і національні [27, 28, 29]. При цьому дискутується питання, наскільки сценарії розвитку пожежі, що імітуються під час випробувань, відповідають реальним умовам пожежі конструкцій ETICS з горючими та негорючими теплоізоляційними шарами.

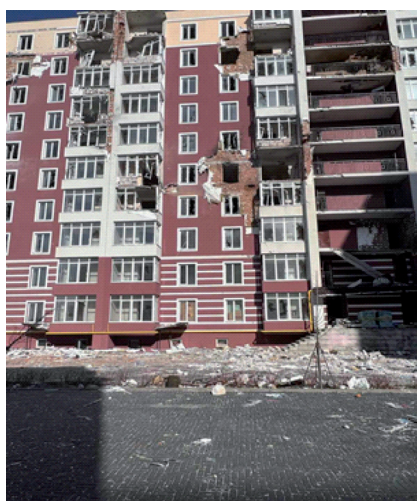
### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕНЬ

На жаль, Україна сьогодні є унікальним полігоном для вивчення реакції конструкцій будівель та споруд на екстремальні дії, що спостерігаються під час військових операцій серед житлових поселень. Розглянемо досвід, отриманий ДП НДІБК під час обстежень житлових будинків, які були збудовані за останні 10-15 років і в яких необхідні вимоги до енергоефективності забезпечувалися за рахунок конструктивних рішень зовнішніх стін з використанням ETICS.

На рис. 2 показаний стан зовнішніх стін з ETICS після попадання 30-міліметрових снарядів з броньованих машин (а). Вибух снаряду масою 0,45 кг призвів до зривання ETICS в межах стіни кімнати, куди потрапив снаряд. Вибухи снарядів більшого калібру мають більш значні наслідки – попадання снарядів калібру 115 мм, які мають вагу 23 кг, призвело до зриву фасадної теплоізоляції вже до 3-х поверхів і більше (б).

На рис. 3 зафіксований стан двох секцій чотириповерхового житлового будинку після потрапляння та вибухів снарядів на верхньому поверсі, що призвело до повного знищення ETICS, зриву системи і повного вигорання пінополістирольного утеплювача. Особливості структури цього

а)



б)



Рисунок 2 – Вид фасаду житлового будинку після його розстрілу з російських (а) броньованих машин та (б) танків



Рисунок 3 – Вид двох секцій чотириповерхового житлового будинку після вибуху на мансардному поверсі

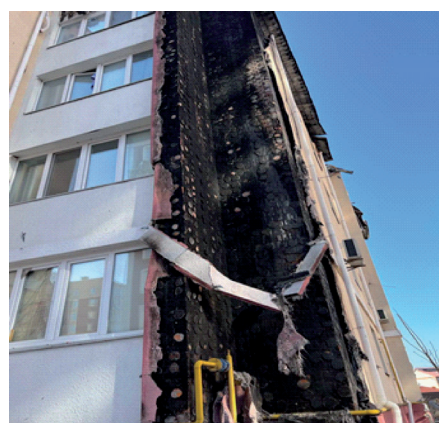


Рисунок 4 – Наслідки для фасадної системи після виникнення пожежі від вибуху на покрівлі будинків



матеріалу визначають кінетику процесу пожежі, коли розповсюдження вогню має напрямок не знизу доверху, що зазвичай імітується при проведенні випробувань [26-28], а зверху донизу, що обумовлено розплавленням гранул пінополістиролу при загоранні покрівлі або даху, стіканні цих розплавлених гранул донизу в товщі конструкції фасаду, передачі теплової енергії по висоті донизу, поступової концентрації теплової енергії і, як результат, повним вигоранням не тільки утеплювача, а й всієї штукатурної системи (рис. 4).

Внаслідок цих особливостей відбулося вигорання частини фасаду будинку, що наведений на рис. 5а, коли пожежа після вибуху виникла на мансардному поверсі і частина фасаду з ETICS вигоріла між світлопрозорими конструкціями фасаду. В тій частині фасаду, де не було джерела пожежі, відбулося лише зривання штукатурного шару внаслідок вибухової хвилі.

Вибух та пожежа на горищі дев'ятиповерхового житлового будинку призвели до вигорання фасаду стіни дев'ятого поверху (рис. 5б) та зриванню ETICS на стінах нижче до п'ятого поверху включно. Вогонь по світлопрозорим конструкціям, де не було пінопласту, зверху вниз не розповсюджувався.

На рис. 6 наведений унікальний випадок руйнації житлового трисекційного П-подібного будинку від попадання авіаційної бомби у ліву секцію. На торцевій стіні зверху зруйнованої секції, куди потрапила російська бомба, залишились рештки мінераловатного утеплювача від ETICS. Всі вікна на двох уцілілих секціях будинку зруйновані, а ETICS на стінах цих секцій залишився без пошкоджень.

На рис. 7 наведений вигляд фасаду будівлі, яка знаходиться на відстані 40 м напроти зруйнованого від попадання авіаційної бомби будинку. Вибуховою хвилею винесені майже всі віконні

а)



б)



**Рисунок 5** – Наслідки пожежі та руйнування фасадної теплоізоляції після вибухів на мансардному (а) та горішньому (б) поверхах житлових будинків



**Рисунок 6** – Руйнація житлового трисекційного П-подібного будинку від попадання авіаційної бомби



**Рисунок 7** – Вид фасаду будівлі, що знаходиться на відстані 40 м від місця вибуху авіаційної бомби



конструкції п'ятиповерхової будівлі, а ETICS було пошкоджено тільки на одній ділянці фасаду, де зірвало зовнішній штукатурний шар по всій її висоті. Такий дискретний вплив може бути результатом особливості розповсюдження вибухової хвилі, коли внаслідок вибуху утворилась зона розрядження, а геометрія фасаду обумовила її локальність, і негативний тиск призвів до відриву штукатурного шару у верхній частині з лавиноподібним ефектом його скатання по висоті фасаду. Але, враховуючи відсутність пошкодження вибуховою хвилею легких конструкцій дитячого майданчика, не слід виключати і технологічний фактор неякісного армування штукатурного шару системи теплоізоляції саме на цій ділянці фасаду, де, можливо, не було забезпечено необхідної адгезійної міцності і вибухове розрядження призвело до відриву, у той час як на інших частинах фасаду конструкції пошкоджень не завдано.

Наведені дані свідчать про необхідність проведення оцінки конструкцій фасадної теплоізоляції на їх стійкість до екстремальних впливів, які можуть виникати не тільки в результаті воєнних дій, але і дій різних техногенних та кліматичних факторів у мирний час. Відповідно, критерії оцінювання таких екстремальних (але можливих) впливів слід регламентувати нормами та стандартами, перелік яких наведений на рис. 1.

У загальному вигляді алгоритм нормування має наступний вигляд (рис.8).

Норми [9-15] встановлюють основні вимоги безпеки, яким мають відповідати будівлі та їх визначальні складові, до яких відносяться системи конструкцій фасадної теплоізоляції. Норми [1] встановлюють перелік критеріїв, які визначають основні вимоги безпеки до конструкцій фасадної теплоізоляції, та чисельні значення цих критеріїв. Методи оцінювання критеріїв встановлюються комплексом стандартів (ДСТУ) та національних документів України з визначення прийнятності

(НДВП) згідно з вимогами [18].

До недоліків норм [1], що розроблялися за мирних часів, слід віднести відсутність критеріїв оцінки конструкцій фасадної теплоізоляції на можливі екстремальні впливи. Вказані критерії необхідно вводити з урахуванням унікального досвіду України з вивчення пошкоджень та руйнації житлових будинків та громадських будівель під час воєнних дій на її території.

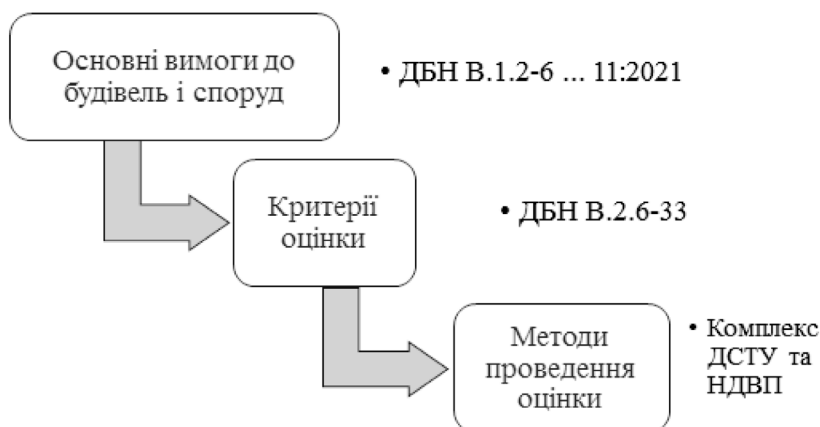
Крім того, у 2022 році в Україні прийнятий комплекс європейських стандартів, які регламентують класифікацію матеріалів, виробів та конструкцій за європейською шкалою та методи їх випробувань. В нормах [1] використовуються критерії застосування конструкцій фасадної теплоізоляції, які ґрунтуються на ще радянській базі класифікації матеріалів за їх горючістю. Впровадження у дію Закону [18] у повному його обсязі потребує декларування матеріалів та виробів згідно з вимогами чинних стандартів, тобто за показниками реакції на вогонь за класами, які встановлені у європейських стандартах, що вже прийняті в Україні як національні. Тому норми [1] потребують коригування і за цими критеріями, що визначають експлуатаційну придатність та надійність конструктивних систем фасадної теплоізоляції.

## ВИСНОВКИ

Воєнна агресія РФ створила в Україні унікальний полігон для вивчення реакції різних конструкцій будівель та споруд на екстремальні впливи, що можуть виникати і у мирні часи внаслідок різних техногенних та кліматичних факторів. Вивчення змін властивостей конструкцій при екстремальних діях надає підставу до перегляду та розвитку нормативних та методичних документів із встановлення та оцінювання показників надійності та безпеки будівель та споруд. Дослідження конструкцій фасадної теплоізоляції на будівлях, пошкоджених внаслідок воєнних дій, показали необхідність перегляду системоутворюючого нормативного акту ДБН В.2.6-33:2018 та введення нових критеріїв з відповідним встановленням методик їх оцінювання, що імітують умови екстремальних дій на конструктивні збірні системи зовнішніх стін сучасних житлових будинків та громадських будівель.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. 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.



**Рисунок 8** – Логістична структура побудови норм з проектування та оцінювання показників безпеки конструкцій фасадної теплоізоляції будівель





2. ДСТУ Б В.2.6-34:2008. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. 20 с.
3. ДСТУ Б В.2.6-35:2008. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 29 с.
4. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 35 с.
5. ДСТУ-Н Б В.2.6-88:2009. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Настанова про технічну апробацію, технічний контроль та моніторинг. Технічні умови. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
6. ДСТУ Б EN 13830:2014. Фасади навісні. Технічні умови (EN 13830:2003, IDT). Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2015.
7. ДСТУ ETAG 004:2021. Настанова з європейських технічних ухвалень. Збірні системи фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатурками. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021. 234 с.
8. ДСТУ-Н Б ETAG 017:2013. Настанова з європейського технічного ухвалення комплектів ізоляції. Збірні системи для зовнішньої ізоляції стін (ETAG 017:2005, IDT). Київ: Мінрегіон України, 2014.
9. ДБН В.1.2-6:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 36 с.
10. ДБН В.1.2-7:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 17 с.
11. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 39 с.
12. ДБН В.1.2-8:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Гігієна, здоров'я та захист довкілля. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 15 с.
13. ДБН В.1.2-9:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека і доступність під час експлуатації. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 17 с.
14. 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.
15. 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.
16. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 27 с.
17. Фаренюк Г.Г., Фаренюк Є.Г. Реалізація параметричного методу у сучасних нормах з енергоефективності будівель. Наука та будівництво. 2023. №1. С. 3-8.
18. Про надання будівельної продукції на ринку: Закон України від 09.06.2022. № 14. Відомості Верховної Ради України. 2021. Ст. 119.
19. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій. Київ: Гама-Принт, 2009. 216 с.
20. Farenjuk G. The determination of the thermal reliability criterion for building envelope structures. Technical Journal. 2019. Vol. 13, No. 2. P. 129-133.
21. M.Niziurska, M.Wieczorek, K.Borkowicz. Fire Safety of External Thermal Insulation Systems (ETICS) in the Aspect of Sustainable Use of Natural Resources. Sustainability. 2022. Vol. 14, No. 3, 1224. URL: <https://doi.org/10.3390/su14031224>
22. Karlsson, B.; Carlsson, J. Numerical Simulation of Fire Exposed Facades – An Initial Investigation, Report 3123; Department of Fire Safety Engineering Lund University: Lund, Sweden, 2001.
23. Lalu, O.; Lennon, T.; Darmon, R.; Anghel, I. Performance of fire breaks installed within EPS – insulated facade systems. Fire Mater. 2021. No. 45. P. 638 – 647.
24. Vjegovic, D.; Pecur, I.; Messerschmidt, B.; Milovanovic, B.; Alagusic, M. Influence of fire barriers on fire performance of facades with combustible insulation. In Proceedings of the MATEC Web of Conferences, 2nd International Seminar for Fire Safety of Facades, Lund, Sweden, 11-13 May 2016; Volume 46.
25. Vjegovic, D.; Baniad Pecur, I.; Jelcic Rukavina, M.; Milovanovic, B.; Bagaric, M. Fire performance of facades in high – rise buildings. In Proceedings of the 1st International Symposium K – FORCE 2017, Novi Sad, Serbia, 14-15 September 2017.
26. ДСТУ EN 13823:2015. Випробування будівельних виробів щодо реакції на вогонь. Будівельні вироби, за винятком покривів для підлог, які піддають термічній дії по-



динокого предмета, що горить. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.

27. BS 8414 – 1:2020 – 04. Fire Performance of External Cladding Systems Part 1: Test Method for Non – Loadbearing External Cladding Systems Fixed to, and Supported by, a Masonry Substrate; UK: British Standards Institution, 2020.
28. DIN 4102-1. Fire behaviour of building materials and elements - Part 1: Classification of building materials Requirements and testing
29. PN B-02867:2013. Fire protection of buildings - The method of testing and classification principles of fire propagation degree by external walls from external side

#### REFERENCES

1. 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.
2. DSTU B V.2.6-34:2008. (2009). External Wall Constructions with Facade Thermal Insulation. Classification and General Technical Requirements. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
3. DSTU B V.2.6-35:2008. (2009). External Wall Constructions with Facade Thermal Insulation and Cladding with Ventilated Air Gap Using Industrial Elements. General Technical Conditions. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
4. DSTU B V.2.6-36:2008. (2009). Building and Structure Constructions. External Wall Constructions with Facade Thermal Insulation and Plastering. General Technical Conditions. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
5. DSTU-N B V.2.6-88:2009. (2010). External Wall Constructions with Facade Thermal Insulation. Guidelines for Technical Approval, Technical Control, and Monitoring. Technical Conditions. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
6. DSTU BEN 13830:2014. (2015). Curtain Walling - Product Standard. Technical Conditions (EN 13830:2003, IDT). Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine.
7. DSTU ETAG 004:2021. (2021). Guidelines on European Technical Assessments. Prefabricated Systems for External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNC".
8. DSTU-N B ETAG 017:2013. (2014). Guidelines on European Technical Assessment of Insulation Kits. Prefabricated Systems for External Wall Insulation (ETAG 017:2005, IDT). Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
9. DBN V.1.2-6:2021. (2022). Main Requirements for Buildings and Structures. Mechanical Resistance and Stability. Kyiv: Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine.
10. DBN V.1.2-7:2021. (2022). Main Requirements for Buildings and Structures. Fire Safety. Kyiv: Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine.
11. DBN V.1.1-7:2016. (2017). Fire Safety of Construction Objects. General Requirements. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine.
12. DBN V.1.2-8:2021. (2022). Main Requirements for Buildings and Structures. Hygiene, Health, and Environmental Protection. Kyiv: Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine.
13. DBN V.1.2-9:2021. (2022). Main Requirements for Buildings and Structures. Safety and Accessibility during Operation. Kyiv: Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine.
14. 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.
15. 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.
16. DBN V.2.6-31:2021. (2022). Thermal Insulation and Energy Efficiency of Buildings. Kyiv: Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine.
17. Farenjuk, G., & Farenuk, Y. (2023). Implementation of the Parametric Method in Modern Building Energy Efficiency Standards. Journal "Science and Construction," 1, 3-8.
18. The Law of Ukraine on Providing Construction Products on the Market. (2021). Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine), 14, 119.
19. Farenjuk, G. (2009). Fundamentals of Building Energy Efficiency and Thermal Reliability of Enclosure Structures. Kyiv: Gama-Print.
20. Farenjuk, G. (2019). The determination of the thermal reliability criterion for building envelope structures. Technical Journal, 13(2), 129-133.
21. Niziurska, M., Wiczorek, M., & Borkowicz, K. (2022). Fire Safety of External Thermal Insulation Systems (ETICS) in the Aspect



- of Sustainable Use of Natural Resources. *Sustainability*, 14(3), 1224. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/su14031224>
22. Karlsson, B., & Carlsson, J. (2001). Numerical Simulation of Fire Exposed Facades – An Initial Investigation (Report 3123). Lund, Sweden: Department of Fire Safety Engineering, Lund University.
  23. Lalu, O., Lennon, T., Darmon, R., & Anghel, I. (2021). Performance of fire breaks installed within EPS-insulated facade systems. *Fire Mater*, 45, 638-647.
  24. Bjegovic, D., Pecur, I., Messerschmidt, B., Milovanovic, B., & Alagusic, M. (2016). Influence of fire barriers on fire performance of facades with combustible insulation. In *Proceedings of the MATEC Web of Conferences, 2nd International Seminar for Fire Safety of Facades, Lund, Sweden, 11-13 May 2016 (Vol. 46)*.
  25. Bjegovic, D., Baniad Pecur, I., Jelcic Rukavina, M., Milovanovic, B., & Bagaric, M. (2017). Fire performance of facades in high-rise buildings. In *Proceedings of the 1st International Symposium K-FORCE 2017, Novi Sad, Serbia, 14-15 September 2017*.
  26. DSTU EN 13823:2015. (2016). Testing of Building Products for Fire Reaction. Building Products, Excluding Floorings Exposed to Thermal Attack by a Single Burning Item. Kyiv: "UkrNDNC".
  27. BS 8414-1:2020-04. (2020). Fire Performance of External Cladding Systems Part 1: Test Method for Non-Loadbearing External Cladding Systems Fixed to, and Supported by, a Masonry Substrate. UK: British Standards Institution.
  28. DIN 4102-1. (1998). Fire behaviour of building materials and elements - Part 1: Classification of building materials Requirements and testing. Germany: Deutsches Institut für Normung.
  29. PN B-02867:2013. (2013). Fire protection of buildings - The method of testing and classification principles of fire propagation degree by external walls from the external side. Poland: PKN.

Стаття надійшла до редакції 01.06.2023 року



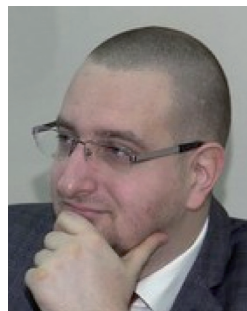
Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-2>

УДК 624.131



**САМОРОДОВ О. В.**

Доктор техн. наук, професор, завідувач кафедри геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва Харківського національного університету міського господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: osamorodov@ukr.net, тел. +38 (050) 301-76-99, ORCID: 0000-0003-4395-9417



**АЛЕКСАНДРОВИЧ В. А.**

Канд. техн. наук, доцент кафедри геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва Харківського національного університету міського господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: Vadym.Aleksandrovych@kname.edu.ua тел. +38 (063) 386-67-90, ORCID: 0000-0002-3406-2408



**ТАБАЧНИКОВ С. В.**

Канд. техн. наук, доцент кафедри геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва Харківського національного університету міського господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: Serhii.Tabachnikov@kname.edu.ua, тел. +38 (093) 253-02-86, ORCID: 0000-0002-2619-8612



**ГАВРИЛЮК О. В.**

Ст. викл. кафедри геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва Харківського національного університету міського господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: Olha.Havryliuk@kname.edu.ua, тел. +38 (095) 556-60-11, ORCID: 0000-0002-7057-2499

## ВПЛИВ ГРАНИЧНИХ УМОВ НА РОЗПОДІЛЬЧУ ЗДАТНІСТЬ ТА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ МОДЕЛІ ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ У ВИГЛЯДІ ЛІНІЙНО- ДЕФОРМОВАНОГО ШАРУ СКІНЧЕНОЇ ШИРИНИ

### АНОТАЦІЯ

У статті проаналізовано існуючі підходи щодо розподілу вертикальних стискаючих напружень по глибині ґрунтової основи від рівномірно розподіленого навантаження на поверхні, які, в основному, пропонуються для розрахунку габаритів умовних плитних фундаментів при визначенні осідань пильових фундаментів та розмірів піщаних подушок при підсиленні слабких ґрунтів. Разом з тим, при моделюванні та чисельних розрахунках системи «основа – фундамент – споруда» (далі – система «ОФС») у потужних розрахункових комплексах SOFiSTiK, ABAQUS, Plaxis, SCAD, Ліра тощо, як правило, застосовується саме модель ґрунтової основи у вигляді суцільного шару скінченної ширини, при цьому задаються будь-які закономірності деформування ґрунтів

під навантаженнями, в тому числі й у часі. У статті досліджується вплив крайових обмежень у плані моделі суцільного лінійно-деформованого (пружного) шару скінченної ширини на її розподільчу здатність та деформативність від навантаженого фундаменту на поверхні. Проведено чисельні розрахунки напружено-деформованого стану рівномірно навантаженого фундаменту різної відносної згинальної жорсткості (гнучкості), що взаємодіє з шаром визначеної потужності (стисловою товщею) та жорсткими горизонтальними обмеженнями по ширині (розміри моделі по ширині), за допомогою програми SCAD. На підставі аналізу результатів чисельних розрахунків для плоскої задачі (плоска деформація) обґрунтована ширина моделі лінійно-деформованого шару скінченної



ширини, що враховує розподіл стискаючих напружень по глибині під кутом  $\alpha \approx 20 \div 25^\circ$  до вертикалі від країв навантаженого фундаменту. При цьому ширина моделі згідно з кутом розподілу  $\alpha \approx 20 \div 25^\circ$  практично не впливає на середні осідання та максимальні моментні зусилля фундаменту у порівнянні зі збільшенням розмірів моделі по ширині.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** фундамент, ґрунтова основа, пружна модель, кут розподілу, ширина моделі, напружено-деформований стан.

## EFFECTS OF BOUNDARY CONDITIONS ON THE DISTRIBUTION CAPABILITY AND STRESS-STRAIN PERFORMANCE OF THE SOIL BASE MODEL IN THE FORM OF A LINEARLY DEFORMABLE LAYER OF FINITE WIDTH

### ABSTRACT

The paper examines the available approaches to the distribution of vertical compressive stresses over the depth of the soil base from a uniformly distributed load on the surface, which are mostly proposed to calculate the dimensions of conventional slab foundations when determining the settlement of pile foundations and the dimensions of sand beds when reinforcing weak soils. Furthermore, when performing simulation and numerical calculations of the base-foundation-building (BFB) using the potent calculation software packages, such as SOFiSTiK, ABAQUS, Plaxis, SCAD, Lira and others, it is the model of the soil base that is generally used in the form of a continuous layer of finite width, with any patterns of soil deformation under load, including time deformation, being specified. The paper investigates the effect of boundary constraints in plan of the model of a continuous linearly deformable (elastic) layer of finite width on its distribution capability and stress-strain performance from a loaded foundation on the surface. Numerical calculations of the stress-strain state of a uniformly loaded foundation with different relative bending stiffness (flexibility), which interacts with a layer of a certain depth (compressible depth) and strict horizontal constraints in terms of width (the width dimensions of the model), were performed using the SCAD software. Based on the analysis of the results of numerical calculations for the plane problem (plane-strain deformation), the width of the model of a linearly deformable layer of finite width, which considers the distribution of compressive loads over the depth at an angle of  $\alpha \approx 20 \div 25^\circ$  to the vertical from the edges of the loaded foundation, was justified. In this case, the width of the model according to the angle of distribution of  $\alpha \approx 20 \div 25^\circ$  has virtually

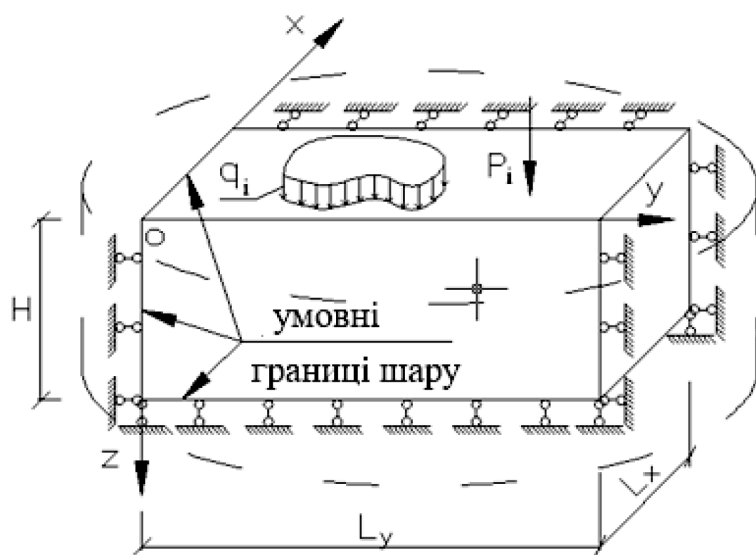
no effect on the average settlements and the maximum moment forces of the foundation in comparison with the increase in the width of the model.

**KEYWORDS:** foundation, soil base, elastic model, angle of distribution, width of the model, stress-strain state.

### ВСТУП

Існують аналітичні просторові моделі суцільного лінійно-деформованого середовища (півпростору або шару), що розроблялися для розрахунку деформацій основ фундаментів [1 ÷ 3] та й залишаються у державних будівельних нормах України [4, 5]. Однак, сьогодні, через потужний розвиток інформаційних технологій, найбільш розповсюдженою моделлю ґрунтової основи є модель суцільного шару скінченної ширини (рис. 1), яка, окрім обмеження вертикальних деформацій на деякій глибині  $H$ , також має обмеження горизонтальних деформацій на деякій відстані від навантаження у плані ( $L_x \times L_y$ ). Для розрахунку фундаментів, що працюють з ґрунтовою основою в умовах плоскої деформації, ця модель також може бути плоскою, як окремий випадок. Вченими І. Я. Лучковським [6], З. Г. Тер-Мартirosяном, Пак Чун Сун та Махмудом Назір Башеті отримані аналітичні рішення напружено-деформованого стану ґрунтової основи з навантаженнями на поверхні з використанням моделі суцільного лінійно-деформованого (пружного) шару скінченної ширини.

При моделюванні та чисельних розрахунках системи «ОФС» у потужних розрахункових комплексах SOFiSTiK, ABAQUS, Plaxis, SCAD, Ліра тощо, як правило, застосовується саме модель ґрунтової основи у вигляді суцільного шару скінченної ширини, при цьому задаються будь-які закономірності деформування ґрунтів під наванта-



**Рисунок 1** – Модель ґрунтової основи у вигляді суцільного шару скінченної ширини



женнями, в тому числі й у часі.

Загальновідомо, що для отримання надійних та достовірних результатів розрахунку напружено-деформованого стану конструкцій фундаментів у системі «ОФС» необхідно обрати таку модель ґрунтової основи з відповідними параметрами, яка є близькою до реального ґрунтового середовища за двома критеріями: розподільчою здатністю та деформативністю фундаментів споруд. На практиці модель лінійно-деформованого шару скінченної ширини є найбільш розповсюдженою, так як вимагає лише завдання деформаційних характеристик ґрунту (модуля загальної деформації  $E$  та коефіцієнта Пуассона  $\nu$ ). Однак, значна розподільча здатність моделі викликає виникнення надмірних реакцій на краях конструкцій фундаментів та, відповідно, збільшення моментних зусиль від загальної вигину фундаментів, особливо великорозмірних. У попередніх публікаціях авторів було запропоновано методику призначення параметрів лінійно-деформованого шару (наведений модуль деформації ґрунту  $E_0$  та наведена стислива товща  $H_0$ ) для адекватного моделювання взаємодії великорозмірних плитних фундаментів з ґрунтовою основою, яка дозволяє отримати адекватні осідання й знизити розподільчу здатність моделі [7], але вплив граничних умов у плані не досліджувався.

В існуючій технічній літературі пропонуються різні підходи (рис. 2) щодо призначення кута нахилу  $\alpha$  (далі – кут розподілу  $\alpha$ ) до вертикалі для розподілу вертикальних стискаючих напружень по глибині ґрунтової основи, які після аналізу можна розділити на два основних умовних підходи:

- «кута внутрішнього тертя»

$$\alpha \approx \varphi = 30^\circ \div 45^\circ, \quad (1)$$

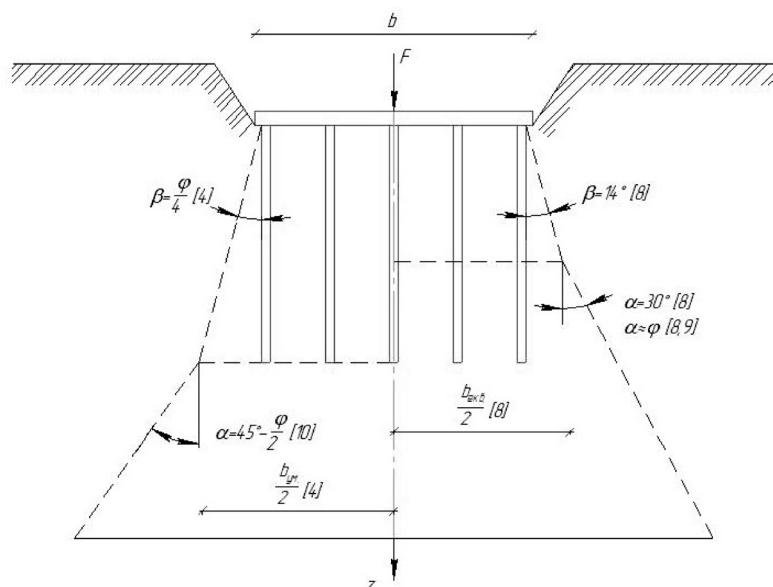


Рисунок 2 – Різні схеми до розподільчої здатності ґрунтової основи

- «тиску на підпірну стіну»

$$\alpha = 45^\circ - \varphi/2, \quad (2)$$

де  $\varphi$  – кут внутрішнього тертя ґрунту, град.

Підхід «кута внутрішнього тертя» використовується для визначення параметрів еквівалентного плитного фундаменту при розрахунках осідань пильових фундаментів [8], а також для визначення параметрів піщаних подушок [9].

Підхід «тиску на підпірну стіну» використовується при визначенні тиску ґрунту на підпірні стіни від місцевих навантажень на поверхні [10].

При  $\varphi=30^\circ$ , як можна побачити з формул (1) та (2), кут розподілу стає рівним  $\alpha=30^\circ$  за обома підходами, що й було раніше запропоновано Томлінсоном (Tomlinson, M.J., 1977) [8] при розрахунках осідань пильових фундаментів методом еквівалентного (умовного) плитного фундаменту.

На рис. 2 також показано різні кути розподілу до бічної поверхні крайніх паль:  $\beta=\varphi/4$  [4] та  $\beta=14^\circ$  [8] для розподілу дотичними силами стискаючих напружень по глибині ґрунтової основи, що приймаються для визначення габаритів еквівалентного (умовного [4]) плитного фундаменту.

Наведені вище інженерні підходи, в основному, пропонуються для розрахунку габаритів умовних фундаментів та їх осідань.

Водночас, слід зазначити, що у Німеччині, як правило, на підставі рекомендацій геотехнічного товариства [11] інженери при моделюванні у розрахункових комплексах призначають геометричний профіль моделі ґрунтової основи пильових фундаментів виходячи з ширини фундаменту  $b$  та/або довжини паль (див. рис. 3), тобто при цьому кут розподілу взагалі буде дорівнювати  $\alpha>45^\circ$ .

Виходячи з вищенаведеного, на сьогодні немає єдиного підходу щодо розподільчої здатності ґрунтових основ, тому дослідження впливу крайових умов у плані (згідно з кутом розподілу  $\alpha$ ) моделі суцільного лінійно-деформованого шару скінченної ширини на напружено-деформований стан конструкцій фундаментів є актуальною задачею для адекватного моделювання системи «ОФС».

## МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є обґрунтування підходу (методики) для призначення мінімально допустимих геометричних параметрів моделі ґрунтової основи у вигляді суцільного лінійно-деформованого шару скінченної ширини для адекватного моделювання системи «ОФС».



### МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для дослідження впливу крайових обмежень у плані моделі суцільного лінійно-деформованого шару скінченної ширини на її розподільчу здатність та деформативність від навантаженого фундаменту на поверхні обрано плоску постановку задачі (плоска деформація) (рис. 4).

За допомогою комплексу SCAD Office 21.1 (ліц. №17280) створено скінченно-елементну модель взаємодії ґрунтової основи з фундаментом. Ґрунтова основа представлена пластинчастими скінченними елементами з постійними деформаційними характеристиками:  $E=1,0$  кПа та  $\nu=0,3$ . Фундамент змодельовано стержневими скінченними елементами. Характеристики фундаменту представлено у табл. 1 та прийнято різну відносну згинальну жорсткість (гнучкість) згідно з пропозиціями Горбунова-Посадова М.І. [2, 9]:

$$t = 10 \frac{Eb^3}{E_k h^3}, \quad (3)$$

де  $E$  та  $E_k$  – модулі деформації ґрунту й матеріалу фундаменту відповідно;

$b$  та  $h$  – ширина й товщина (висота) фундаменту.

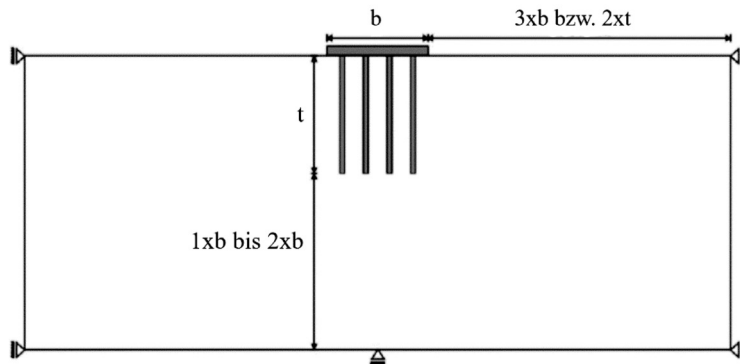
На рис. 4 показано загальний вигляд скінченно-елементної розрахункової моделі взаємодії ґрунтової основи з фундаментом різної згинальної жорсткості.

У комплексі SCAD методом скінченних елементів проведено чисельні розрахунки напружено-деформованого стану рівномірно навантаженого ( $q=1,0$  кН/м) фундаменту різної відносної згинальної жорсткості (гнучкості,  $t$ ), що взаємодіє з шаром товщиною  $H$  та шириною  $L$ , що дорівнює

$$L = b + 2 \cdot H \cdot \operatorname{tg}(\alpha_i) \quad (4)$$

з обмеженням лінійних переміщень в перпендикулярних напрямках до контуру моделі (рис. 5).

Дослідження виконані для моделей ґрунтової основи з наступними співвідношеннями потужності шару  $H$  до ширини фундаменту  $b$ :  $H/b=5$ ,

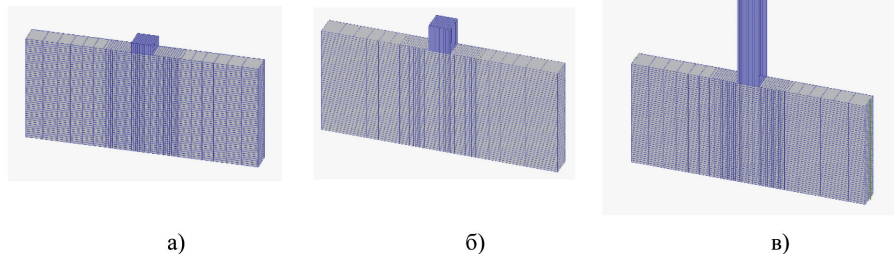


**Рисунок 3** – Геометричний профіль моделі ґрунтової основи пального фундаменту (рекомендація Німецького геотехнічного товариства)

$H/b=4$ ,  $H/b=3$ ,  $H/b=2$  та  $H/b=1$ . Покрокове обмеження горизонтальних переміщень по ширині моделі відбувалося згідно з кутом розподілу  $\alpha$  від  $45^\circ$  до  $0^\circ$  з кроком  $5^\circ$ . Для прикладу, на рис. 3 схематично показано логіку побудови скінченно-елементної моделі ґрунтової основи при  $H/b=5$  з урахуванням кута розподілу  $\alpha$ .

### ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ

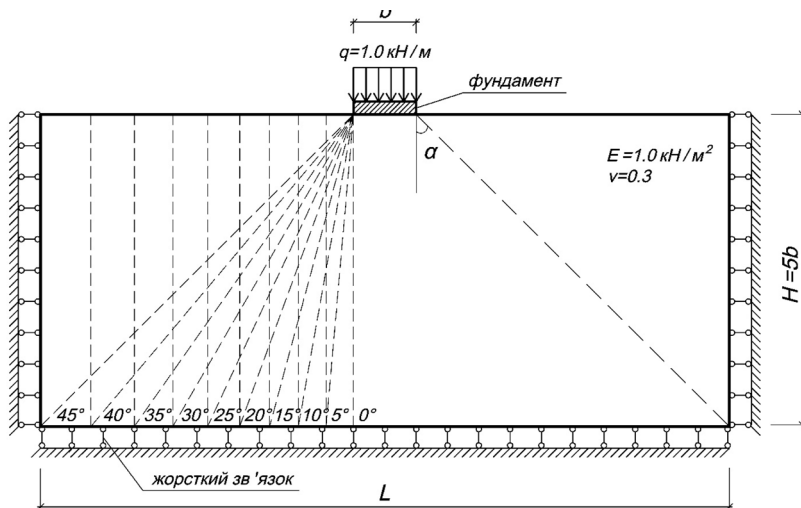
У якості критеріїв оцінки адекватності роботи моделі прийнято наступні співвідношення:



**Рисунок 4** – Загальний вигляд моделей з фундаментами різної гнучкості: а – «гнучкий»; б – «скінченної жорсткості»; в – «абсолютно жорсткий»

Таблиця 1 - Механічні та геометричні характеристики фундаменту

Тип фундаменту	Ширина фундаменту, $b$ , м	Висота фундаменту, $h$ , м	Модуль деформації, $E_k$ , кН/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт Пуассона, $\nu$ , од.	Відносна згинальна жорсткість (гнучкість) фундаменту, $t$ , од.
«Гнучкий»	1,0	0,5	1,0	0,2	80
«Скінченної жорсткості»	1,0	1,25	1,0	0,2	5
«Абсолютно жорсткий»	1,0	4,6	1,0	0,2	0,1



**Рисунок 5** – Схема для визначення граничних умов за шириною моделі при  $H/b=5$

– для розподільчої здатності:

$$\overline{M}_{\max} = \frac{M_{\max, \alpha_i}}{M_{\max, \alpha=45^\circ}}, \quad (5)$$

де  $M_{\max, \alpha_i}$  – значення максимального згинального моменту у середині фундаменту при куті розподілу  $\alpha_i$ , кН·м;

$M_{\max, \alpha=45^\circ}$  – значення максимального згинального моменту у середині фундаменту при куті розподілу  $\alpha=45^\circ$ , кН·м;

– для деформативності:

$$\overline{s}_{\text{сер.}} = \frac{s_{\text{сер.}, \alpha_i}}{s_{\text{сер.}, \alpha=45^\circ}}, \quad (6)$$

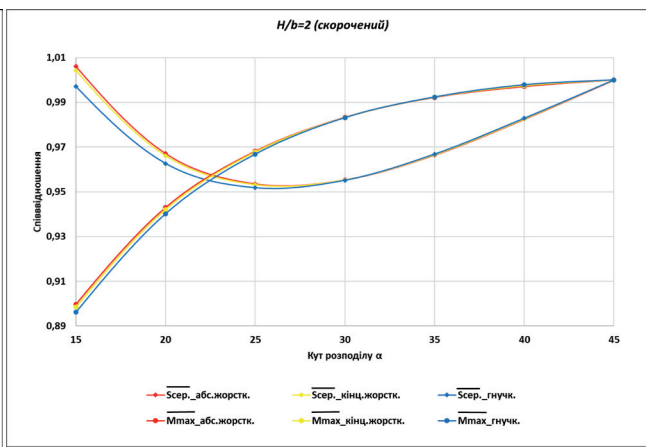
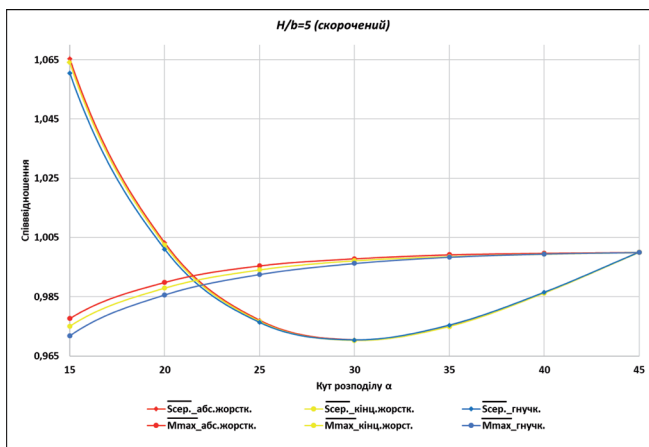
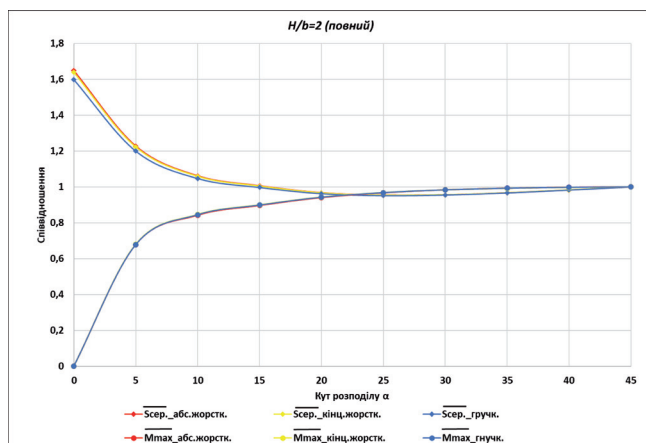
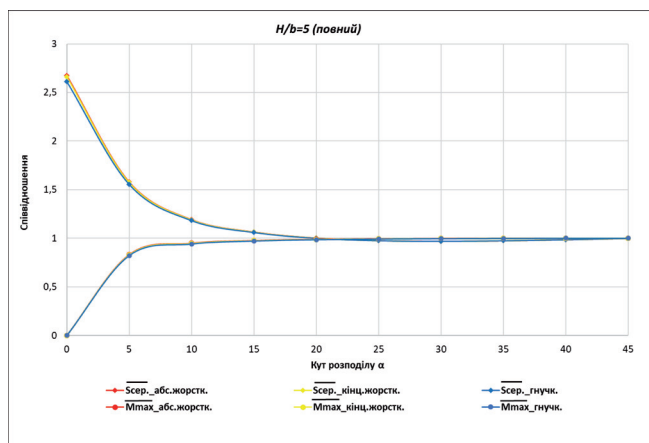
де  $s_{\text{сер.}, \alpha_i}$  – значення середнього осідання по ширині фундаменту при куті розподілу  $\alpha_i$ , см;

$s_{\text{сер.}, \alpha=45^\circ}$  – значення середнього осідання по ширині фундаменту при куті розподілу  $\alpha=45^\circ$ , см.

На рис. 6–8 графічно показано результати розрахунків  $\overline{M}_{\max}$  та  $\overline{s}_{\text{сер.}}$  для співвідношень:  $H/b=5$ ,  $H/b=2$  та

$H/b=1$ . На рис. 9 показано графік залежності  $\overline{M}_{\max}$  від  $H/b$  для  $\alpha=20^\circ$  та  $\alpha=25^\circ$ .

По-перше, аналіз результатів розрахунку (див. рис. 6–8) показує, що при  $\alpha=0^\circ$  чисельне рішення методом скінченних елементів приводить до точних рішень теорії пружності для рівномірно завантаженого лінійно-деформованого шару:



**Рисунок 6** – Співвідношення  $\overline{M}_{\max}$  та  $\overline{s}_{\text{сер.}}$  при  $H/b=5$

**Рисунок 7** – Співвідношення  $\overline{M}_{\max}$  та  $\overline{s}_{\text{сер.}}$  при  $H/b=2$



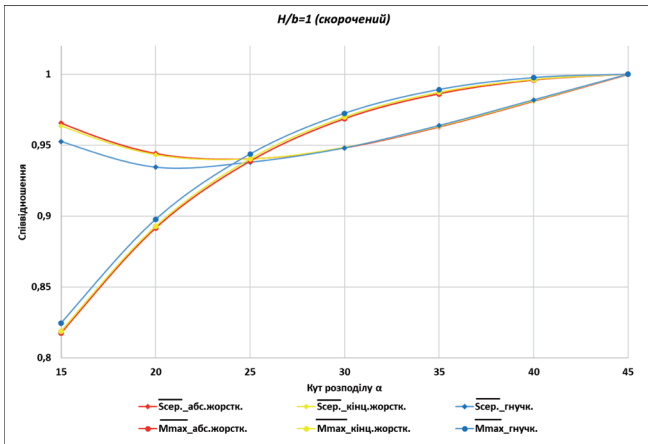
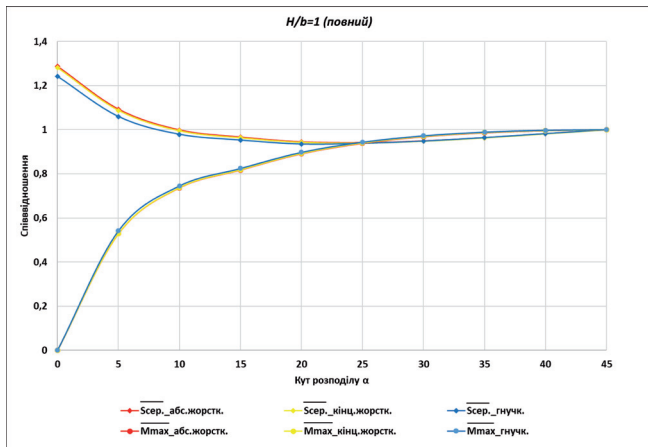


Рисунок 8 – Співвідношення  $\overline{M_{\max}}$  та  $\overline{s_{\text{сер}}}$  при  $H/b=1$

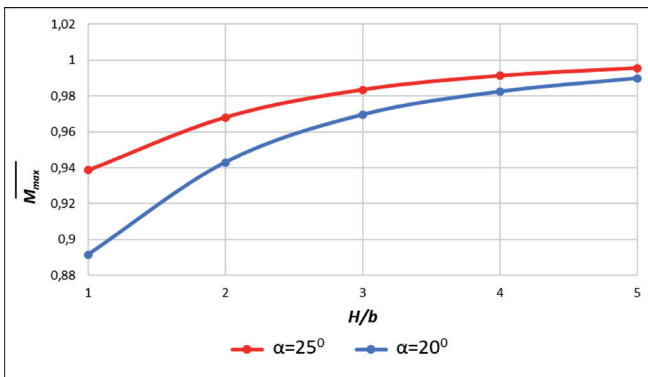


Рисунок 9 – Графік залежності  $\overline{M_{\max}}$  від  $H/b$

$$M_{\max, \alpha=0^{\circ}} = 0;$$

$$s_{\text{сер}, \alpha=0^{\circ}} = \frac{\nu q H}{(1-\nu) E}.$$

Аналіз результатів розрахунків показує, що для співвідношень  $H/b=5$  (див. рис. 6),  $H/b=4$  та  $H/b=3$  розподільча здатність та деформативність ґрунтової основи практично не змінюються до кута розподілу  $\alpha \approx 20^{\circ}$ , тоді як для співвідношень

$H/b=2$  та  $H/b=1$  – до кута розподілу  $\alpha \approx 25^{\circ}$ .

Слід зазначити, що для великорозмірних фундаментів ( $b > 10\text{м}$ ), які взаємодіють з реальними ґрунтовими умовами, як правило, співвідношення потужності стисливої товщі  $H$  до ширини фундаменту  $b$  не перевищує  $H/b=2$ , що також прийнято у рекомендаціях на підставі схеми на рис. 3.

## ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано існуючі підходи щодо розподілу вертикальних стискаючих напружень по глибині ґрунтової основи від рівномірно розподіленого навантаження на поверхні, що вказує на відсутність єдиного підходу щодо розподільчої здатності ґрунтових основ для адекватного моделювання системи «ОФС».
2. Проведено чисельні дослідження впливу жорстких горизонтальних обмежень по ширині (розміри моделі по ширині) на напружено-деформований стан рівномірно навантаженого фундаменту різної відносної згинальної жорсткості (гнучкості), що взаємодіє з лінійно-деформованим шаром (стисловою товщею) за допомогою програми SCAD.
3. На підставі аналізу результатів чисельних розрахунків для плоскої задачі (плоска деформація) обґрунтована мінімальна допустима ширина моделі лінійно-деформованого шару скінченної ширини, що враховує розподіл стискаючих напружень по глибині під кутом  $\alpha \approx 20 \div 25^{\circ}$  до вертикалі від країв навантаженого фундаменту. При цьому ширина моделі згідно з кутом розподілу  $\alpha \approx 20 \div 25^{\circ}$  практично не впливає на середні осідання та максимальні моментні зусилля фундаменту у порівнянні з кутом  $\alpha=45^{\circ}$ , що запропоновано у роботах [6, 7, 11].

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Егоров К.Е. К вопросу деформации основания конечной толщины / К.Е. Егоров // Механика ґрунтов: труды ин-та НИИ оснований и подземных сооружений. 1958. № 34. С. 5-33.
2. М.И. Горбунов-Посадов. Осадки фундаментов на слое ґрунта, подстилаемом скальным основанием / М.: Стройиздат, 1946. 60 с.
3. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) / НИИОСП им. Герсеванова. М.: Стройиздат, 1986. 415 с.
4. Основи та фундаменти споруд: Зміна №1 до ДБН В.2.1-10-2009. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 55 с.



5. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіон України, ДП «Укрархбудінформ», 2018. 36 с.
  6. Лучковский И.Я. Взаимодействие конструкций с основанием / И.Я. Лучковский. – Харків: ХДАГХ (Бібліотека журналу ІТЕ), 2000. Том 3. 264 с.
  7. Lutchkovsky, I.J. Definition of the parameters of an elastic finite layer: [text] / I.J. Lutchkovsky, O.V. Samorodov // Proceedings of the XVI European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development. Edinburgh, Scotland: 2015. P. 3711-3715.
  8. Byrne, G., Berry, AD. A Guide to Practical Geotechnical Engineering in Southern Africa. 4th edition. Published by Franki, 2008. 423 pp.
  9. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник / Л.М. Шутенко, О.Г. Рудь, О.В. Кічаєва, О.В. Самородов, О.В. Гаврилюк; за ред. Л. М. Шутенка ; пер. з рос. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 563 с.
  10. Настанова з проектування підпірних стін: ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014. Київ: Мінрегіон України, 2015. 86 с.
  11. Empfehlungen des Arbeitskreises "Numerik in der Geotechnik" – EANG. Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (ed.), 2014. 196 pp.
8. Byrne, G., & Berry, A. D. (2008). A Guide to Practical Geotechnical Engineering in Southern Africa (4th ed.). Published by Franki.
  9. Shutenko, L. M., Rud, O. G., Kichaeva, O. V., Samorodov, O. V., & Gavryliuk, O. V. (2017). Mechanics of soils and foundations: a textbook. Edited by L. M. Shutenko. Kharkiv: Kharkiv National University of Municipal Economy named after O. M. Beketov.
  10. DSTU-N B V.2.1-31:2014. (2015). Guidelines for the design of retaining walls. Kyiv: Minregion of Ukraine.
  11. Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.v. (2014). Recommendations of the Working Group "Numerics in Geotechnics".

Стаття надійшла до редакції 26.05.2023 року

## REFERENCES

1. Egorov, K. E. (1958). On the deformation of a finite thickness foundation. Mechanics of Soils: Proceedings of the Institute of Foundations and Underground Structures, 34, 5-33.
2. Gorbunov-Posadov, M. I. (1946). Settlements of foundations on a layer of soil underlain by bedrock. Moscow: Stroyizdat.
3. NIIOSP named after N. M. Gersevanov. (1986). Manual for the design of foundations for buildings and structures (to SNiP 2.02.01-83). Moscow: Stroyizdat.
4. Amendment No. 1 to DBN V.2.1-10-2009. (2011). Foundations and foundations of structures: Kyiv: Minregionbud of Ukraine.
5. DBN V.2.1-10:2018. (2018). Bases and foundations of buildings and structures. Main provisions. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Utility Services of Ukraine, SE Ukrarkhbudinform.
6. Luchkovsky, I. Y. (2000). Interaction of structures with the foundation (Vol. 3). Kharkiv: KDAAGH (Library of the journal ITE)
7. Lutchkovsky, I. J., & Samorodov, O. V. (2015). Definition of the parameters of an elastic finite layer. In Proceedings of the XVI European Conference on Soil Mechanics and



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

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

## ГРЕБЛІ З ҐРУНТОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ

### АНОТАЦІЯ

В статті розглянуті конструктивні особливості сучасних гребель з ґрунтових матеріалів та проект нового національного стандарту ДСТУ ХХХХ:202Х «Греблі з ґрунтових матеріалів. Загальні вимоги».

Греблі з ґрунтових матеріалів – це найпоширеніший тип гідротехнічних споруд. Вони входять до складу більшості гідровузлів. Від їх технічного стану залежить надійна та безпечна робота гідроелектростанцій та гідроакумулюючих електростанцій, що суттєво впливає на економічну, екологічну та соціальну ситуацію в регіоні їх розташування. Греблі будують у різноманітних геологічних умовах з наявних у районі будівництва гідровузла ґрунтів, у тому числі із ґрунтів, вилучених з котлованів будівель і споруд, бетонних гребель, шлюзів, водоскидів тощо.

Новий національний стандарт ДСТУ ХХХХ:202Х «Греблі з ґрунтових матеріалів. Загальні вимоги»

(далі – новий національний стандарт) розробляється вперше в розвиток основних положень нової редакції ДБН В.2.4-3:2023 «Гідротехнічні споруди. Основні положення» [1] та на заміну СНиП 2.06.05-84\* «Плотины из ґрунтових матеріалов» [2]. Новий національний стандарт регламентує вимоги до проектування гребель і напірних дамб з ґрунтових матеріалів (ґрунтових насипних, наливних, кам'яно-ґрунтових, кам'яно-накидних та вибухо-накидних) при новому будівництві, реконструкції та капітальному ремонті для об'єктів гідроенергетики, водного та морського транспорту, меліорації, водопостачання і водовідведення, риборозведення, захисту територій від затоплення, складування рідких відходів промислових підприємств та поширюється на об'єкти нового будівництва та реконструкції, у складі яких існують греблі і напірні дамби з ґрунтових матеріалів.



Новий національний стандарт разом з іншими ДБН та ДСТУ утворює комплекс нормативних актів та документів щодо проектування гребель з ґрунтових матеріалів, що дозволяє підвищити надійність їх проектування в різних інженерно-геологічних умовах та забезпечити високий рівень безпеки в проектних умовах експлуатації.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** безпека, водосховище, гідроелектростанція (ГЕС), гідроакумуюча електростанція (ГАЕС), гребля, діафрагма, дренаж, екран, кріплення укосів, надійність, протифільтраційні пристрої, ядро.

## DAMS FROM SOIL MATERIALS AND ITS DESIGN FEATURES

### ABSTRACT

The article discusses the design features of modern dams made of soil materials and the draft of a new national standard DSTU XXXX:202X "Dams from soil materials. Substantive provisions".

Dams made of soil materials are the most common type of hydraulic structures. They are a part of most hydraulic units. The reliable and safe operation of hydroelectric power plants and hydroelectric pumped storage power plants depends on their condition, which has a significant impact on the economic, environmental and social situation in the region of their location. Dams are built in various geological conditions from the soils available in the area of construction of the hydraulic unit, including soils removed from the pits of buildings, concrete dams, sluices, spillways, etc.

New national standard DSTU XXXX:202X "Dams from soil materials. General requirements" (hereinafter referred to as the new national standard) is being developed for the first time to develop the main provisions of the new edition of DBN V.2.4-3:2023 "Hydraulic structures. Basic Provisions" [1] and to replace SNiP 2.06.05-84\* "Dams from Soil Materials" [2]. The new national standard regulates the requirements for the design of dams and embankment dams made of soil materials (earthfill dam, hydraulic-fill dam, earth-and-rockfill dam, rockfill embankment and pin-point explosion dam) for new construction, reconstruction and overhaul for hydropower facilities, water and maritime transport, land reclamation, water supply and drainage, fish farming, protection of territories from flooding, storage of liquid waste from industrial enterprises and applies to construction and reconstruction objects, which include dams and embankment dams made of soil materials.

The new national standard, together with other DBN and DSTU, creates a set of regulations and documents for the design of dams from soil materials, which makes it possible to increase the reliability of their design in various engineering and geological conditions and ensure a high level of safety in design

operating conditions.

**KEYWORDS:** safety, reservoir, hydroelectric power plant (HPP), hydroelectric storage power plant (HAPP), dam, diaphragm, drainage, screen, slope fastening, reliability, anti-filtration devices, core.

### ВСТУП

Греблі з ґрунтових матеріалів – це найпоширеніший тип гідротехнічних споруд (далі – ГТС). Вони входять до складу більшості гідровузлів. Від їх технічного стану залежить надійна та безпечна робота гідроелектростанцій (далі – ГЕС) та гідроакумуючих електростанцій (далі – ГАЕС), що суттєво впливає на економічну, екологічну та соціальну ситуацію в регіоні їх розташування. Їх будують у різноманітних геологічних умовах з наявних у районі будівництва гідровузла ґрунтів, у тому числі з ґрунтів, вилучених з котлованів ГТС (будівель ГЕС, ГАЕС, бетонних гребель, шлюзів, водоскидів тощо). Їх будівництво характеризується високою технологічністю, комплексною механізацією робіт. Як правило, греблі з ґрунтових матеріалів будують глухими.

Розміри поперечного профілю греблі залежать від її типу, висоти, ґрунтів основи й тіла греблі, навантажень і впливів, а також умов будівництва й експлуатації. За видами ґрунту, що використовуються, греблі поділяються на:

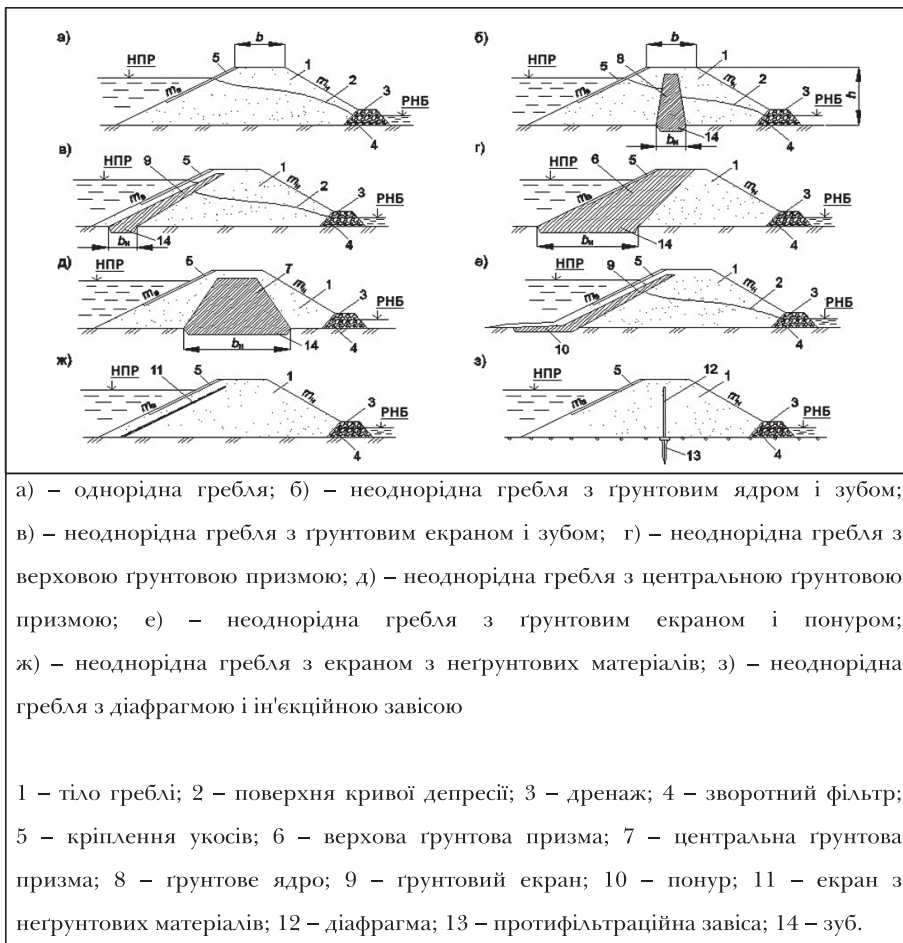
- однорідні греблі, що споруджуються, в основному, з одного ґрунту (наприклад, з піску або суглинку);
- неоднорідні греблі, що споруджуються з різних ґрунтів. До них належать греблі із протифільтраційними (водонепроникними) елементами: ядром (діафрагмою), екраном із ґрунту (суглинку, глини) або з неґрунтових матеріалів (бетону, залізобетону, металу).

### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

При будівництві гребель використовують практично всі види ґрунтів, за винятком ґрунтів, що містять водорозчинні включення хлоридних солей більше 5% за масою, сульфатних або сульфатно-хлоридних солей – більше 10% за масою; залишки рослин та органічних речовин, що не повністю розклалися – не більше 5% за масою або повністю розклалися органічні речовини (в аморфному стані) – не більше 8%. При обґрунтуванні та проведенні необхідних захисних заходів ці ґрунти також допускаються до застосування.

Основні види ґрунтових насипних гребель наведені на рис. 1.

Особливість роботи гребель з ґрунтових матеріалів полягає в тому, що вони постійно контактують з солоною або прісною водою, яка знаходиться у спокої або русі та чинить на споруди механічні, фізико-хімічні та біологічні дії. Вода впливає на греблі як ззовні у вигляді гідродинамічного тиску хвиль на укоси гре-



а) – однорідна гребля; б) – неоднорідна гребля з ґрунтовим ядром і зубом; в) – неоднорідна гребля з ґрунтовим екраном і зубом; г) – неоднорідна гребля з верховою ґрунтовою призмою; д) – неоднорідна гребля з центральною ґрунтовою призмою; е) – неоднорідна гребля з ґрунтовим екраном і понуrom; ж) – неоднорідна гребля з екраном з неґрунтових матеріалів; з) – неоднорідна гребля з діафрагмою і ін'єкційною завісою

1 – тіло греблі; 2 – поверхня кривої депресії; 3 – дренаж; 4 – зворотний фільтр; 5 – кріплення укосів; 6 – верхова ґрунтова призма; 7 – центральна ґрунтова призма; 8 – ґрунтове ядро; 9 – ґрунтовий екран; 10 – понур; 11 – екран з неґрунтових матеріалів; 12 – діафрагма; 13 – протифільтраційна завіса; 14 – зуб.

**Рисунок 1** – Основні види ґрунтових насипних гребель

бель, так і з середини у вигляді фільтраційного потоку, що рухається в тілі греблі під дією напору (різниця рівнів води між верхнім б'єфом та нижнім). У першому випадку верхові укоси гребель слід захищати від руйнування різними видами кріплень, а у другому випадку – застосовувати дренажні пристрої для захисту низових укосів гребель від фільтраційних деформацій. Таким чином, греблі з ґрунтових матеріалів весь час функціонують в екстремальних умовах під постійним впливом води. Нормативний строк їх експлуатації повинен відповідати строку експлуатації гідровузла, до складу якого вони входять, і за чинними нормами становить 120 років [3].

Греблі з ґрунтових матеріалів входять до напірного фронту гідровузлів, створюють водосховища та успішно працюють на всіх ГЕС та ГАЕС України, розташованих на річках Дніпро та Дністер, а також на інших малих ГЕС. Розміри поперечного профілю греблі залежать від її типу, висоти, ґрунтів основи й тіла греблі, навантажень і впливів, а також умов будівництва й експлуатації.

До основних елементів поперечного профілю греблі належать: гребінь греблі (як правило, проїзний), кріплення верхового та низового укосів, дренажні пристрої руслової та заплавної ділянок греблі,

протифільтраційні пристрої в тілі греблі та в її основі.

За видами ґрунту, що використовується при будівництві, греблі поділяються на:

- однорідні греблі, які виконують, в основному, з одного виду ґрунту (з піску або суглинку);
- неоднорідні греблі, що виконують з різних ґрунтів (греблі із протифільтраційними пристроями: водонепроникним ядром (діафрагмою), екраном із ґрунту (суглинку, глини) або неґрунтових матеріалів (бетон, метал, геосинтетичні матеріали)).

За способом зведення греблі поділяються на такі основні види:

- намівні греблі, що будуються за допомогою засобів гідромеханізації;
- насипні греблі, що будуються пошаровим відсіпанням ґрунту насуху з наступним ущільненням його самохідними механізмами (котками);
- насипні греблі, що будуються відсіпанням ґрунту у воду;
- вибухо-накидні, коли основне тіло греблі виконується спрямованим вибухом, а потім до проектного профіля гребля відсіпається засобами механізації.

Намівні греблі знаходять застосування, в основному, при будівництві низько- та середньонапірних гідровузлів на рівнинних річках. Трудомісткість виконання намівних гребель і їх вартість, зазвичай, нижча, ніж при зведенні насипних гребель. На ГЕС Дніпровського каскаду знайшли застосування намівні греблі розпластаного профілю із закладанням верхового укосу до 1:50 без кріплення його залізобетонними плитами чи каменевим накидом. Довжина гребель (включно з дамбами) може досягати десятків кілометрів (наприклад, Київської ГЕС – 48,2 км з об'ємом води – 28,3 млн. м<sup>3</sup>; Середньодніпровської ГЕС – 35,4 км з об'ємом води – 22,7 млн. м<sup>3</sup>).

Греблі, що будуються відсіпанням ґрунту у воду, дозволяють використовувати ґрунти з підвищеною вологістю (моренні, суглинисто-дресвяні, суглинні й лесовидні тощо), виконувати роботи як у суху, так і в дощову погоду. Відсіпання ґрунтів у воду, зазвичай, проводять піонерним способом як у штучні водойми, утворені обвалуванням, так і в природні. Відсіпання



грунтів у природні водойми без влаштування перемичок допускається лише за відсутності швидкостей течії, здатних розмивати та уносити дрібні фракції ґрунту, що відсипається. При відсипанні насипу в природні водойми та ставки глибиною від урізу води до 4 м, товщина шару ґрунту повинна призначатися за умов його фізико-механічних властивостей та наявності запасу сухого ґрунту над горизонтом води для забезпечення проходу транспортних засобів. При глибинах природних водойм від урізу води понад 4 м можливістю відсипання ґрунтів повинна визначатися дослідним шляхом у натурних умовах. При середньодобовій температурі повітря до мінус 5°C роботи з відсипання ґрунтів у воду проводяться за літньої технологією без проведення спеціальних заходів. Для зведення гребель способом відсипання ґрунтів у воду придатні ґрунти будь-якого ступеня комковатості (від однорідного до неоднорідного з грудок, що важко піддаються механічному подрібленню). Кінцева щільність ґрунту в тілі греблі досягається з часом в результаті впливу власної ваги греблі та фізико-хімічних процесів, що відбуваються в ґрунтах, що відсипаються у воду.

Насипні греблі застосовуються як на будівництві низьких середньонапірних гідровузлів, так і високонапірних гідровузлів на скельних основах.

При доставці ґрунту автосамоскидами або колісними тракторами-тягачами товщина шару, що відсипається і ущільнюється, може досягати: з глинистого і суглинистого ґрунту 0,5 м, з супіщаного 0,8 м і з піщаного 1,2 м. Ущільнення ґрунту, залежно від виду застосування засобів механізації, поділяються, в основному, на такі види: укочування, вібрування, трамбування та комбінований спосіб. Якщо насип відсипають не шарами із застосуванням автосамоскидів, тракторів з причепами та скреперів, то ущільнювати шари ґрунту обов'язково, оскільки у процесі відсипання насипу машинами ґрунт буде ущільнений настільки, що його осідання буде незначним. Рух машин (самоскидів, скреперів) слід регулювати по всій ширині насипу. До відсипання наступного шару можна переходити тільки після розрівнювання та ущільнення шару ґрунту нижче до необхідної щільності, яку можна досягти при оптимальній вологості ґрунту. Тому його слід ущільнювати одразу після відсипання, щоб не допустити пересихання ґрунту.

Насипні неоднорідні греблі з великоуламкових ґрунтів у вигляді гірської маси (каменю) поділяють на кам'яно-накидні (кам'яно-насипні), що відсипаються шарами з ущільненням механізмами з водонепроникними елементами з неґрунтових матеріалів (т.з. залізобетонним екраном, діафрагмою) та кам'яно-ґрунтові з водонепроникними елементами із ґрунту. Найвища у світі кам'яно-ґрунтова Нурекська гребля (висотою 300 м) розташована на р. Вахш (рис. 2).

Вибухо-накидні греблі застосовуються в гірських умовах при вузьких долинах та скельних берегах для інженерного захисту від селевих потоків. Перша в світі гребля «Медеу», створена шляхом спрямованих

вибухів, висотою 107 метрів і обсягом селесховища 6,2 млн. м<sup>3</sup>, розташована у долині річки Кіші Алматы (Мала Алматинка) на висоті 1750 м над рівнем моря.

Розглянемо влаштування гребель з ґрунтових матеріалів на Дніпровському та Дністровському каскадах ГЕС та ГАЕС.

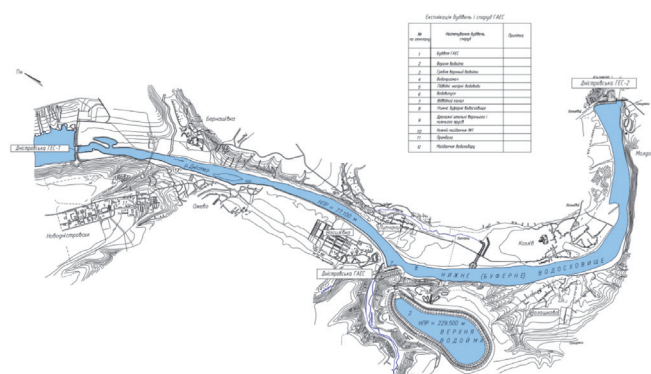
Всі водосховища Дніпровського та Дністровського каскадів комплексного призначення. Їх водні ресурси використовуються для гідроенергетики, комунального і промислового водопостачання, зрошування і зволоження земель, водного транспорту, рибного господарства, рекреації.

До складу Дніпровського каскаду входять шість водосховищ: Київське, Канівське, Кременчуцьке, Середньодніпровське, Дніпровське і Каховське (наразі зруйнована Каховська ГЕС внаслідок підризу окупаційними військами російської федерації).

Основні характеристики водосховищ та ГЕС і ГАЕС Дніпровського каскаду наведені в [4÷6]. Більш детально зупинимось на Дністровському каскаді ГЕС



**Рисунок 2** – Нурекська гребля з ґрунтових матеріалів на р. Вахш



**Рисунок 3** – Схема розташування Дністровського каскаду ГЕС і ГАЕС



та ГАЕС.

До складу Дністровського каскаду ГЕС і ГАЕС входять: Дністровська ГЕС-1 з водосховищем сезонного регулювання стоку з переходом на багаторічне; ГЕС-2 на буферному водосховищі; Дністровська ГАЕС, яка розташована на правому березі буферного водосховища нижче створу ГЕС-1. В якості нижньої водойми ГАЕС використовує буферне водосховище. Верхня

водойма ГАЕС створена в напіввміці-напівнасіпу шляхом обвалування дамбами на плато, розташованому вище рівня р. Дністер приблизно на 150 м.

Схема розташування Дністровського каскаду ГЕС і ГАЕС наведена на рис. 3, характеристики водосховищ – в табл. 1, характеристики гребель з ґрунтових матеріалів – в табл. 2, а їх вигляд – на рис. 4÷7.

Таблиця 1 – Характеристики водосховищ Дністровського каскаду (згідно з [7])

Характеристики водосховища	Дністровське	Буферне	Верхня водойма Дністровської ГАЕС
Зарегульований водотік	р. Дністер	р. Дністер	Штучна водойма
Відстань від гирла ріки до гідровузла, км	677,7	657,9	668,4 (від гирла Дністра)
Вид регулювання	Сезонне з переходом на багаторічне	Тижневе і добове	Добове
Призначення водосховища	Боротьба з поводками, гідроенергетика, водопостачання, зрошення	Гідроенергетика	Гідроенергетика
Рік введення в експлуатацію	1986	2002	2013
Рівні води, м:			
- нормальний підпірний рівень (НПР)	121,0	77,1	229,5
- рівень мертвого об'єму (РМО)	102,5	67,6	215,5
- форсований підпірний рівень (ФПР) при пропуску паводку	125,0	82,0	-
Статичний об'єм, млн.м <sup>3</sup> :			
- при ФПР	3227	99,07	-
- при НПР	2657	58,10	41,43
- при РМО	750	6,50	8,73
- корисний (між НПР і РМО)	1907	31,80	32,7
Площа дзеркала, км <sup>2</sup> :			
- при НПР;	136	7,30	2,61
- при РМО	67,9	3,35	2,19
Довжина, км	194	19,8	2,90
Середня ширина, м	701	369	900
Глибина, м:			
- максимальна;	54	17,1	29,75
- середня.	19,5	7,96	15,9



Таблиця 2 – Характеристики водосховищ Дністровського каскаду (згідно з [7])

Греблі ГЕС та ГАЕС	Характеристика гребель Дністровського каскаду
Дністровський гідровузол (ГЕС-1)  Лівобережна гребля (рисунок 4)	Тип греблі: кам'яно-грунтова, насипна. Грунт основи: піщаники. Відмітка гребня – 127,0 м (в русловій частині). Максимальний напір – 53 м. Будівельна висота – 59,0 м. Довжина по гребню – 620 м. Ширина по гребню – 12,0 м, ширина по підшві – 300 м. Протифільтраційні і дренажні заходи: цементаційна завіса в русловій частині, ін'єкційна завіса в лівобережній частині, трубчатий дренаж в НБ. Спрягання греблі з бетонними конструкціями: залізобетонні стояни, підпірні стінки, спрягаюча стінка. Особливості конструкції: центральне ядро з суглинку, перехідні зони з піщано-гравійної суміші, упорні призми з гірської маси з боку НБ і ВБ; пошарове укладання і укочування ґрунту в тілі греблі; цементаційна потерна в основі ядра. Закладання укосів: верхового – 1:1,8; низового – 1:1,7. Тип кріплення укосів: гірська маса, банкети
Правобережна гребля (рисунок 4)	Тип греблі: кам'яно-грунтова, насипна. Грунт основи: аргіліт, піщаники. Відмітка гребня – 127,0 м. Максимальний напір – 41 м. Будівельна висота – 47,5 м. Довжина по гребню – 270 м. Ширина по гребню – 24 м, ширина по підшві – 163 м. Протифільтраційні і дренажні заходи: цементаційна завіса, трубчатий дренаж в НБ. Спрягання греблі з бетонними конструкціями: залізобетонні стояни, підпірні і спрягаючі стінки. Особливості конструкції: центральне ядро з суглинку, перехідні зони з піщано-гравійної суміші, упорні призми з гірської маси з ВБ і НБ; пошарове укладання і укочування ґрунту в тілі греблі; цементаційна потерна в основі ядра. Закладання укосів; верхового – 1:1,8; низового – 1:1,7. Тип кріплення укосів: гірська маса
Верхня водойма Дністровської ГАЕС (рисунок 5)	Створена в напіввиїмці-напівнасіпу шляхом обвалування огорожувальною греблею (дамбою) з максимальним використанням ґрунтів з корисної виїмки – піску, суглинку, глини, вапняку. Довжина водойми 2900 м, загальна довжина огорожувальної лівобережної і правобережної дамб – 7250 м (по розбивочній осі), 7220 м (по осі гребня дамби з відміткою +231,5 м).
Дністровська ГЕС-2 на буферному водосховищі  Лівобережна гребля (рисунки 6, 7)	Глуха з ґрунтових матеріалів. Верховий клин відсипано з суглинку, низовий – з суглинку і супіску. Відмітка гребня – 84,0 м. Довжина греблі по гребню – 520,0 м. Ширина по гребню – 10 м. Максимальна висота – 23 м. Кріплення відкосів: – верхового до відмітки 78,7 м – залізобетонними плитами на одношаровому фільтрі з піщано-гравійної суміші; – вище відмітки 78,7 м – полегшене залізобетонне кріплення товщиною 15 см по шару піщано-гравійної суміші; – низовий укис до відмітки 76,0 м у приляганні до стоянів – монолітними залізобетонними плитами; – на інших ділянках – несортованою гірською масою по шару піщано-гравійної підготовки.
Правобережна гребля	Глуха з ґрунтових матеріалів. Відсипана з відвальних ґрунтів аргілітового кар'єру з екраном з суглинистих ґрунтів. Відмітка гребня – 84,0 м. Довжина греблі по гребню – 192 м, максимальна висота – 22 м. Кріплення укосів - аналогічно кріпленню укосів лівобережної земляної греблі.



Рисунок 4 – Лівобережна та правобережна кам'яно-земляні греблі. Вид з НБ Дністровської ГЕС





**Рисунок 5** – Кріплення верхового та низового укосів огорожувальної дамби верхньої водойми Дністровської ГАЕС



**Рисунок 6** – Кріплення верхового укосу лівобережної греблі Дністровської ГЕС-2 на буферному водосховищі монолітними залізобетонними плитами



**Рисунок 7** – Опускні п'єзометри на лівобережній греблі з ґрунтових матеріалів Дністровської ГЕС-2 на буферному водосховищі

Греблі з ґрунтових матеріалів напірного фронту всіх гідровузлів Дніпровського та Дністровського каскадів відносяться до об'єктів будівництва класу наслідків (відповідальності) ССЗ. Можливі аварії на цих потенційно небезпечних об'єктах можуть мати багатофакторний вплив на при-

родне середовище, на життя людини та її господарську діяльність, тому надійність і безпека ГТС гідровузлів повинна бути забезпечена упродовж всього строку їх експлуатації, а також при ремонтах, реконструкції, консервації та ліквідації.

За період тривалої експлуатації ГТС гідровузлів

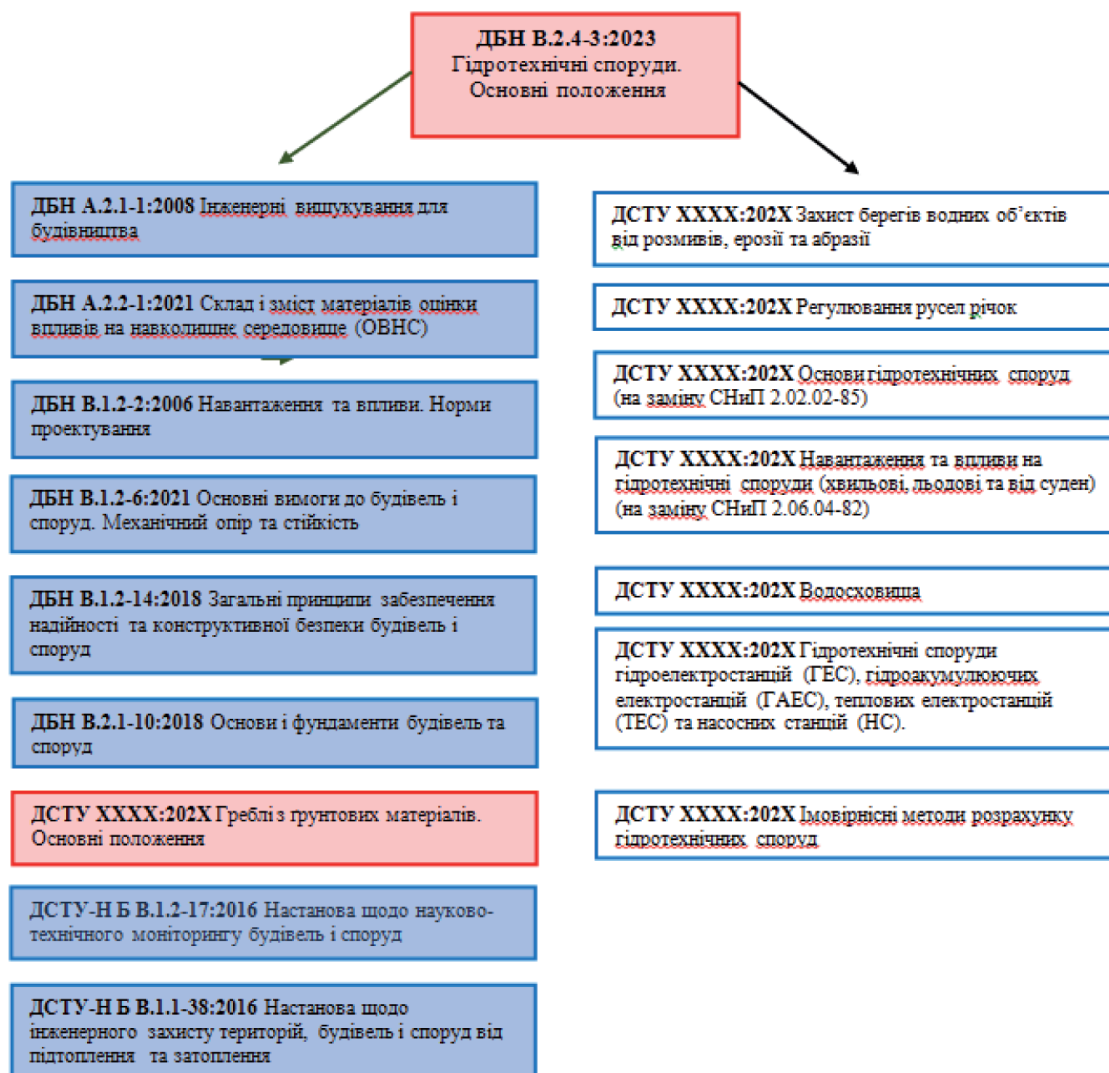


Дніпровського та Дністровського каскадів ГЕС (початок експлуатації ДніпроГЕС з 1932 року) на них не було значних аварій гребель з ґрунтових матеріалів, що свідчить про надійність і безпеку цих гребель та необхідність удосконалення норм проектування щодо забезпечення їх подальшої надійної і безпечної роботи на відповідному рівні [4÷6].

Існуючий комплекс нормативних актів і документів з проектування гребель (дамб) з ґрунтових матеріалів складається із чинної редакції ДБН В.2.4-3:2010 [8] та ДБН А.2.1-1:2008 [9], ДБН В.1.2-2:2006 [10], ДБН В.1.2-6:2021 [11], ДБН А.2.2-1:2021 [12], ДБН В.1.2-14:2018 [3], ДСТУ-НБВ.1.2-17:2016[13], ДСТУ-НБВ.1.1-38:2016 [14], СНиП 2.02.02-85 [15], СНиП 2.06.04-82\*[16], СНиП 2.06.05-84\* [2]. Аналіз складу та змісту цих документів свідчить про застарілість і невідповідність деяких з них сучасним вимогам

до нормування і стандартизації в будівництві, а також сучасному стану безпеки та надійності при проектуванні гребель (дамб) з ґрунтових матеріалів. Розроблення нової редакції ДБН В.2.4-3:2023 «Гідротехнічні споруди. Основні положення» [1] показало, що проектування ґрунтових гребель вимагає розроблення підтримуючого стандарту, який конкретизуватиме положення, що закладені в цих нормах, і створить умови для подальшого проектування гребель з урахуванням останніх досягнень будівельної науки.

Новий національний стандарт, разом з іншими ДБН та ДСТУ, складає комплекс нормативних актів та документів щодо проектування ГТС, що дозволяє підвищити надійність і безпеку при проектуванні гребель з ґрунтових матеріалів в різних інженерно-геологічних умовах та забезпечити високий рівень безпеки їх роботи в проектних умовах експлуатації (рис. 8).



**Рисунок 8** – Структура комплексу нормативних актів та документів щодо проектування гребель з ґрунтових матеріалів (червоним кольором виділені ДБН та ДСТУ, що розроблені та знаходяться на стадії затвердження, синім – чинні ДБН та ДСТУ, а без кольору – ДСТУ, що плануються до розробки в розвиток положень ДБН В.2.4-3:2023 та на заміну ДБН і СНиП)



Новий національний стандарт розроблений ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» в розвиток положень нової редакції ДБН В.2.4-3:2023 «Гідротехнічні споруди. Основні положення» [1] та на заміну СНиП 2.06.05-84\* «Плотини из ґрунтових матеріалів» [3].

Новий національний стандарт спрямований на удосконалення проектування нових і реконструкції існуючих гребель з ґрунтових матеріалів, а саме:

- забезпечення надійної роботи гребель з ґрунтових матеріалів в складних інженерно-геологічних та гідрологічних умовах території та річок України;
- підвищення ефективності проектування, будівництва та експлуатації гребель з ґрунтових матеріалів за рахунок зменшення витрат шляхом застосування місцевих дешевих матеріалів (піщаних та глинистих ґрунтів), прийняття національних рішень, врахування складних інженерно-геологічних та гідрологічних умов річок України.

Новий національний стандарт встановлює основні вимоги до матеріалів насипних, наливних, кам'яно-ґрунтових, кам'яно-накидних та вибухо-накидних гребель, окреслення і кріплення укосів, гребня гребель, протифільтраційних та дренажних пристроїв, спрягання гребель з основою, берегами, бетонними спорудами, основні положення розрахунку гребель, захисту територій від затоплення, складування рідких відходів промислових підприємств.

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

Для підвищення оперативності та достовірності контролю безпеки та надійності гребель з ґрунтових матеріалів (за напружено-деформованим станом, осіданнями гребель та основи, п'єзометричними рівнями води та фільтраційними витратами в тілі греблі, в основі та в примиканнях до берегів гребель тощо) передбачено їх оснащення автоматизованими системами контролю (далі – АСК). 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.

Склад та обсяг інженерних вишукувань має забезпечувати отримання вихідних матеріалів для розроблення проекту ГТС, включаючи розрахун-

ки, прийняття рішень з інженерного захисту, охорони довкілля.

Греблі з ґрунтових матеріалів 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 повинні виконуватись заходи щодо виключення забруднень акваторії та прилеглої берегової зони будівельним та іншим сміттям, стічними водами, токсичними речовинами тощо.

Режими експлуатації ГТС (порядок спрацювання і наповнення водосховища, попуски в нижній б'єф, рівні б'єфів тощо) повинні визначатися проектом.

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 мають бути направлені на забезпечення безпеки людей, захист довкілля, надійну експлуатацію гребель на основі науково-технічного прогнозу і аналізу даних моніторингу їх технічного стану.

## ВИСНОВКИ

1. Розроблено новий національний стандарт ДСТУ XXXX:202X «Греблі з ґрунтових матеріалів. Загальні вимоги» з врахуванням сучасних вимог до проектування ГТС.
2. Цей новий національний стандарт разом з іншими ДБН та ДСТУ утворює комплекс нормативних актів та документів щодо проектування гребель з ґрунтових матеріалів, що дозволяє підвищити надійність їх проектування в різних інженерно-геологічних умовах та забезпечити високий рівень безпеки в проектних умовах експлуатації.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гах Н., Слюсаренко Ю., Шумінський В. Особливості нової редакції ДБН В.2.4-3:2023 «Гідротехнічні споруди. Основні положен-



- ня». Журнал «Наука та будівництво». 2023. № 35 (1). URL: <http://journal-niisk.com/index.php/scienceandconstruction/article/view/205>
2. СНиП 2.06.05-84\*. Плотины из грунтовых материалов. Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1991. 49 с.
  3. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. 36 с.
  4. Фаренюк Г.Г., Вайнберг О.І., Хлапук М. М., Шумінський В.Д. Надійність та безпека гідротехнічних споруд в умовах тривалої експлуатації. Журнал «Наука та будівництво». 2019. № 2 (20). С. 4-18.
  5. Фаренюк Г.Г., Вайнберг О.І., Шумінський В.Д. Надійність та безпека гідротехнічних споруд Дніпровського та Дністрівського каскадів ГЕС. Журнал «Наука та будівництво». 2020. № 3 (25). С. 3-12.
  6. Y. Slyusarenko, O. Shevchyk, Ya. Dombrovskiy, V. Shuminskyi, O. Lisenyi. Assessment of technical state of unfinished structures of the Dnistrovska PSP. Журнал «Наука та будівництво». 2021. №2. С. 28-40
  7. Правила експлуатації водосховищ Дністрівського каскаду ГЕС і ГАЕС при НПП 77,10 м буферного водосховища. 732-39-Т48. Харків: Проектно-інженеринговий комплекс "ГРАНТ" (ТОВ "Гідротехпроект", ПАТ "Укргідропроєкт"), 2016. 106 с.
  8. ДБН В.2.4-3-2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення. Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. 37 с.
  9. ДБН А.2.1-1:2008. Інженерні вишукування для будівництва. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 76 с.
  10. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження та впливи. Норми проектування. Київ: Мінбуд України, 2006. 75 с.
  11. ДБН В.1.2-6:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 36 с.
  12. ДБН А.2.2-1:2021. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС). Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 26 с.
  13. ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016. Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 109 с.
  14. ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016. Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 141 с.
  15. СНиП 2.02.02-85. Основания гидротехниче-

ских сооружений. Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. 45 с.

16. СНиП 2.06.04-82\*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов. Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. 41 с.

## REFERENCES

1. Gakh, N., Slyusarenko, Y., & Shuminskyi, V. (2023). Features of the New Edition of DBN V.2.4-3:2023 "Hydraulic Structures. Basic Provisions." Journal "Science and Construction," 35(1). Retrieved from <http://journal-niisk.com/index.php/scienceandconstruction/article/view/205>
2. SNiP 2.06.05-84\*. (1991). Earthfill Dams. Moscow: CITP Gosstroya SSSR.
3. 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.
4. Farenjuk, G., Vainberg, O., Khlapuk, M., & Shuminskyi, V. (2019). Reliability and Safety of Hydraulic Structures in Long-Term Operation. Science and Construction, 2(20), 4-18.
5. Farenjuk, G., Vainberg, O., & Shuminskyi, V. (2020). Reliability and Safety of Hydro-Technical Structures in the Dnieper and Dniester Cascade Hydropower Plants. Science and Construction, 3(25), 3-12.
6. Slyusarenko, Y., Shevchyk, O., Dombrovskiy, Ya., Shuminskyi, V., & Lisenyi, O. (2021). Assessment of the Technical State of Unfinished Structures of the Dnistrovska Pumped Storage Power Plant. Journal "Science and Construction," 2, 28-40.
7. Project Engineering Complex "GRANT" (Hydrotechproject LLC, Ukrhydroproject JSC). (2016). Rules for the Operation of the Reservoirs of the Dniester Cascade Hydropower Plants and Pumped Storage Power Plants at the Normal Operating Level of 77.10 m of the Buffer Reservoir. 732-39-Т48. Kharkiv.
8. DBN V.2.4-3-2010. (2010). Hydraulic Structures. Basic Provisions. Kyiv: Ukrarhbuildinform.
9. DBN A.2.1-1:2008. (2008). Engineering Surveys for Construction. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
10. DBN V.1.2-2:2006. (2006). Loads and Effects. Design Standards. Kyiv: Ministry of Construction of Ukraine.
11. DBN V.1.2-6:2021. (2022). Basic Requirements for Buildings and Structures. Mechanical Resistance and Stability. Kyiv: Ministry of



Development of Communities and Territories of Ukraine.

12. DBN A.2.2-1:2021. (2022). Composition and Content of Environmental Impact Assessment Materials (EIAM). Kyiv: Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine.
13. DSTU-N B V.1.2-17:2016. (2017). Guidelines for Scientific and Technical Monitoring of Buildings and Structures. Kyiv: "UkrNDNC".
14. DSTU-N B V.1.1-38:2016. (2017). Guidelines for Engineering Protection of Territories, Buildings, and Structures against Flooding and Inundation. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNC".
15. SNiP 2.02.02-85. (1986). Foundations of Hydraulic Structures. Moscow: CИTП Gosstroya SSSR.
16. SNiP 2.06.04-82\*. (1989). Loads and Effects on Hydraulic Structures (Wave, Ice, and Ship Loads). Moscow: CИTП Gosstroya SSSR.

Стаття надійшла в редакцію 02.06.2023 року.



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-4>

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](mailto: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](mailto:n.maryenkov@ndibk.gov.ua), тел.: +38 (050) 415-36-03; ORCID: 0000-0001-8613-877X



**БАБІК К. М.**

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

## ОСОБЛИВОСТІ НОВОЇ РЕДАКЦІЇ ДБН В.1.1-12:202Х «БУДІВНИЦТВО У СЕЙСМІЧНИХ РАЙОНАХ. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ»

### АНОТАЦІЯ

В статті розглянуті особливості нової редакції державних будівельних норм ДБН В.1.1-12:202Х «Будівництво у сейсмічних районах. Основні положення». Ці норми розроблені ДП НДІБК на замовлення Міністерства розвитку громад та територій України за участі провідних наукових установ України у галузі сейсмостійкого будівництва: Інституту геофізики НАН України ім. С.І. Субботіна; Одеської державної академії будівництва та архітектури; Одеського національного морського університету; Інституту геотехнічної механіки НАН України ім. М.С. Полякова; Харківського національного університету будівництва та архітектури; Державного підприємства «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва»; Науково-виробничого товариства з обмеженою відповідальністю «СКАД Софт»; Товариства з

обмеженою відповідальністю «ЛИРА-САПР».

Нову редакцію норм розроблено на заміну ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України», які набули чинності з 01.10.2014р., з урахуванням положень Зміни № 1, яка набула чинності з 01.05.2019 р. Нову редакцію ДБН В.1.1-12:202Х розроблено на основі параметричного та цільового методів нормування.

Норми встановлюють основні положення щодо забезпечення вимог безпеки будівель і споруд різного призначення та класів наслідків (відповідальності), що зводяться або розміщені на майданчиках із сейсмічністю 6 балів і вище, на етапах проектування, будівництва та експлуатації.

Робота присвячена висвітленню основних особливостей нової редакції ДБН В.1.1-12:202Х «Будівництво у сейсмічних районах. Основні поло-



ження».

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** сейсмічна небезпека, сейсмічна інтенсивність, експлуатаційні рівні, сейсмостійкість, граничні стани

## FEATURES OF THE NEW EDITION DBN V.1.1-12:202X «CONSTRUCTION IN SEISMIC REGIONS. GENERAL PROVISIONS»

### ABSTRACT

The article examines the features of the new version of the state building codes DBN V.1.1-12:202X "Construction in seismic areas. Basic provisions". These norms were developed by NIISK on the order of the Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development of Ukraine with the participation of leading scientific institutions of Ukraine in the field of earthquake-resistant construction: The Institute of Geophysics (IGP) of the National Academy of Sciences of Ukraine by S.I. Subbotin name, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa National Maritime University, M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, State "Research institute of building production", SCAD SOFT Ltd, LIRA SAPR Ltd.

The new version of the norms was developed to replace DBN V.1.1-12:2014 "Construction in seismic areas of Ukraine", which came into force on October 1, 2014, taking into account the provisions of Amendment No. 1, which came into force on May 1, 2019. The new version of DBN V.1.1-12:202X was developed on the basis of parametric and target regulation methods.

Norms establishes the main provisions on ensuring the safety requirements of buildings and structures of various purposes and consequence classes (liability), erected or placed on sites with a seismicity of 6 points and above, at the stages of design, construction and operation.

The work is devoted to highlighting the main features of the new version of DBN V.1.1-12:202X "Construction in seismic areas. Basic Provisions".

**KEYWORDS:** seismic hazard, seismic intensity, performance level, seismic resistance, limit states

### ВСТУП

Закон України «Про будівельні норми» встановлює положення щодо забезпечення під час проектування, будівництва та експлуатації об'єктів дотримання основних вимог до будівель і споруд з урахуванням їх функціонального призначення.

Територія України знаходиться в зоні можливого впливу руйнівних землетрусів, інтенсивність яких на окремих територіях Одеської області та

Криму може сягати 9 балів. Сейсмічну небезпеку необхідно враховувати при проектуванні та експлуатації об'єктів громадського та виробничого призначення різного ступеня відповідальності [1].

Аналіз наслідків землетрусів, що відбулися в Туреччині у лютому 2023 року (06.02.23 р. – два землетруси з епіцентрами в Пазарджику (Mw7,7) і Ельбістані (Mw7,6); 20.02.23 р. – землетрус з епіцентром у Яйладагі, Хатай (Mw6,4), свідчать про те, що основними причинами руйнування будівель і споруд стали: низька несуча здатність ґрунтів основи, вік та технічний стан об'єктів, а також недотримання вимог будівельних норм [2, 3].

Будівельний кодекс Туреччини вперше з'явився після землетрусу в Ерзінджані (1939 р.), а в 1999 році був серйозно перероблений після Ізмітського землетрусу. Тоді було зруйновано чи сильно пошкоджено від 50 до 70 % будівель. Після цього відбулося значне доопрацювання норм (останні зміни у 2020 році) та ухвалення Національної стратегії з планом дій для пом'якшення наслідків землетрусів (на 2012-2023 р.р.). Попередній аналіз наслідків землетрусів 2023 року показав, що більшість зруйнованих будівель і споруд були побудовані за старими нормами [2].

Будівельники часто не дотримувались вимог щодо регулярності будівель у плані та за висотою, застосовували необґрунтовані перебудови та перепланування. Значну кількість зруйнованих будівель було зведено з монолітного залізобетону за безригельною конструктивною схемою, багато з них з «гнучкими нижніми поверхами», з перекриттями мінімальної товщини і недостатнім армуванням, які за відсутності необхідної кількості вертикальних діафрагм (стін і зв'язків) не змогли забезпечити просторовий характер роботи споруд та їх сейсмостійкість. Важливим фактором масштабу руйнувань в епіцентральної зоні (до 50 км від осередку землетрусу) стали повторні сейсмічні поштовхи, що призвели до руйнувань «малоциклової втоми» та роботи елементів конструкцій в області, що не враховується нормами багатьох країн, включаючи Туреччину.

Ключова роль та задачі наукової діяльності у забезпеченні надійності та безпеки об'єктів будівництва, удосконалення нормативних вимог, зокрема щодо забезпечення сейсмостійкості будівель і споруд, зазначена у роботах [1, 3].

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ПУБЛІКАЦІЙ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ

Вимоги щодо проектування будівель і споруд в сейсмічних районах встановлені у ДБН В.1.1-12 «Будівництво у сейсмічних районах України» [5], перша редакція яких набула чинності у 2006 році. Норми були розроблені на заміну СНиП II-7-81\*[6], базувались на досвіді аналізу наслідків землетрусів та розробках Міжнародної робочої групи за участі спеціалістів з 10 країн.



Особливістю ДБН В.1.1-12 в редакції 2006 року були карти загального сейсмічного районування ЗСР-2004, що були розроблені Інститутом геофізики НАН України ім. С.І. Суботіна та Кримською експертною радою з оцінки сейсмічної небезпеки та прогнозу землетрусів та враховували складні інженерно-геологічні умови території України. У 2010 році у розвиток положень ДБН В.1.1-12 було розроблено ДСТУ-Н Б В.1.1-28 «Шкала сейсмічної інтенсивності» [7].

Відповідно до Програми перегляду державних будівельних норм [8] у 2014 році ДБН В.1.1-12 були переглянуті з урахуванням досвіду застосування і використання сучасних методів проектування та гармонізації з нормами Європейського Союзу [9]. Зокрема, були запроваджені нові положення щодо визначення інтенсивності сейсмічних впливів відповідно до карт ЗСР-2004 з урахуванням класу наслідків (відповідальності) будівель і споруд, застосування нелінійних методів розрахунку, встановлення вимог до динамічної паспортизації об'єктів будівництва, проектування укосів та систем сейсмоізоляції.

У 2019 році набула чинності Зміна №1 ДБН В.1.1-12 [10], в якій були уточнені положення з визначення сейсмічних навантажень на будівлі житлового та громадського призначення із значним (СС3) класом наслідків (відповідальності), що не ідентифікуються як об'єкти підвищеної небезпеки відповідно до Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» [11]; запроваджено вимоги щодо визначення сейсмічних навантажень на багатоповерхові та висотні будівлі, а також вимоги щодо проектування малоповерхових (до 3 поверхів) будівель з несучими стінами із газобетонних блоків автоклавного тверднення. Актуалізовані положення ДБН В.1.1-12 ґрунтувалися на аналізі світового та вітчизняного досвіду, результатах експериментально-теоретичних досліджень [12-16].

### ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Основною задачею даної публікації є висвітлення основних особливостей нової редакції ДБН В.1.1-12:202X «Будівництво у сейсмічних районах. Основні положення»; визначення переліку стандартів, що необхідно розробити для підтримки положень будівельних норм; визначення перспективних напрямків досліджень з метою удосконалення нормативних вимог до забезпечення сейсмостійкості об'єктів будівництва.

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДБН В.1.1-12:202X «БУДІВНИЦТВО У СЕЙСМІЧНИХ РАЙОНАХ. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ»

Нова редакція ДБН В.1.1-12:202X «Будівництво у сейсмічних районах. Основні положення», що розроблена на основі параметричного та цільового методів нормування, містить основні положен-

ня щодо забезпечення вимог безпеки на етапах проектування та будівництва, дотримання функціональних параметрів на етапі експлуатації об'єктів будівництва, що зводяться на майданчиках із сейсмічністю 6 балів і вище відповідно до [6], встановлює сучасні нормативні вимоги з урахуванням світового досвіду із зазначеного питання.

Нова редакція ДБН В.1.1-12:202X характеризується наступними суттєвими рисами:

- встановлено нормативні вимоги до сейсмостійких будівель і споруд із використанням сучасних методів проектування відповідно до національного, європейського та міжнародного досвіду, зокрема:
  - сформульовано положення щодо способів представлення сейсмічного впливу;
  - встановлено основні вимоги до забезпечення сейсмостійкості при трьох рівнях сейсмічного впливу – рідкісних руйнівних землетрусах (максимальний розрахунковий землетрус – МРЗ); землетрусах середньої інтенсивності та при сильних землетрусах (проектний землетрус – ПЗ) та слабких землетрусах (СЗ);
  - запроваджено експлуатаційні групи конструкцій щодо забезпечення сейсмостійкості (ЕГ 1, ЕГ 2, ЕГ 3 та ЕГ 4) в залежності від класів наслідків (відповідальності) об'єктів будівництва та експлуатаційні рівні (ЕР I, ЕР II та ЕР III) в залежності від вимог граничних станів, які необхідно забезпечити в умовах сейсмічної розрахункової ситуації;
  - нормативні вимоги викладено на основі параметричного та цільового методів нормування – запропоновано матрицю перевірки граничних станів для трьох ЕР та чотирьох ЕГ;
  - встановлено вимоги до забезпечення сейсмостійкості будівель і споруд на етапах проектування, будівництва, оцінки та підвищення сейсмостійкості на етапі експлуатації;
- забезпечено відповідність використаних термінів та визначень понять положенням інших нормативно-правових та нормативних актів;
- виключено вимоги, що є предметом нормативно-правових актів.

### ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Об'єкти будівництва (в цілому або їх частини), що проектуються та/або експлуатуються на майданчиках з розрахунковою інтенсивністю сейсмічних впливів 6 балів і вище, мають забезпечувати виконання основних вимог до будівель і споруд з урахуванням імовірного прояву сейсмічних впливів протягом усього життєвого циклу.

Основними вимогами, що визначають





сейсмостійкість об'єктів будівництва, є:

- забезпечення механічного опору та стійкості відповідно до ДБН В.1.2-6 [17] при розрахунковому рівні сейсмічного впливу;
- забезпечення пожежної безпеки відповідно до ДБН В.1.2-7 [18] з урахуванням положень ДБН В.1.1-7 [19], зокрема, під час виникнення пожежі, спричиненої проявом сейсмічного впливу;
- гарантування безпеки для здоров'я і життя людей, обмеження шкідливого впливу на довкілля відповідно до ДБН В.1.2-8 [20] з урахуванням положень ДБН В.1.2-4 [21], ДБН В.2.2-5 [22], зокрема, під час виникнення небезпеки, ліквідації наслідків, спричинених проявом сейсмічного впливу;
- забезпечення безпеки і доступності на етапі експлуатації відповідно до ДБН В.1.2-9 [23], зокрема, під час евакуації людей, ліквідації наслідків, спричинених проявом сейсмічного впливу.

Забезпечення основної вимоги щодо захисту від шкідливого впливу шуму та вібрації відповідно до ДБН В.1.2-10 [24] та основної вимоги щодо енергозбереження та енергоефективності відповідно до ДБН В.1.2-11 [25] слід виконувати на загальних підставах.

Проектуючи сейсмостійкі будівлі і споруди необхідно забезпечити:

- відсутність глобальних обвалень або руйнувань будівлі (споруди) або її частин, які можуть спричинити загибель і травмування людей, втрату матеріальних та культурних цінностей, негативний вплив на довкілля, значні економічні збитки;
- збереження стійкості та функціональної придатності будівель, споруд і обладнання об'єктів критичної інфраструктури, задіяних у ліквідації наслідків землетрусу (зокрема, об'єктів будівництва, призначених для розміщення пожежно-рятувальних

- підрозділів, під час виникнення небезпек, спричинених проявом сейсмічного впливу);
- продовження нормальної експлуатації будівель і споруд за призначенням після їх відновлення або ремонту.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЙСМІЧНОГО ВПЛИВУ

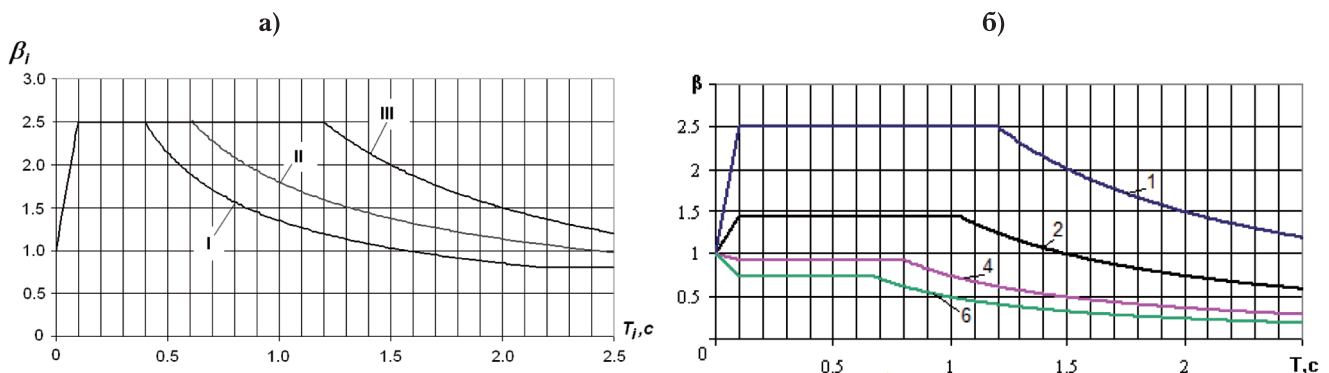
Характеристичну сейсмічну інтенсивність в балах шкали сейсмічної інтенсивності [7] для району будівництва слід приймати на основі переліку населених пунктів України і комплекту карт ЗСР-2004 території України, які залишилися незмінними у порівнянні з попередніми редакціями.

Розрахункову сейсмічну інтенсивність майданчика будівництва слід визначати з урахуванням результатів сейсмічного мікрорайонування (далі – СМР) майданчика, що виконується для районів з сейсмічністю 6 і більше балів. За відсутності результатів досліджень з СМР для об'єктів, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів з незначними (СС1) та середніми (СС2) наслідками, розрахункова сейсмічна інтенсивність майданчика будівництва може бути визначена на основі матеріалів інженерно-геологічних вишукувань.

Сейсмічний вплив представляється у вигляді двох горизонтальних ортогональних складових та вертикальної складової. В залежності від методу розрахунків, складові сейсмічного впливу задають у вигляді:

- спектра пружної реакції;
- спектра нелінійної реакції;
- залежностей зміни в часі прискорення (акселерограм), швидкості (велосиграм) і переміщення (сейсмограм) ґрунту.

Зазначено сферу застосування кожного з типів представлення сейсмічного впливу, наведено вимоги до вибору та складу комплексу розрахункових акселерограм.



**Рисунок 1** – Графіки спектру пружної (а) та непружної (б) реакції у вигляді залежностей спектрального коефіцієнта динамічності  $\beta_i$  для категорії ґрунту за сейсмічними властивостями (I-III), періоду  $i$ -ої форми власних коливань будівлі  $T_i$  та коефіцієнтів податливості  $\mu$  ( $\mu = 1, 2, 4, 6$ )



## ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Граничні стани конструкцій будівель і споруд мають бути перевірені при різних рівнях сейсмічного впливу в залежності від експлуатаційних груп конструкцій щодо забезпечення сейсмостійкості та експлуатаційних рівнів сейсмостійкості конструкцій.

Для будівель і споруд в залежності від класу наслідків (відповідальності) встановлені наступні експлуатаційні групи конструкцій щодо забезпечення сейсмостійкості (далі – ЕГ):

- перша група конструкцій (ЕГ 1), до якої відносяться об'єкти, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів з незначними наслідками (СС1), на яких люди не перебувають постійно;
- друга група конструкцій (ЕГ 2), до якої відносяться всі будівлі і споруди, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів з незначними наслідками (СС1), та не відносяться до ЕГ 1, а також будівлі, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів з середніми (СС2) та значними (СС3) наслідками, з умовною висотою до 73,5 м;
- третя група конструкцій (ЕГ 3), до якої відносяться споруди, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів з середніми (СС2) та значними (СС3) наслідками, та будівлі, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із значними (СС3) наслідками, з умовною висотою 73,5 м і вище;
- четверта група конструкцій (ЕГ 4), до якої відносяться будівлі і споруди, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із значними (СС3) наслідками, та відносяться до об'єктів підвищеної небезпеки відповідно до [11].

Для будівель і споруд слід розглядати наступні експлуатаційні рівні (далі – ЕР):

- перший експлуатаційний рівень (ЕР I) – при сейсмічній розрахунковій ситуації для конструкцій та їх елементів категорій відповідальності А, Б і В згідно з ДБН В.1.2-14 [26] має бути забезпечено виконання вимог граничного стану за несучою здатністю (ULS) та граничного стану за експлуатаційною придатністю незворотного (SLS-1); допускається перехід через граничний стан за експлуатаційною придатністю зворотнього (SLS-2);

другий експлуатаційний рівень (ЕР II) – при сейсмічній розрахунковій ситуації для конструкцій та їх елементів категорій відповідальності А і Б згідно з [26] має бути забезпечено виконання вимог граничного стану за несучою здатністю (ULS); допускається перехід через граничні стани за несучою здатністю та експлуатаційною придатністю для інших категорій конструкцій;

- третій експлуатаційний рівень (ЕР III) – при сейсмічній розрахунковій ситуації для конструкцій та їх елементів категорій відповідальності А1 згідно з [26] має бути забезпечено виконання вимог граничного стану за несучою здатністю (ULS); допускається перехід через граничні стани за несучою здатністю та експлуатаційною придатністю для інших категорій конструкцій.

Перевірку граничних станів конструкцій та їх елементів для забезпечення експлуатаційних рівнів сейсмостійкості ЕР I, ЕР II та ЕР III виконують для конструкцій будівель і споруд, що належать до експлуатаційних груп щодо забезпечення сейсмостійкості ЕГ 1, ЕГ 2, ЕГ 3 та ЕГ 4, відповідно до таблиці 1.

## ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ СЕЙСМОСТІЙКИХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Ризики щодо сейсмічної небезпеки необхідно розглядати на стадії концептуального проектування будівель і споруд, що дозволить застосувати об'ємно-планувальні та конструктивні рішення, матеріали конструкцій та елементів, які задовольняють основні вимоги щодо забезпечення сейсмостійкості будівель і споруд.

Для забезпечення сейсмостійкості будівель і споруд на етапі проектування слід виконувати:

- аналіз сейсмічної небезпеки району будівництва з метою визначення характеристичної інтенсивності сейсмічних впливів;
- вибір будівельного майданчика з урахуванням близькості від активного геологічного розлому, прогнозу поведінки ґрунту при вели-

Таблиця 1 - Вимоги до перевірки граничних станів будівель і споруд

Рівень сейсмічного впливу (карта ЗСР)	Забезпечення експлуатаційного рівня сейсмостійкості для експлуатаційних груп конструкцій будівель і споруд			
	ЕГ 1	ЕГ 2	ЕГ 3	ЕГ 4
МРЗ (С)	-	ЕР III	ЕР III	ЕР II
ПЗ (А; В)	ЕР II	ЕР II	ЕР II	ЕР I
СЗ (А0; А)	ЕР I	ЕР I	ЕР I	-



ких деформаціях, можливості виникнення розрідження, топографічних характеристик та інших факторів;

- аналіз результатів інженерних вишукувань та СМР для оцінки впливу особливих умов майданчика будівництва, визначення категорії ґрунту за сейсмічними властивостями і розрахункової інтенсивності сейсмічних впливів;
- вибір об'ємно-планувальних та конструктивних рішень, матеріалів конструкцій та елементів відповідно до основних принципів забезпечення сейсмостійкості;
- вибір методів розрахунку з урахуванням сейсмічного впливу;
- виконання перевірних розрахунків конструкцій за граничними станами з використанням сейсмічних розрахункових ситуацій з урахуванням положень [17, 26, 27];
- визначення та перевірку граничних станів;
- аналіз впливу вторинних факторів, спричинених сейсмічними впливами, зокрема, осідання, розрідження ґрунту, пожежі, прогресуючого обвалення конструкцій, афтершоків, негативного впливу на довкілля тощо;
- формування висновку щодо забезпечення сейсмостійкості конструкцій при проектному рівні сейсмічного впливу та, за необхідності, корегування проектних рішень;
- застосування конструктивних, технічних, організаційних та інших спеціальних заходів для забезпечення та контролю сейсмостійкості будівель і споруд, зокрема, заходів сейсмічного захисту (сейсмоізоляції, демпфуючих пристроїв, динамічних гасників коливань тощо), інженерно-сейсмічного моніторингу, резервування тощо;
- науково-технічний супровід об'єкта на стадії проектування відповідно до ДБН В.1.2-5 [28] (за необхідності).

Наведено основні принципи проектування сейсмостійких будівель і споруд, що, в основному, відповідають положенням попередньої редакції норм [9], на доповнення яких сформульовано алгоритм та критерії вибору об'ємно-планувальних і конструктивних рішень відповідно до основних принципів забезпечення сейсмостійкості.

### **РОЗРАХУНКИ З УРАХУВАННЯМ СЕЙСМІЧНОГО ВПЛИВУ**

Розрахунки будівель і споруд з урахуванням сейсмічного впливу виконують згідно з [17] в умовах сейсмічних розрахункових ситуацій та з використанням наступних методів:

- спектрального методу;
- прямого динамічного методу із застосуванням інструментальних записів прискорень ґрунту при землетрусах або набору синтезованих акселерограм для майданчика будівництва;

- нелінійного статичного розрахунку, що застосовується за необхідності врахування нелінійної реакції конструкцій в якості альтернативи нелінійному динамічному розрахунку.

Наведено сферу застосування кожного з методів розрахунку, вимоги щодо формування сейсмічної розрахункової ситуації, складання розрахункових моделей, зокрема, системи «основа – фундамент – надземна частина будівлі (споруди)», врахування багатокомпонентної сейсмічної дії, розрахунку елементів конструкцій.

### **ПЕРЕВІРКА ВІДПОВІДНОСТІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ОСНОВНИМ ВИМОГАМ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ**

Перевірка відповідності будівель і споруд основним вимогам сейсмостійкості виконується шляхом:

- перевірки граничного стану за несучою здатністю конструкцій в залежності від силового фактору, що відповідає сейсмічній розрахунковій ситуації;
- перевірки граничних станів за експлуатаційною придатністю конструкцій в залежності від значень перекосів суміжних поверхів при сейсмічній розрахунковій ситуації;
- перевірки загальної стійкості споруди і фундаментів проти перекидання і ковзання.

### **ВИМОГИ ДО ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД РІЗНИХ КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Наведено основні вимоги до об'ємно-планувальних та конструктивних рішень об'єктів, які слід приймати відповідно до основних принципів проектування сейсмостійких будівель і споруд. Зокрема, сформульовано основні вимоги, яких слід дотримуватись при проектуванні транспортних і гідротехнічних споруд, схилів та інженерних мереж.

### **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД НА ЕТАПАХ БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Для забезпечення сейсмостійкості будівель і споруд на етапі будівництва слід виконувати:

- контроль властивостей матеріалів, елементів та конструкцій на їх відповідність проектним характеристикам;
- контроль відповідності застосованих методів та технологій виконання будівельних робіт;
- визначення динамічних характеристик (частот, періодів, форм, декрементів коливань) об'єкта завершеного будівництва;
- інші заходи, передбачені для етапу експлуатації об'єкта будівництва в цілому або його частин при тривалому часі будівництва



(консервації, розконсервації об'єкта незавершеного будівництва).

Для забезпечення сейсмостійкості будівель і споруд на етапі експлуатації слід виконувати:

- аналіз змін інженерно-геологічних, сейсмологічних та інших умов майданчика будівництва та їх вплив на розрахункову інтенсивність сейсмічних впливів;
- періодичні обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану відповідно до [29, 30], зокрема, щодо забезпечення сейсмостійкості конструкцій;
- вібродинамічні обстеження для визначення та контролю зміни динамічних характеристик будівель і споруд у порівнянні із зазначеними у динамічному паспорті об'єкта, зокрема, після перенесених сейсмічних подій;
- реконструкцію, ремонтні та відновлювальні роботи для забезпечення сейсмостійкості конструкцій, зокрема, після перенесених сейсмічних подій;
- накопичення та аналіз даних технічного та інженерно-сейсмічного моніторингу згідно з [31];
- корегування конструктивних, технічних, організаційних та інших спеціальних заходів для забезпечення сейсмостійкості будівель і споруд.

За необхідності, передбачено виконання робіт з науково-технічного супроводу об'єктів на етапах будівництва та експлуатації.

Переоцінку сейсмостійкості будівель і споруд виконують у наступних випадках:

- у разі зміни сейсмічних характеристик майданчика будівництва за результатами інженерно-геологічних та інших досліджень, даних сейсмічного моніторингу;
- у разі внесення змін в проект будівель і споруд, що можуть вплинути на рівень їх сейсмостійкості;
- після проявів сейсмічних подій, інтенсивність яких дорівнює або перевищує проектний рівень;
- після проявів інших дій, що можуть вплинути на рівень сейсмостійкості будівель і споруд.

Переоцінку сейсмостійкості будівель і споруд на етапі експлуатації виконують шляхом аналізу відповідності конструктивного рішення об'єкта основним вимогам забезпечення сейсмостійкості та розрахункової перевірки умов граничних станів з урахуванням фактичних даних про стан конструкцій.

Відповідність існуючих будівель і споруд вимогам сейсмостійкості встановлюють шляхом розрахунку рівня сейсмостійкості  $\rho_L$ :

$$\rho_L = C/D, \quad (1)$$

де  $C$  – показник фактичної сейсмостійкості;

$D$  – показник нормативної сейсмостійкості, яку потрібно забезпечити відповідно до вимог норм, що діють на момент оцінки.

В якості показників  $C$  і  $D$  слід використовувати значення силових, деформаційних та/або інших факторів, які можливо навести у числовому вигляді в умовах сейсмічної розрахункової ситуації.

В загальному вигляді, існуючі будівлі і споруди відповідають вимогам забезпечення сейсмостійкості, якщо їх конструктивні рішення відповідають обов'язковим конструктивним вимогам чинних будівельних норм, а значення  $\rho_L \geq 1$ . Існуючі будівлі і споруди слід вважати потенційно сейсмонебезпечними, якщо їх конструктивні рішення не відповідають обов'язковим конструктивним вимогам чинних будівельних норм, а значення  $\rho_L < 1$ .

Грунтуючись на результатах оцінки сейсмостійкості будівель і споруд, ухвалюють рішення про необхідність її підвищення. Вибір типу, методів, обсягів і невідкладності підвищення сейсмостійкості будівель і споруд здійснюють з урахуванням інформації, отриманої на етапі оцінки. У випадку застосування систем сейсмічного захисту у вигляді сейсмоізоляції мають бути враховані положення відповідного розділу будівельних норм.

## СЕЙСМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

Особливу увагу приділено виконанню сейсмічного моніторингу об'єктів будівництва. Під час проектування об'єктів, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів з середніми (СС2) та значними (СС3) наслідками, за розрахункової сейсмічної інтенсивності майданчика будівництва 7 балів і вище за можливості проявів у вигляді зсувів, карсту, цунамі, різких змін напружено-деформованого стану конструкцій при впливі просядок ґрунту на майданчиках будівництва слід передбачати:

- сейсмологічний та інженерно-сейсмометричний моніторинг земної поверхні, конструкцій будівель і споруд та деформацій основ при землетрусах різної інтенсивності;
- проведення сейсмічного районування та мікрорайонування, перевірочних розрахунків сейсмостійкості та оцінку сейсмічного ризику у випадку змін сейсмічних умов майданчика будівництва, властивостей основи і споруди під час експлуатації;
- систему регламентних заходів персоналу щодо запобігання або зниження негативного впливу небезпечних сейсмічних процесів і явищ у період їх експлуатації.

Моніторинг виконують у періоди будівництва та експлуатації будівель і споруд, передбачаючи розміщення станцій інженерно-сейсмометричної служби. Важливим етапом оцінки сейсмостійкості



є динамічна паспортизація та визначення зміни динамічних характеристик будівель і споруд у часі на етапі експлуатації.

## СИСТЕМИ СЕЙСМІЧНОГО ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

В розділі наведені вимоги щодо проектування і розрахунку пасивних систем сейсмоізоляції, розміщених нижче основної маси конструкцій, як правило, між основою і фундаментом (субструктурою) і верхньою частиною будівлі (суперструктурою).

## ЗАХОДИ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ НОВОЇ РЕДАКЦІЇ ДБН

Основними заходами щодо впровадження нової редакції ДБН В.1.1-12:202X має стати розроблення низки відповідних підтримуючих національних стандартів, зокрема щодо:

- проведення сейсмічного мікрорайонування (наразі в стадії розробки);
- проектування будівель та споруд з урахуванням сейсмічного впливу (наразі в стадії розробки);
- експлуатації будівель та споруд у сейсмічних районах;
- проектування та експлуатації висотних будівель та споруд у сейсмічних районах;
- проектування та експлуатації транспортних споруд у сейсмічних районах;
- проектування та експлуатації гідротехнічних споруд у сейсмічних районах;
- проектування та експлуатації схилів у сейсмічних районах;
- оцінки фактичної сейсмостійкості будівель та споруд;
- відновлення сейсмостійкості будівель та споруд;
- проектування та експлуатації систем сейсмічного захисту будівель і споруд;
- проектування та експлуатації будівель та споруд з системами сейсмічного та динамічного захисту з використанням гумових та гумово-металевих ізоляторів;
- визначення динамічних характеристик будівель та споруд, що експлуатуються у сейсмічних районах, та при техногенних динамічних впливах;
- проведення динамічних випробувань будівельних конструкцій.

## ВИСНОВКИ

1. Розроблено нову редакцію ДБН В.1.1-12:202X «Будівництво у сейсмічних районах. Основні положення» на основі параметричного та цільового методів нормування, які разом з іншими нормативними актами та нормативними документа-

ми сприятимуть забезпеченню необхідного рівня сейсмостійкості об'єктів будівництва, що зводяться на майданчиках із сейсмічністю 6 балів і вище, з урахуванням основних вимог до будівель та споруд, досвіду застосування чинних норм та використання сучасних методів проектування, технологій та обладнання.

2. Запропоновано перелік нормативних документів щодо проектування та експлуатації будівель і споруд різних класів наслідків (відповідальності) та призначення з урахуванням можливого прояву сейсмічного впливу.
3. Актуальним залишається питання Національної програми сейсмобезпеки будівель, споруд та території України [1], в рамках виконання 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 – закладів охорони здоров'я, навчальних закладів; об'єктів забезпечення життєвих потреб населення та ліквідації наслідків сейсмічних подій; протиселевих, протизсувних, протилавинних споруд, захисних дамб водосховищ тощо);
  - оцінки сейсмостійкості будівель і споруд (або їх фрагментів) різних конструктивних схем на основі натурних динамічних випробувань з використанням вібраційної машини та розроблення науково-обґрунтованих пропозицій щодо внесення змін до відповідних нормативних документів;
  - розроблення нової або вдосконалення існуючих методологій розрахунку ризиків руйнування конструкцій під час дії сейсмічних навантажень.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Немчинов І. Будівельна наука та забезпечення сейсмічної безпеки в Україні з урахуванням рекомендації Єврокодів. Наука та будівництво. 2021. № 29 (3). С. 3-14. URL: <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-1>
2. Turkey earthquake: Why did so many buildings collapse? By Jake Horton & William Armstrong/ BBC Reality Check & BBC Monitoring. URL: <https://www.bbc.com/news/64568826>
3. Türkiye Earthquakes Recovery and Reconstruction Assessment. United Nations Development Programme. URL: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/03/>



- Turkiye-Recovery-and-Reconstruction-Assessment.pdf
4. Фаренюк Г. Роль науки у вирішенні питань щодо забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Наука та будівництво. 2018. № 18(4). С. 5-12. URL: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v18i4.51>
  5. ДБН В.1.1-12:2014 Будівництво в сейсмічних районах України. Київ: Мінрегіон України, 2014. 110 с.
  6. СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах. М.: ФГУП ЦПП, 2007. - 44 с
  7. ДСТУ-Н Б В.1.1-28:2010 Шкала сейсмічної інтенсивності. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 47 с.
  8. Програма перегляду державних будівельних норм на період до 2015 року (затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 13 квітня 2011 р. N 471). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/471-2011-%D0%BF#Text>
  9. ДБН В.1.1-12:2014 Будівництво в сейсмічних районах України. К.: Мінрегіон України, 2014. 110 с.
  10. Немчинов Ю.І, Мар'єнков Н.Г., Бабік К.Н., Хавкін А.К., Дорофєєв В.С., Єгупов К.В., Омельченко В.Д., Пустовітенко Б.Г., Кульчицький В.Е., Пустовітенко А.А., Скляр А.М. Нормативні документи сейсмостійкого будівництва нового покоління. Основні положення ДБН В.1.1-12:2014: «Будівництво в сейсмічних районах України» з урахуванням рекомендацій європейського стандарту EN 1998-1 (ЄВРОКОД 8) і ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013. Наука та будівництво. 2015. № 4. С. 4-11.
  11. Про об'єкти підвищеної небезпеки: Закон України від 18.01.2001. № 2245-III. Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2001. № 15. Ст.73. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14#Text>
  12. Немчинов Ю. І. Нормативні акти в сфері сейсмостійкого будівництва нового покоління. Зміна № 1 ДБН В.1.1-12:2014 "Будівництво у сейсмічних районах України" / Ю. І. Немчинов, М. Г. Мар'єнков, К. М. Бабік, К. В. Єгупов, О. В. Кендзера, І. В. Шеховцов, С. В. Петраш // Наука та будівництво. 2019. № 1. С. 4-17. URL: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v19i1.62>
  13. Немчинов Ю.І, Мар'єнков Н.Г. Хавкін А.К., Бабік К.М. Проектування будівель із заданим рівнем забезпечення сейсмостійкості/ За ред. Ю.І. Немчинова. Київ: Гудименко С.В., 2012. 384 с.
  14. Немчинов Ю., Тарасюк В., Мар'єнков Н., Жарко Л., Богдан Д., Сиротин О., Панчик Е., Бринзін Е. Експериментальне дослідження несучих стін із газобетонних блоків D400 C2,5 и D300 C2,0 при вертикальних статичних и горизонтальних сейсмічних навантаженнях. Наука та будівництво. 2019. № 12(2). С. 10-18. URL: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v12i2.78>
  15. Мар'єнков М., Бабік К., Богдан Д., Недзведська О., Глуховський В., Самойленко С. Обґрунтування сейсмостійкості висотної будівлі за результатами інструментальних та динамічних досліджень. Наука та будівництво. 2019. № 19(1). С. 66-71. URL: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v19i1.70>
  16. Bulat A.F., Kobets A.S., Dyrda V.I., Lapin V.A., Grebenyuk S.M., Lysytsia M.I., Marienkov M.H., Ahaltsov N.M., Kalhankov Ye.V. Vibreismic 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. № 445(1). С. 58–65. URL: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/4466>
  17. ДБН В.1.2-6:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 36 с.
  18. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 39 с.
  19. ДБН В.1.2-7:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 17 с.
  20. ДБН В.1.2-8:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Гігієна, здоров'я та захист довкілля. Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 15 с.
  21. ДБН В.1.2-4:2006 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони). Київ: Мінбуд України, 2006. 36 с.
  22. ДБН В.2.2-5-97 Будинки та споруди. Захисні споруди цивільного захисту. Київ: Держкоммістобудування України, 1998. 82 с.
  23. ДБН В.1.2-9:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека і доступність під час експлуатації. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 17 с.
  24. 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.
  25. 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.
26. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, та житлово-комунального господарства України, 2018. 36 с.
  27. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ: Мінбуд України, 2006. 75 с.
  28. ДБН В.1.2-5:2007 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. 18 с.
  29. ДСТУ Б В.2.6-210:2016 Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. Київ: Мінрегіон України, 2016. 57 с.
  30. 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.
  31. ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017.

#### REFERENCES

1. Nemchynov, I. (2021). Building Science and Seismic Safety Provision in Ukraine Considering Eurocode Recommendations. *Science and Construction*, (29)3, 3-14. Retrieved from <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-1>
2. Horton, J., & Armstrong, W. Turkey earthquake: Why did so many buildings collapse? [Blog post]. BBC Reality Check & BBC Monitoring. Retrieved from <https://www.bbc.com/news/64568826>
3. United Nations Development Programme. Türkiye Earthquakes Recovery and Reconstruction Assessment. Retrieved from <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/03/Turkiye-Recovery-and-Reconstruction-Assessment.pdf>
4. Farenjuk, G. (2018). The role of science in addressing issues of reliability and safety of construction objects. *Science and Construction*, (18)4, 5-12. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v18i4.51>
5. ДБН В.1.1-12:2014. (2014). Construction in Seismic Areas of Ukraine. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
6. SNiP II-7-81\*. (2007). Construction in Seismic Areas. Moscow: FGUP CPP.
7. DSTU-N B V.1.1-28:2010. (2011). Seismic Intensity Scale. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
8. Program of Revision of State Building Regulations for the Period up to 2015 (Approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 471). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/471-2011-%D0%BF#Text>
9. ДБН В.1.1-12:2014. (2014). Construction in Seismic Areas of Ukraine. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
10. Nemchinov, Y.I., Marienkov, N.G., Babik, K.N., Khavkin, A.K., Dorofeev, V.S., Yegupov, K.V., Omelchenko, V.D., Pustovitenko, B.G., Kulchitsky, V.E., Pustovitenko, A.A., Sklyar, A.M. (2015). Normative documents for seismic-resistant construction of the new generation. Main provisions of ДБН В.1.1-12:2014: "Construction in Seismic Areas of Ukraine" considering the recommendations of the European standard EN 1998-1 (EUROCODE 8) and DSTU-N B V.1.2-16:2013. *Science and Construction*, (4), 4-11.
11. Law on Objects of Increased Danger: Law of Ukraine No. 2245-III. *Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, (15), 73. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14#Text>
12. Nemchinov, Y.I., Marienkov, M.G., Babik, K.M., Yegupov, K.V., Kendzera, O.V., Shekhovtsov, I.V., Petrasch, S.V. (2019). Regulatory acts in the field of seismic-resistant construction of the new generation. Amendment No. 1 to ДБН В.1.1-12:2014 "Construction in Seismic Areas of Ukraine". *Science and Construction*, (1), 4-17. Retrieved from <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v19i1.62>
13. Nemchinov, Y.I., Marienkov, N.G., Khavkin, A.K., Babik, K.M. (Ed.). (2012). Design of Buildings with a Specified Level of Seismic Resistance. Kyiv: Hudymenko S.V.
14. Nemchinov, Y., Tarasiuk, V., Marienkov, N., Zharko, L., Bohdan, D., Syrotin, O., Panchyk, E., Brinzin, E. (2019). Experimental Study of Load-Bearing Walls Made of Gas Concrete Blocks D400 C2.5 and D300 C2.0 under Vertical Static and Horizontal Seismic Loads. *Science and Construction*, (12)2, 10-18. Retrieved from <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v12i2.78>
15. Marienkov, M., Babik, K., Bohdan, D., Nedzvedska, O., Glukhovskiy, V., Samoilenko, S. (2019). Justification of Seismic Resistance of a High-Rise Building Based on Instrumental and Dynamic Studies. *Science and Construction*, (19)1, 66-71. Retrieved from <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v19i1.70>
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. (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, (445)1, 58-65. Retrieved from <http://dSPACE.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/4466>
17. DBN V.1.2-6:2021. (2022). Main Requirements for Buildings and Structures. Mechanical Resistance and Stability. Kyiv: Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine.
  18. DBN V.1.1-7:2016. (2017). Fire Safety of Construction Objects. General Requirements. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine.
  19. DBN V.1.2-7:2021. (2022). Main Requirements for Buildings and Structures. Fire Safety. Kyiv: Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine.
  20. DBN V.1.2-8:2021. (2022). Main Requirements for Buildings and Structures. Hygiene, Health, and Environmental Protection. Kyiv: Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine.
  21. DBN V.1.2-4:2006. (2006). Engineering and Technical Measures of Civil Protection. Kyiv: Ministry of Construction of Ukraine.
  22. DBN V.2.2-5-97. (1998). Buildings and Structures. Protective Structures of Civil Protection. Kyiv: State Committee for Construction of Ukraine.
  23. DBN V.1.2-9:2021. (2022). Main Requirements for Buildings and Structures. Safety and Accessibility during Operation. Kyiv: Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine.
  24. 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.
  25. 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.
  26. DBN V.1.2-14:2018. (2018). System of Reliability and Safety Assurance for Buildings and Structures. General Principles of Reliability and Structural Safety Assurance for Buildings and Structures. Kyiv, Ukraine: Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services.
  27. DBN V.1.2-2:2006. (2006). System of Reliability and Safety Assurance for Building Structures. Loads and Effects. Design Standards. Kyiv, Ukraine: Ministry of Construction of Ukraine.
  28. DBN V.1.2-5:2007. (2007). System of Reliability and Safety Assurance for Construction Objects. Scientific and Technical Support of Construction Objects. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
  29. DSTU B V.2.6-210:2016. (2016). Evaluation of the Technical Condition of Steel Building Structures in Operation. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.
  30. DSTU-N B V.1.2-18:2016. (2017). Guidelines for the Inspection of Buildings and Structures for Determining and Assessing their Technical Condition. Kyiv: DP "UkrNDNC".
  31. DSTU-N B V.1.2-17:2016. (2017). Guidelines for Scientific and Technical Monitoring of Buildings and Structures. Kyiv: DP "UkrNDNC".

Стаття надійшла до редакції 30.05.2023 року





Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-5>

УДК 624.07



**СЛЮСАРЕНКО Ю. С.**

Канд. техн. наук, заступник директора 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



**МЕЛАШЕНКО Ю. Б.**

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



**ИЩЕНКО Ю. І.**

Канд. техн. наук, зав. лабораторії ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: ischenko@ndibk.gov.ua, тел. +38 (050) 415-37-34, ORCID: 0000-0001-6046-8180



**ПАВЛЮК Є. О.**

Провідний інженер ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: pavlyuk@ndibk.gov.ua, тел. +38 (067) 606-79-09, ORCID: 0009-0008-0583-4297

## ДОСВІД ОБСТЕЖЕННЯ ПАНЕЛЬНИХ БУДИНКІВ, ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

### АНОТАЦІЯ

Військова агресія російської федерації призводить до пошкоджень і руйнувань величезної кількості будівель і споруд на території України, зокрема, і житлових великопанельних будинків. Масове зведення таких будинків у 60-ті – 80-ті роки ХХ ст. зробило їх одним з найбільш масових видів житла. Відповідно, і кількість пошкоджених панельних будинків є значною та щодня збільшується.

Технологічною особливістю зведення панельних будинків є використання збірних конструкцій, в тому числі великорозмірних, високої заводської готовності. Як правило, це дво- чи трипрогонові конструкції з основним поздовжнім кроком від 2,60 до 3,30 м. Зазвичай, товщина зовнішніх стінових панелей становить 350÷400 мм, внутрішніх – від 120 до 160 мм. Панелі перекриття виготовлялися товщиною 100 мм (серії 60-х років) та 160 мм. Їх конструктивна особливість – це тонкостінні еле-

менти малої металомісткості.

У статті узагальнюються результати обстеження та відновлення панельних житлових будинків, що зазнали артилерійських обстрілів, з I та II категоріями пошкоджень згідно з [8].

Характер і ступінь пошкодження панельних багатоповерхових будинків залежить від виду використаної зброї. Технічний стан будинків, що зазнали артилерійських обстрілів (з прямими влучаннями до 20 боєприпасів), як правило, класифікується як непридатний до нормальної експлуатації (категорія «3») чи аварійний (категорія «4») згідно з [5].

Внаслідок ракетних обстрілів чи влучань авіаційних бомб пошкодження панельних будинків, у більшості випадків, відноситься до III категорії згідно з [8]. Будинок в цілому чи його окрема секція зазнають такого руйнування, що їх відновлення у проектних параметрах і



конструктивній схемі є економічно недоцільним.

Результати обстежень дають змогу виділити п'ять основних видів пошкоджень несучих конструкцій панельних будинків. Окремі види пошкоджень ліквідовуються при поточних ремонтах, суттєві – при капітальних ремонтах будинків у цілому чи їх окремих частин.

Конструктивна особливість панельних будинків не дозволяє виконати заміну зруйнованої або сильно пошкодженої конструкції новим елементом заводського виготовлення внаслідок відсутності технічної можливості доступу для монтажу. Найбільш доцільним рішенням стає зведення окремих конструкцій на заміну зруйнованих на місці з використанням прокатних профілів, арматури, монолітного бетону, цегли та газобетонних блоків.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** панельні будинки, обстеження, дослідження, пошкодження, стан

## EXPERIENCE IN SURVEYING OF PANEL HOUSES DAMAGED FROM HOSTILITIES

### ABSTRACT

The military aggression of the Russian Federation leads to the damage and destruction of a huge number of buildings and structures on the territory of Ukraine, including large-panel residential buildings. Their massive construction from 1960s till 1980s made them one of the most popular types of housing. Accordingly, the number of damaged panel houses is significant and it is increasing day by day.

A technological feature of the construction of panel houses is the use of prefabricated structures, including enlarged ones of high factory readiness. As a rule, these are two- or three-span structures with the main longitudinal step of the supporting structures from 2.6 to 3.3 m. Usually the thickness of the outer wall panels is 35 cm - 40 cm, the inner ones – from 12 cm to 16 cm. The ceiling panels were made 10 cm thick (series of the 1960s) and 16 cm. Their design feature is thin-walled elements with low metal density.

The article summarizes the results of the survey and restoration of panel buildings subjected to artillery shelling with I and II categories of damage according to [8].

The nature and degree of damage to panel high-rise buildings depends on the type of weapon used. The technical condition of buildings subjected to artillery shelling (with direct hits of up to 20 projectiles) is usually classified as unsuitable for normal operation (category «3») or emergency (category «4») according to [5].

In the case of rocket attacks or air bomb hits, damage to panel houses, in most cases, belongs to the III category according to [8]. The building as a whole or its individual section is destroyed to such an extent that it is economically impractical to restore it within

the design parameters and structural scheme.

The results of the examination make it possible to identify 5 main types of damage to the load-bearing structures. Certain types of damage are eliminated during current repairs, more significant ones – during capital repairs of buildings or their individual parts.

The structural feature of panel houses does not allow replacement of a destroyed or severely damaged structure with a factory-made element due to the lack of access for installation. The most expedient solution is the manufacture of separate structures to replace the destroyed ones in the city using rolled profiles, reinforcement, concrete, bricks and aerated concrete blocks.

**KEYWORDS:** panel houses, survey, research, damage, condition

### ВСТУП

Військова агресія російської федерації призводить до пошкодження і руйнувань величезної кількості будівель і споруд на території України, зокрема, і житлових будинків. Так як панельне будівництво широко застосовувалося в 1960-х – 1980-х роках та припало на час масового індустріального будівництва житла, кількість таких будинків величезна. Відповідно, і кількість пошкоджених панельних будинків (як у відносних, так і у абсолютних показниках) також значна. Конструктивні рішення таких будинків та тривалий час їх експлуатації (60 років) обумовлюють ряд особливостей при виконанні їх натурального обстеження, дослідженні властивостей матеріалів конструкцій, просторового положення і пошкоджень окремих конструкцій, а також встановленні технічного стану, розробленні протиаварійних заходів та технічних рішень з підсилення несучих конструкцій.

Отриманий за останній рік досвід обстеження панельних будинків у Київській області (Буча, Ірпінь) та містах Київ і Чернігів, розробки технічних рішень з підсилення тонкостінних конструкцій заводського виготовлення, розробки робочих креслень підсилення та авторського нагляду за реалізацією проектів дає підстави для узагальнення рекомендацій щодо обстеження та відновлення експлуатаційної придатності таких будинків.

Обсяги та характер пошкоджень панельних багатоповерхових будинків внаслідок обстрілів у кожному випадку мають свої особливості та залежать від виду використаної зброї. В окремих випадках влучання у будинок супроводжується пожежами.

У статті розглядаються результати обстеження і відновлення панельних житлових будинків, що зазнали артилерійських і ракетних обстрілів, з I та II категоріями пошкоджень згідно з [8].



## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Обстеження пошкоджених під час бойових дій будівель і споруд – це вимушена діяльність, пов'язана з подоланням наслідків військової агресії. Оскільки на території України упродовж 70-ти років такі події не мали місця, цей напрямок інженерної діяльності, природно, не розвивався. Під час Другої світової війни, що мала катастрофічні наслідки як у гуманітарному плані, так і для будівель, споруд та інфраструктури населених пунктів, панельні будинки не були розповсюджені. Відповідно, не було і досвіду їх обстеження та відновлення.

У повоєнний час інколи траплялися випадки пошкодження будівель і споруд, зокрема, і панельних, внаслідок потрапляння боеприпасів. Однак, такі рідкісні випадки не дають достатньої інформації для розуміння і систематизації характеру пошкоджень несучих конструкцій та накопичення практичного досвіду щодо їх підсилення і відновлення експлуатаційної придатності об'єктів в цілому.

Враховуючи вищезазначені обставини, у вітчизняній літературі практично відсутні публікації про обстеження пошкоджених під час бойових дій панельних будинків та технічні рішення з відновлення їх експлуатаційної придатності. Наявні публікації переважно стосуються результатів обстеження технічного стану панельних будинків з метою подовження терміну їх експлуатації чи усунення пошкоджень внаслідок нерівномірних осідань фундаментів будинків.

## ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Заміна і підсилення окремих несучих конструкцій панельних будинків з I та II категоріями пошкоджень згідно з [8] дає змогу швидко відновлювати їх експлуатаційну придатність. Але визначення їх технічного стану, розробка технічних рішень і робочих креслень з підсилення може тривати кілька місяців. Основними причинами значної тривалості цього комплексу робіт є: обмеження в доступі до конструкцій (необхідністю первісного обстеження вибухотехніками, демонтажу зруйнованих конструкцій, виготовлення (в окремих випадках) і встановлення тимчасових опор і кріплень), проведення натурного візуального та інструментального обстеження пошкоджених конструкцій, та, власне, час на розробку і узгодження проектних рішень як з експертними організаціями (на етапі експертизи проектної документації), так і підрядними організаціями (щодо наявності матеріалів і обладнання для закупівлі).

Набутий досвід виконання робіт з обстеження та розробки технічних рішень з підсилення пошкоджених панельних житлових будинків може стати корисним для прискорення їх відновлення.

## КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПАНЕЛЬНИХ БУДИНКІВ

Інтенсивний розвиток і впровадження великопанельного будівництва припадає на 60-ті – 80-ті роки ХХ ст. Для цього було зведено сотні домобудівних комбінатів і задіяно десятки проектних інститутів на всій території СРСР. В цей період було розроблено низку типових серій, що ґрунтувалися на принципах індустріалізації, зниженні вартості будівництва та поліпшенні якості житла. Останнє стосувалося переважно збільшення розмірів кімнат.

Індустріалізація передбачала цілорічне будівельне виробництво з широким використанням збірних конструкцій, в тому числі укрупнених конструкцій високої заводської готовності. Одними з основних принципів збірно-індустріального будівництва були типізація і стандартизація конструктивних елементів будівлі, тобто перехід від зведення цегляних будівель до монтажу збірних конструкцій. Зниження вартості досягалося за рахунок зменшення ваги і металомісткості конструкцій.

Перші серії панельних житлових будинків – це п'ятиповерхові житлові будинки з основним поздовжнім кроком несучих конструкцій 3,20 та 2,60 м. Зовнішні стіни, як правило, – тришарові залізобетонні панелі товщиною 350 мм. Несучою частиною стін є внутрішній шар товщиною 100 мм. Внутрішні стіни товщиною 120 та 140 мм. Перекриття – суцільні залізобетонні плити товщиною 100 мм. Висота поверху – 2,70 м, приміщень – 2,50 м.

Фрагмент фасаду житлового будинку серії 1-464А наведений на рис. 1.

З часом, з підвищенням вимог до розмірів квартир, розроблялися нові серії. Однією з найбільш досконалих серій великопанельних будинків, розроблених у 80-х роках, є серія АПВС, розроблена Проектним інститутом «Гіпроцивільпромбуд».



Рисунок 1 – Фрагмент дворового фасаду панельного житлового будинку серії 1-464А



Зокрема, її варіант АПВС ЧН-94 [3] широко розповсюджений у місті Чернігові. Конструктивна схема – жорстка великопанельна безкаркасна з поперечними (з єдиним поздовжнім кроком 3,30 м) та поздовжніми несучими стінами. Зовнішні стіни тришарові керамзитобетонні товщиною 350 мм. Внутрішні несучі стіни суцільні залізобетонні товщиною 160 мм. Перекриття збірні залізобетонні з опиранням по контуру товщиною 160 мм. Плити переkritтя утворюють жорсткі диски. Покриття виконано із збірних залізобетонних ребристих плит. Висота поверху – 2,80 м, висота приміщень – 2,62 м.

Фрагмент фасаду будинку серії АПВС ЧН-94 наведений на рис. 2.

Як зазначалося вище, результатом оптимізації конструктивних рішень є низька металомісткість панелей. Це досяглося завдяки відносно невеликому кроку вертикальних несучих елементів, але вони майже всі були несучими. У табл. 1 і 2 наведені окремі позиції специфікацій панелей для серій 1-464А та АПВС ЧН-94.

Як видно з наведених табл. 1 і 2, переважна частина несучих конструкцій – це тонкостінні елементи малої металомісткості.

Однією з виразних вад великопанельних будинків вважається схильність до прогресуючого руйнування. Тобто, руйнування двох суміжних панелей може призвести до обвалення розташованих вище конструкцій. Гучний резонанс викликало руйнування 22-поверхового будинку Ронан Пойнт в Лондоні у травні 1968 року, лише через два місяці після його введення в експлуатацію. Вибух газу виніс кілька несучих стін, спричинивши обвал одного кута будівлі. Обстеження будівлі і аналіз проекту виявили недолік вузла з'єднання переkritтя зі стіновими панелями (т.з. крихкий), що не був розрахований на аварійний вплив, зокрема вибух.

У серіях великопанельних будинків, що застосовувалися на теренах України, з'єднання панелей, як правило, виконувалося зварюванням закладних деталей. Тривала експлуатація панельних будинків такої конструктивної схеми і виду з'єднання засвідчила їх надійність та стійкість: руйнування двох суміжних панелей не призводить до прогресуючого обвалення. Проте, слід відзначити відносно низький опір панелей механічним проникаючим впливам крізь малий переріз конструкцій і невисоку їх міцність.

### ОБСТЕЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ПАНЕЛЬНИХ БУДИНКІВ

Першим етапом натурних обстежень пошкоджених панельних будинків є їх візуальний огляд з метою виявлення аварійних ділянок та ділянок потенційного виникнення прогресуючого руйнування в несучих конструкціях. В першу чергу, це зовнішній огляд фасадів з фіксацією місць влучань



**Рисунок 2** – Фрагмент дворового фасаду панельного житлового будинку серії АПВС ЧН-94

(пошкоджень та руйнувань елементів огорожувальних конструкцій).

При виявленні потенційно нестабільних конструкцій, частини яких можуть втратити стійкість, обмежується доступ людей до цієї частини будівлі. З використанням спеціальної техніки слід виконати демонтаж небезпечних частин конструкцій. Цим роботам має передувати виконання першочергових протиаварійних заходів, зокрема, встановлення тимчасових стійок (рекомендується використовувати телескопічні стійки опалубок для монолітного переkritтя несучою здатністю не менше 1,5 тс), підкосів, стяжок, розпірок тощо.

Пошкодження зовнішніх стінових панелей житлового будинку серії АПВС ЧН-94 наведено на рис. 3.

На рис. 4 і 5 наведений приклад технічного рішення першочергових протиаварійних заходів,



**Рисунок 3** – Пошкодження житлового будинку серії АПВС ЧН-94 внаслідок артилерійського обстрілу



Таблиця 1 – Основні параметри панелей серії 1-464А (1965 р.) [1, 2]

Ч.ч.	Марка виробу	Розміри, м			Маса виробу, кг	Об'єм виробу <sup>1</sup> , м <sup>3</sup>	Витрати сталі <sup>2</sup> , кг	Металомісткість, кг/м <sup>3</sup>	Клас бетону <sup>3</sup>
		довжина	ширина/висота	товщина/висота					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Стінові панелі</b>									
1	2НС1	3,19	2,57	0,35	2400	0,64	30,53	35,09	B15
						0,23			B5
2	2НС1-2	3,19	2,57	0,35	2180	0,57	29,71	39,09	B15
						0,19			B5
3	2НС4-2	5,90	2,76	0,35	6210	1,78	56,65	25,99	B15
						0,40			B5
4	2НС7-2	3,30	2,76	0,35	3820	1,11	26,89	19,92	B15
						0,24			B5
5	BC1-2	5,62	2,58	0,12	4300	1,72	21,18	12,31	B12.5
6	BC1-5	5,62	2,58	0,12	3180	1,27	19,60	15,43	B12.5
7	BC1-9	5,62	2,58	0,12	3750	1,50	24,11	16,07	B12.5
<b>Плити перекриття</b>									
8	П1-2	5,70	3,18	0,10	4530	1,81	69,01	38,13	B15
9	П2-3	5,70	2,58	0,10	3680	1,47	44,99	30,61	B15
10	П4-2	5,00	3,18	0,10	3960	1,59	59,54	37,50	B15
<b>Плити покриття*</b>									
11	$\frac{\text{П1-2}}{100}$	5,70	3,18	0,10	4530	1,81	90,13	49,80	B15
12	$\frac{\text{П2-3}}{100}$	5,70	2,58	0,10	3680	1,47	63,33	42,40	B15
13	$\frac{\text{ПУ2-7}}{100}$	5,70	2,58	0,10	3680	1,47	60,99	41,49	B15
Примітки: 1 – у чисельнику значення для бетону, у знаменнику – для керамзитобетону (для зовнішніх тришарових стінових панелей); 2 – загальні витрати сталі на арматурні елементи і закладні деталі; 3 – подано еквівалент марок бетону, зазначених у серії; * – плити покриття для снігового навантаження 100 кг/м <sup>2</sup> (II сніговий район згідно СНиП 2.01.07-85*).									

а на рис. 6 – практична реалізація рішення.

Розробка і реалізація першочергових заходів може виконуватися у кілька етапів внаслідок ускладненого доступу до конструкцій чи технічну складність.

Після стабілізації пошкоджених конструкцій виконується візуальне обстеження житлового

будинку з підготовкою попереднього висновку про технічний стан [5÷8]. Він має містити відповідні обґрунтування щодо необхідності проведення детального інструментального обстеження, що включатиме дослідження міцності і ступеня пошкодження бетону, уточнення армування панелей, визначення деформованого стану несучих конструкцій



Таблиця 2 – Основні параметри панелей серії АПВС ЧН-94 (1994 р.) [3]

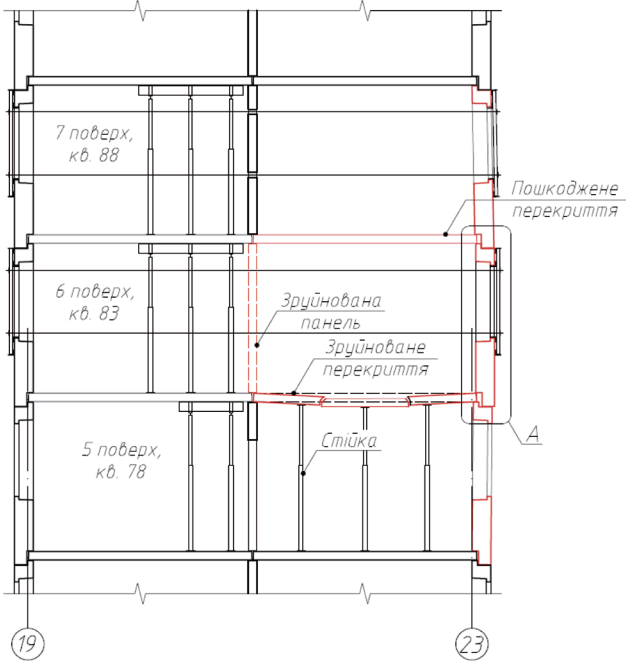
Ч.ч.	Марка виробу	Розміри, м			Маса виробу, кг	Об'єм виробу <sup>1</sup> , м <sup>3</sup>	Витрати сталі <sup>2</sup> , кг	Металомісткість, кг/м <sup>3</sup>	Клас бетону <sup>3</sup>
		довжина	ширина/ висота	товщина/ висота					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Стінові панелі</b>									
1	Н1-1	3,29	2,87	0,35	3280	1,17	34,92	22,24	B12.5
						0,40			B5
2	Н1-2	3,29	2,87	0,35	2880	1,06	38,14	29,11	B12.5
						0,25			B5
3	Н1-3	3,29	2,61	0,35	2400	0,87	33,34	29,77	B12.5
						0,25			B5
4	Н4-1	5,95	2,87	0,35	5710	0,95	68,87	26,90	B12.5
						1,61			B5
5	Н10-1	4,45	2,87	0,35	4105	0,68	49,56	26,65	B12.5
						1,18			B5
6	В8-8	3,10	2,61	0,16	3240	1,30	24,72	19,09	B12.5
7	В4-4	4,08	2,61	0,16	3510	1,41	36,68	26,01	B12.5
<b>Плити перекриття</b>									
8	П2-2	4,18	3,28	0,16	5400	2,2	65,11	29,59	B12.5
<b>Плити покриття</b>									
9	ЛК2-1	3,29	2,20	0,60	3924	2,18	64,97	29,80	B20
10	ПК1-1	5,60	3,29	0,35	6739	3,64	188,46	51,77	B20
11	ПК1-3	3,60	3,29	0,35	4369	2,36	94,85	40,19	B20
12	ПК1-4	2,60	3,29	0,35	3184	1,72	68,43	39,79	B20
<p>Примітки: 1 – у чисельнику значення для бетону, у знаменнику – для керамзитобетону (для зовнішніх тришарових стінових панелей);                  2 – загальні витрати сталі на арматурні елементи і закладні деталі;                  3 – подано еквівалент марок бетону, зазначених у серії.</p>									

інструментальними методами (наприклад, прогини плит перекриття, відхилення від вертикальності стінових панелей, переміщення окремих панелей, крени і перекоси будівлі в цілому), перевірочні розрахунки з метою розробки технічних рішень з підсилення конструкцій тощо.

Якщо у результаті обстрілу в окремих приміщеннях

будинку виникали пожежі, додатково слід виконувати інструментальне обстеження конструкцій, що зазнали вогневого впливу.

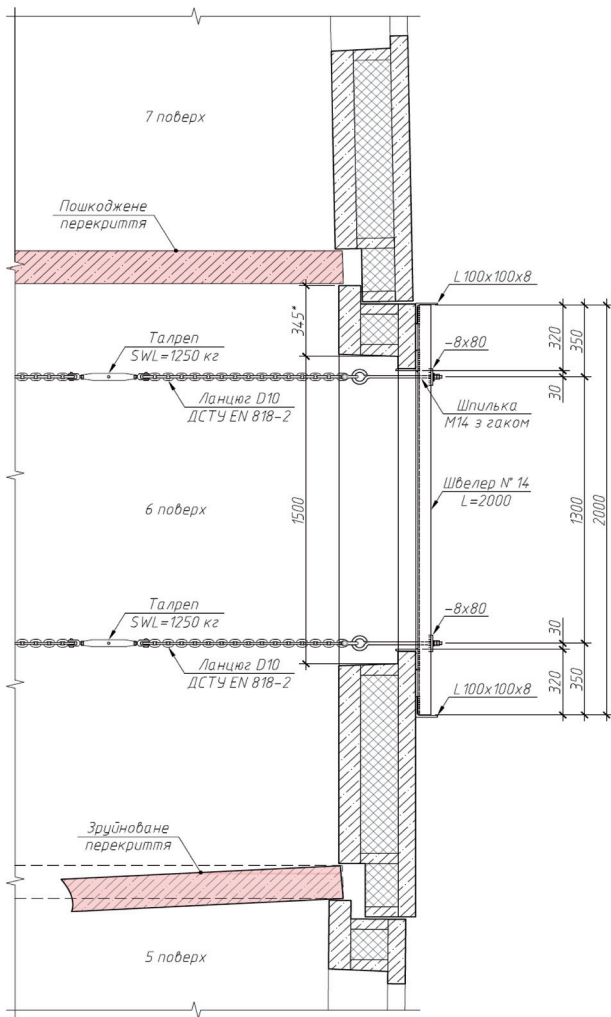
Узагальнення результатів обстежень панельних будинків, пошкоджених під час бойових дій, дає змогу виділити п'ять основних видів пошкоджень несучих конструкцій.



**Рисунок 4** – Схема закріплення пошкоджених стінових панелей і плит перекриття



**Рисунок 6** – Закріплення фасадних панелей для демонтажу зруйнованих перекриттів



**Рисунок 5** – Конструкція упорного елемента

1. Пошкодження заповнення стиків панелей. Такі пошкодження виникають від влучання у сусідні конструкції (малі чи помірної кінетичної енергії – малими калібрами, влучання під гострим кутом тощо) чи вплив вибухової хвилі невеликої потужності. У цьому випадку механічні пошкодження панелей не фіксуються. Технічний стан несучих конструкцій при таких пошкодженнях оцінюється як задовільний (категорія «2»).

Типові пошкодження заповнення стиків панелей наведені на рис. 7.

2. Поверхнєве пошкодження зовнішнього шару стінових панелей. Є наслідком влучання осколків від вибуху боеприпасів. У зовнішніх стінових панелях це проявляється у пошкодженні чи частковому руйнуванні захисного шару утеплювача і самого утеплювача, у внутрішніх панелях – у локальному пошкодженні захисного шару бетону. У цьому випадку цілісність несучої частини панелей не порушена. Технічний стан при таких пошкодженнях оцінюється як задовільний (категорія «2») чи непридатний для нормальної експлуатації (категорія «3»), останнє переважно для зовнішніх панелей.

Вигляд поверхнєвого пошкодження несучих конструкцій наведений на рис. 8.

3. Механічне пошкодження панелей внаслідок влучання у сусідні конструкції чи вплив вибухової хвилі. У першому випадку пошкодження конструкції відбувається крізь стики панелей. Залежно від виду і



**Рисунок 7** – Пошкодження заповнення стиків міжквартирних стінових панелей

рівня впливу може відбуватися порушення цілісності панелі у вигляді тріщин біля її опорних частин (ударний вплив через закладні деталі), руйнування опорних частин (виривання закладних деталей, розрив пластин і стрижнів), утворення вертикальних, горизонтальних і похилих тріщин (від дії ударної хвилі).

Технічний стан при таких пошкодженнях оцінюється від задовільного (категорія «2») до аварійного (категорія «4»).

Приклад руйнування панелі вибуховою хвилею наведений на рис. 9.

4. Механічне пошкодження панелей внаслідок прямого влучання боєприпасів. Залежно від ступеня пошкодження технічний стан при таких пошкодженнях оцінюється як непридатний для нормальної експлуатації (категорія «3») чи аварійний (категорія «4»). Найбільш поширеним наслідком такого виду впливу (пряме влучання), особливо для внутрішніх панелей, є їх повне руйнування.

Пошкодження панелей внаслідок влучання боєприпасів наведено на рис. 10.

5. Механічне пошкодження панелей внаслідок вогневого впливу. Залежно від інтенсивності та тривалості впливу призводить до пошкодження захисного шару бетону (панель вкривається сіткою тріщин на глибину кількох сантиметрів), локального руйнування бетону навколо віконних і дверних прорізів, утворення вертикальних і похилих тріщин в панелях внаслідок температурних деформацій.



**Рисунок 8** – Пошкодження захисного шару зовнішньої стінової панелі (ліва панель)



**Рисунок 9** – Руйнування панелі перекриття вибуховою хвилею

Технічний стан при таких пошкодженнях оцінюється від задовільного (категорія «2») до аварійного (категорія «4»). Візуальними проявами аварійності конструкції після вогневих впливів є наднормативні прогини плит перекриття, сітка тріщини на поверхні бетону з шириною розкриття до кількох міліметрів.

Ілюстрація типового пошкодження плити перекриття після пожежі наведена на рис. 11.

Згідно із сформульованими в Настанові [5]





**Рисунок 10** – Пошкодження зовнішньої і внутрішньої стінових панелей боєприпасами



**Рисунок 11** – Пошкодження захисного шару бетону панелі перекриття після пожежі

критеріями, технічний стан об'єкта в цілому оцінюють в залежності від технічного стану несучих та огорожувальних конструкцій шляхом віднесення його до однієї з чотирьох категорій технічного стану.

У переважній більшості випадків технічний стан панельних будинків, що зазнали прямих влучань боєприпасів (артилерійські обстріли), класифікується як непридатний до нормальної експлуатації (категорія «3») чи аварійний (категорія «4»). При цьому ступінь пошкодження таких будинків за класифікаційними ознаками переважно відноситься до II категорії згідно з [8].

У разі ракетних обстрілів чи влучань авіаційних бомб, що мають суттєво вищу руйнівну силу, пошкодження панельних будинків, у більшості випадків, відноситься до III категорії згідно з [8]. Панельні будинки в цілому чи їх окремі секції (блоки) у багатосекційних будинках зазнають такого руйнування, що їх відновлення є економічно недоцільним.

### **ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ**

Досвід обстеження панельних будинків у Київській області, містах Київ і Чернігів, розробки технічних рішень з підсилення тонкостінних конструкцій заводського виготовлення, робочих креслень підсилення та авторського нагляду за реалізацією проектів дає підстави зробити такі висновки:

1. За час інтенсивного розвитку великопанельного будівництва, що припадає на 60-ті – 80-ті роки XX ст., впроваджено десятки серій багатопверхових будинків, що мають свої конструктивні особливості. Для цього була створена будівельна індустрія, що включала проектні інститути, домобудівні комбінати та підприємства, що виробляли для них матеріали.

2. За часів відновлення незалежності України великопанельне будівництво почало втрачати популярність. Технічна можливість виготовляти окремі збірні елементи для більшості наявних в експлуатації серій панельних будинків відсутня. Окрім цього, вартість таких елементів, з врахуванням логістики, стає неприйнятно високою.

Конструктивна особливість панельних будинків така, що виконати заміну зруйнованої чи сильно пошкодженої конструкції елементом заводського виготовлення майже неможливо з об'єктивних причин, а саме: відсутності доступу для монтажу.

З огляду на перелічене, найбільш доцільним рішенням стає виготовлення окремих конструкцій на заміну зруйнованим на місці з використанням прокатних профілів, арматури, бетону, цегли та газобетонних блоків. В окремих випадках є можливість використання збірних залізобетонних елементів, наприклад, плит перекриття.

3. Характер і ступінь пошкодження панельних багатопверхових будинків залежить від виду використаної зброї. Технічний стан будинків, що



зазнали артилерійських обстрілів (з прямими влучаннями до 20 боєприпасів), як правило, класифікується як непридатний до нормальної експлуатації (категорія «3») чи аварійний (категорія «4») згідно з [5].

Окремо слід відзначити, що на ступінь пошкодження великопанельних будинків впливає не лише калібр боєприпасів і кількість влучань, а й їх вид. Застосування запалювальних боєприпасів спричиняє масштабні пожежі і, як наслідок, аварійні пошкодження значної частини конструкцій. Ступінь пошкодження таких будинків за класифікаційними ознаками буде відноситися до III категорії згідно з [8], тобто до таких, які недоцільно відновлювати.

4. У разі ракетних обстрілів чи влучань авіаційних бомб пошкодження панельних будинків, у більшості випадків, відносяться до III категорії згідно з [8]. Будинки в цілому чи його окрема секція зазнають такого руйнування, що їх відновлення у проектних параметрах і конструктивній схемі є економічно недоцільним.

5. Результати натурних візуальних обстежень багатопверхових панельних будинків стандартних серій, пошкоджених артилерійськими обстрілами, свідчать про те, що руйнування до чотирьох суміжних панелей не призводить до розвитку прогресуючого руйнування.

6. Узагальнення результатів обстеження панельних будинків, пошкоджених під час бойових дій, дає змогу виділити п'ять основних видів пошкоджень несучих конструкцій. В окремих випадках, відновлення пошкоджень заповнення стиків панелей та поверхневих пошкоджень зовнішнього шару стінових панелей можна виконати при поточних ремонтах будинків. Суттєві пошкодження несучих конструкцій, такі як: механічне пошкодження панелей внаслідок влучання у сусідні конструкції чи вплив вибухової хвилі; механічне пошкодження панелей внаслідок прямого влучання боєприпасів; механічне пошкодження панелей внаслідок вогневого впливу, підлягають відновленню лише при капітальних ремонтах панельних будинків чи їх окремих частин.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Альбом V. Изделия заводского изготовления к домам с 14 по 18 серии типовых проектов 1-464-А. Часть I-м. Железобетонные изделия (панели перекрытия, внутренние стеновые панели и перегородки). Москва: ЦНИИЭП жилища, 1965.
2. Серия 1-464-А. Крупнопанельные дома для строительства во II и III строительноклиматических зонах. Альбом V. Изделия заводского изготовления. Часть 3а-Д. Наружные стеновые панели многослойной конструкции. Москва: ЦНИИЭП жилища, 1967.
3. Серия АППС ЧН-94. Чернігів: Гипрогражданпромстрой, 1994.
4. Failure of a high-rise system: how safe should

the structure really be? Architectural Record. November 1968, p. 169–170.

5. ДСТУ-Н В В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 44 с.
6. Зміни, що вносяться до Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 5 квітня 2022 р. № 423.
7. Порядок проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 12 квітня 2017 р. № 257.
8. Методика проведення обстеження та оформлення його результатів. Затверджено Наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 06.08.2022 року № 144.

#### REFERENCES

1. Album V. Manufactured products for houses of series 14 to 18 of typical projects 1-464-A. Part I-m. Reinforced concrete products (floor panels, internal wall panels, and partitions). (1965). Moscow: TsNIIEP Zhilishcha.
2. Series 1-464-A. Large-panel houses for construction in II and III construction-climatic zones. Album V. Manufactured products. Part 3a-D. Exterior wall panels of multilayer construction. (1967). Moscow: TsNIIEP Zhilishcha.
3. Series APPS CHN-94. (1994). Chernihiv: Giprogazdanpromstroy.
4. Architectural Record. (1968, November). Failure of a high-rise system: how safe should the structure really be?
5. DSTU-N B V.1.2-18:2016. (2017). Guidelines for the inspection of buildings and structures to determine and evaluate their technical condition. Kyiv: "UkrNDNC".
6. Changes to the Procedure for conducting inspections of commissioned construction projects. Approved by the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated April 5, 2022, No. 423.
7. Procedure for conducting inspections of commissioned construction projects. Approved by the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated April 12, 2017, No. 257.
8. Methodology for conducting inspections and documenting its results. Approved by the Order of the Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine dated August 6, 2022, No. 144.

Стаття надійшла 10.04.2023 року



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-6>

УДК 528.4



**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

## ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЧАСОВИХ ЗМІН ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЛІ/СПОРУДИ, ЩО ПОСТРАЖДАЛА ВІД БОЙОВИХ ДІЙ ВНАСЛІДОК ВОЄННОЇ АГРЕСІЇ РФ

### АНОТАЦІЯ

Воєнні злочини РФ, яких зазнає Україна щодня протягом майже півтора року, спричинили значну кількість руйнувань житлових та адміністративних будівель. Тому, одним з головних завдань на сьогодні для сфери будівництва є відновлення зруйнованих об'єктів.

Після обстеження [10] наступним етапом геодезичного супроводу є інструментальний геодезичний моніторинг часових змін деформованого стану. До параметрів, що підлягають геодезичному спостереженню, відносяться, в залежності від конструктиву:

- для багатоповерхових цегляних та монолітно-каркасних будівель: моніторинг розвитку кренів, спостереження прогинів перекриттів, контроль висотного положення верхньої частини (найвищого поверху) каркасу будівлі,

моніторинг розкриття тріщин;

- для багатоповерхових великопанельних будівель: моніторинг горизонтальних зміщень зовнішніх стінових панелей, спостереження прогинів перекриттів, моніторинг розкриття міжпанельних швів.

Основним завданням моніторингу є вчасне запобігання деформаційним процесам будівель і споруд, що виникають внаслідок пошкодження несучих конструкцій та в процесі їх відновлення. Правильно підібрана методологія проведення моніторингу деформацій та регулярне його виконання дає змогу отримати своєчасні дані про наявність деформаційних процесів, їх швидкість та зони поширення. Ці дані дозволяють безпечно та якісно виконувати будівельні роботи з відновлення пошкоджених чи частково зруйнованих будівель і



споруд.

У статті розглядаються приклади проведення моніторингу на трьох об'єктах, що постраждали від воєнної агресії РФ, у місті Чернігів, а саме: житловий будинок по вул. Генерала Белова, 27, житловий будинок по вул. Генерала Белова, 37, корпус 3, та житловий будинок по вул. Вячеслава Чорновола, 15А. Всі три будинки були пошкоджені під час активних бойових дій на Чернігівському напрямку у лютому-березні 2023 року. Роботи з обстеження було розпочато у червні, роботи з відновлення та, відповідно, моніторинг деформацій – у серпні 2022 року.

Публікація наповнена матеріалами за результатами моніторингу будинків, а саме:

- спостереження розвитку кренів;
- моніторингу висотного положення верхньої частини каркасу;
- контролю прогинів плит перекриття;
- спостереження горизонтальних переміщень стінових панелей;
- визначення змін ширини розкриття тріщин.

Представлено графічні матеріали, на яких наведено результати моніторингу за переліченими вище параметрами та технології проведення робіт.

Обґрунтовано актуальність моніторингу деформацій в процесі відновлення будівель та споруд, що зазнали руйнувань внаслідок воєнної агресії РФ.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** Моніторинг деформацій, геодезичний моніторинг, нівелір, тахеометр, крен, прогин, воєнна агресія РФ, воєнні злочини.

## **GEODETIC MONITORING OF TEMPORAL CHANGES OF THE DEFORMED STATE DURING BUILDING/STRUCTURE RESTORATION, THAT HAD BEEN SUFFERED FROM THE CONSEQUENCES OF WARS MILITARY AGGRESSION OF THE RUSSIAN FEDERATION**

### **ABSTRACT**

The war crimes of the Russian Federation, which Ukraine has been experiencing every day for almost a year and a half, have caused a significant amount of destruction of residential and administrative buildings. Therefore, one of the main tasks for the construction industry today is the restoration of destroyed objects.

After survey [10], the next stage of geodetic support is instrumental geodetic monitoring of temporal changes in the deformed state. Depending on the design, the parameters subject to geodetic observation include:

- for multi-storey brick and monolithic-frame buildings: monitoring of lurch development, observation of floor deflections, control of the height position of the upper part (top floor) of the building frame, monitoring of crack opening.
- for multi-storey large-panel buildings: monitoring of horizontal displacements of external

wall panels, monitoring of floor deflections, monitoring of opening of inter-panel joints.

The main task of monitoring is the timely prevention of deformation processes of buildings and structures arising from damage to load-bearing structures and in the process of their restoration. Properly selected methodology for monitoring deformations and its regular implementation allows obtaining timely data on the presence of deformation processes, their speed and propagation zone. These data allow to carry out construction work to restore damaged or partially destroyed buildings and structures safely and efficiently.

The article examines examples of monitoring at three objects affected by the military aggression of the Russian Federation in the city of Chernigiv, namely: a residential building on the street Generala Belova, 27, residential building on the street Generala Belova, 37, building 3, and a residential building on the street Vyacheslava Chornovola, 15A. All three buildings were damaged during active hostilities in the Chernigiv direction in February-March 2023. Survey work began in June, restoration work and, accordingly, deformation monitoring - in August 2022.

The materials of the article are based on the results of building monitoring, namely:

- observation of the development of lurches;
- monitoring of the height position of the upper part of the frame;
- control of deflections of floor slabs;
- observation of horizontal movements of wall panels;
- determination of changes in the crack opening width.

Graphic materials are presented, which show the results of monitoring according to the parameters listed above and the technology of work.

The relevance of monitoring deformations in the process of restoration of buildings and structures that were destroyed as a result of military aggression of the Russian Federation is substantiated.

**KEYWORDS:** monitoring of deformation processes, geodetic monitoring, level (optical instrument), total station theodolite, lurch, deflection, military aggression of the Russian Federation, war crimes.

### **ВСТУП**

Публікація зосереджена на привертненні уваги до безпечного та якісного виконання робіт з відновлення будівель і споруд, що постраждали внаслідок воєнної агресії РФ.

На кожному етапі робіт з відновлення слід залучати геодезичні служби для інструментального контролю, вишукувань, обстежень та моніторингу пошкоджених будівель, споруд, конструкцій та комунікацій (у разі необхідності).

На етапі обстеження об'єкту інженерно-геодезичні методи дають змогу виявити зміну гео-



метричних форм будівель та їх конструкцій, зокрема, зафіксувати не лише крени кутів та вихід із горизонтальної площини стін і стінових панелей, але й прогини та вигини перекриттів, що не завжди можливо оцінити без застосування інструментальних методів. Ці фактори є надважливими, оскільки впливають на загальний технічний стан будівлі, можуть спричинити аварійні ситуації та призвести до неякісного відновлення. Вплив цих факторів (параметрів) можна підтвердити або спростувати лише шляхом інструментальних досліджень.

Геодезичне забезпечення етапу будівельних робіт з відновлення можливо розділити на два етапи:

- під час демонтажних робіт, що дає змогу контролювати безпечно розбирання завалів та демонтаж зруйнованих і пошкоджених конструкцій. Таке забезпечення дозволяє зафіксувати зміни геометричних параметрів, перекриттів, стін, колон, перегородок тощо, які можуть виникати внаслідок динамічного впливу від демонтажних робіт;
- під час зведення нових конструкцій, коли геодезична служба забезпечує виноску та розбивку, контролює якість зведення шляхом виконавчих знімачів новозведених конструкцій.

Геодезичний моніторинг часових змін деформованого стану забезпечує безпечно та доцільне виконання відновлювальних робіт на всіх етапах відновлення – від обстеження до введення в експлуатацію.

Моніторинг деформацій слід виконувати для

таких конструкцій:

- конструкції, що підлягають демонтажу, до повного їх розбирання;
- конструкції, що підлягають укріпленню та підсиленню, до підсилення та після;
- конструкції, що уціліли, але місця їх обпирання ушкоджені чи зруйновані;
- зовнішні стіни;
- конструкції найвищих поверхів, у разі, якщо нижче були пошкоджені несучі конструкції.

Першим та найважливішим етапом моніторингу є підбір методології і підбір матеріально-технічного забезпечення. Наступним, не менш важливим, етапом є встановлення спостережних станцій, виходячи з методології та технічного забезпечення. До цих двох етапів слід поставитися відповідально, оскільки допущені технічні помилки можуть призвести до аварійних ситуацій із загрозою здоров'ю та життю мешканцям і будівельникам.

Слід зауважити про ще один важливий фактор, який необхідно враховувати. На всіх трьох об'єктах, що представлені у публікації, головною метою відновлення було також підключення житлових будинків до зовнішніх інженерних мереж життєзабезпечення: електроенергії, водопостачання, водовідведення та тепlopостачання. Так, після підключення будинку до мереж, до квартир, що уціліли, одразу заселялися мешканці, і всі подальші будівельні роботи вже продовжувалися в заселених будинках. На рис. 1 наведено частково заселений житловий будинок по вул. Генерала Белова, 27, в м. Чернігів, процес відновлення якого не призупинявся.

а)



б)



**Рисунок 1** – Житловий будинок по вул. Генерала Белова, 27, м. Чернігів  
а – південна сторона будинку; б – північна сторона будинку



Це той важливий фактор, що підвищує рівень відповідальності виконання будівельних робіт, оскільки житловий будинок продовжує експлуатуватися, і кожна помилка може вартувати здоров'я та життя мешканців. В подібних умовах проводяться всі відновлювальні роботи, що стосуються поточного та капітального ремонту пошкоджених об'єктів.

### АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Моніторинг деформацій будівель і споруд інженерно-геодезичними методами та іншими інструментальними технологіями регламентовано чинними нормативними документами [1÷6]. Удосконалення та комбінування геодезичних методів моніторингу розглядалося у публікаціях [13, 15]. Застосування інженерно-геодезичних методів визначення змін геометричних параметрів під час обстеження технічного стану будівель та споруд, що постраждали від воєнної агресії, представлено у [10].

Темі обстеження та підходам до відновлення будівель та споруд присвячено публікації [10÷12, 16], що зосереджені на висвітленні загальнодержавних проблем, з якими стикаються науковці в процесі відновлення, та шляхах їх вирішення.

Темі геодезичного моніторингу деформацій будівель і споруд на сьогодні приділили значну увагу вітчизняні вчені-геодезисти та геотехніки, такі як: Баран П.І., Войтенко С.П., Шульц Р.В., Староверов В.С., Боровий В.О., Бурачек В.Г., Малік Т.М., Іванова Л.І., Андрющенко М.Ю., Бойко І.П., Третяк К.Р. та інші.

У статі використано матеріали з науково-технічних звітів з моніторингу деформаційних процесів [7÷9].

### ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Моніторинг деформацій пошкоджених чи зруйнованих об'єктів забезпечить своєчасне, детальне та достовірне інформування про наявність деформаційних процесів з метою вчасного їх усунення та забезпечення якісного та безпечного процесу відновлення.

Процес поточного та капітального відновлення проводиться в умовах експлуатації уцілілих частин будівель і споруд, тож головним завданням моніторингу є контроль наявних деформаційних процесів, швидкість їх розвитку та зони поширення.

### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Один з основних напрямів геодезичної діяльності, що необхідно виконувати в процесі відновлення, – це геодезичний моніторинг часових змін деформованого стану будівель/споруд/конструкцій.

Деформаційні процеси можуть виникати на всіх етапах процесу відновлення, завдаючи шкоду пра-

цюючому персоналу і мешканцям та активізувати поширення деформацій на інші конструкції. Найуразливішими їх можна вважати на етапі розбирання завалів та демонтажу, а також на етапі відновлення несучих конструкцій і введення їх в роботу.

На основі досвіду ДП НДІБК можна виокремити п'ять основних типів деформаційних процесів:

- розвиток кренів будівель/споруд;
- зміна висотного положення верхньої частини каркасу будівлі (у випадку значних пошкоджень несучих конструкцій);
- розвиток прогинів перекриття будівель (якщо конструкції перекриття пошкодженні від пожежі чи вибухів);
- розвиток горизонтальних переміщень (зовнішніх стінових панелей) та розкриття швів між внутрішніми та зовнішніми стіновими панелями (притаманна багатоповерховим крупнопанельним будівлям, у випадку, якщо від вибуху пошкоджено закладні деталі та перекриття);
- збільшення ширини розкриття тріщин.

Слід зауважити: якщо під час процесу відновлення відбувається технологічне втручання у фундаментну систему (тобто, проводяться роботи з відновлення, заміни або підсилення фундаментів, незалежно від конструктиву), до складу робіт з моніторингу слід включати спостереження вертикальних переміщень фундаментів шляхом спостереження осідань стін на найнижчому поверсі будівлі.

У публікації приведено технології та результати моніторингу деформаційних процесів на трьох житлових будинках в м. Чернігів: по вул. Генерала Белова, 27, по вул. Генерала Белова, 37, корпус 3, та по вул. В'ячеслава Чорновола, 15А. Досвід ДП НДІБК з моніторингу подібних об'єктів, що постраждали від воєнних дій, розпочався з серпня минулого року. Упродовж червня проведено обстеження технічного стану та ступеня пошкодження десятків багатоквартирних житлових будинків в м. Чернігів. До складу робіт з обстеження входили й роботи з геодезичного обстеження [10]. Склад робіт, методика виконання, вимоги до технічного забезпечення – все це вирішувалося на місці шляхом детального огляду об'єкту та ступеня його пошкодження.

Зважаючи на низку вимог та екстремальні умови праці, було встановлено спостережні станції за всіма можливими параметрами деформаційних процесів конструкцій, що могли змінюватися як в процесі демонтажних робіт, так і пізніше під час виконання будівельних робіт.

Інструментальний моніторинг проводився, у середньому, від 3 до 6 циклів спостереження з періодичністю 1 раз на місяць, а саме:

- на пошкоджених конструкціях та на уцілілих конструкціях, на які обпиралися або лежали



Серпень 2022 року



Лютий 2023 року



Квітень 2023 року



Травень 2023 року

**Рисунок 2** – Часові зміни відбудови житлового будинку по вул. Генерала Белова, 27

пошкоджені;

- у місцях тріщино-утворення у перекриттях, колонах, несучих стінах та швах між стіновими панелями;
- у приміщеннях, де було зафіксовано сліди пожежі та деструкції захисного шару перекриттів, колон, несучих стін тощо.

Важливим питанням також є періодичність моніторингу, тобто з яким інтервалом часу проводити вимірювання: 1 раз на місяць, 1 раз на тиждень чи 1 раз на день. Періодичність залежить від багатьох факторів, наприклад, від ступеню пошкодження несучих конструкцій, швидкості виконання будівельних робіт, наявності деформаційних процесів, вимог конструкторів тощо. На початку моніторингу інтервали між циклами було прийнято два тижні, після проведення 2-х циклів стало зрозуміло, що інтервал в 1 місяць буде оптимальним (за відсутності стрімких деформаційних процесів).

На рис. 2 зображено часові зміни на об'єкті по вул. Генерала Белова, 27: у серпні 2022 р. було встановлено спостережну станцію і розпочато моніторинг, а у лютому 2023 р. повністю демонтовано всі пошкоджені конструкції.

### **1. СПОСТЕРЕЖЕННЯ РОЗВИТКУ КРЕНІВ БУДІВЕЛЬ/СПОРУД**

Для вимірювання горизонтальних переміщень рекомендовано використовувати метод прямої багаторазової лінійно-кутової засічки за допомогою електронного тахеометра та триштативної системи. Цей метод забезпечує отримання величин горизонтальних переміщень з



похибкою, що не перевищує  $\pm 2$  мм. Для виконання цих робіт використовується електронний тахеометр з кутовою точністю  $2''$ .

При середній квадратичній похибці виміру кутових напрямків, рівних  $m_a = \pm 2''$ , і відстані до контрольних марок  $\approx 100 \div 150$  м очікувана середня квадратична похибка поперечного лінійного переміщення буде дорівнювати:

$$m\Delta = m_a \cdot L/\rho'' = \pm 2 \cdot 100000/206265 = \pm 1,0 \text{ мм.}$$

Похибка вимірювання похилої відстані електронним тахеометром становить  $\pm 2$  мм. Тож за умови рівного впливу, середньоквадратична похибка визначення координат контрольної марки складатиме  $\sqrt{1,0^2 + 2^2} \approx \pm 1,7$  мм. Також враховуються похибки центрування приладу, наведення на мішень відбивача та вплив довкілля. Таким чином, величина похибки визначення координат контрольних марок не перевищувала  $\approx \pm 2$  мм.

При використанні цього методу стійкість вихідних знаків спостереженої станції є вирішальною умовою успішного проведення вимірів переміщень. Важливим також є вибір непорушних орієнтирних пунктів для прив'язки кутових вимірів.

На найвищі характерні вертикальні конструкції житлового будинку було встановлено світловідбивачі. Місця встановлення спостережних марок наведено на рис. 3.

Вихідні знаки планової основи закладено поза зоною очікуваного впливу від можливих деформацій. Стійкість вихідних знаків контро-

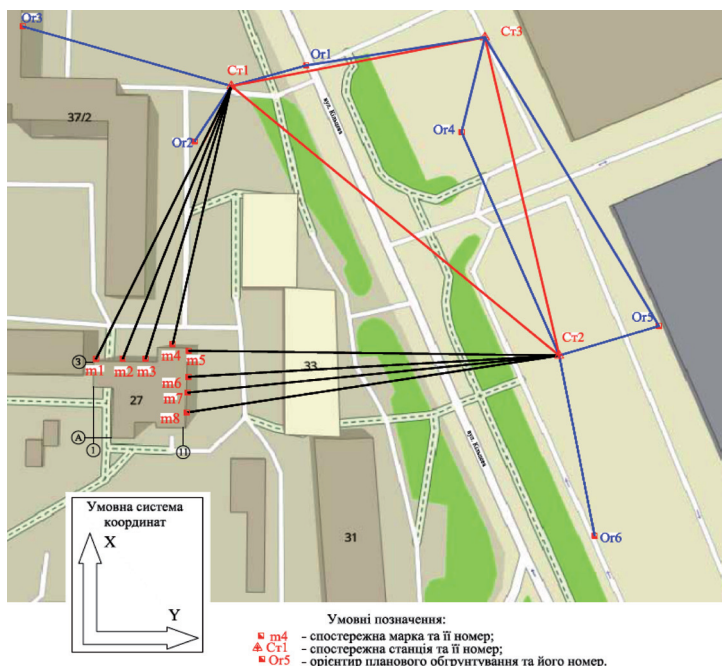


Рисунок 4 – Схема розташування світловідбивачів та схема ходу по вул. Генерала Белова, 27

лювалась вирішенням зворотної лінійно-кутової засічки на віддалені орієнтири. За даними контролю за весь час вимірювань вихідні знаки свого планового положення не змінили.

Схема розташування спостережних марок (світловідбивачів), спостережних станцій та орієнтирів планового обґрунтування наведена на рис. 4.

Координати спостережних марок зведені у відомості (табл. 1).

Результати моніторингу розвитку кренів можна представляти в табличному або графічному вигляді. До графічного представлення результатів відносяться: графік розвитку переміщень в часі, схема векторів, що вказують напрям та величину переміщення, схема фактичного положення контуру будівлі за кількома циклами, еюра переміщень тощо.

## 2. МОНІТОРИНГ ВИСОТНОГО ПОЛОЖЕННЯ ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ КАРКАСУ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

У зв'язку з тим, що пошкоджено несучі елементи монолітного каркасу житлового будинку по вул. В'ячеслава Чорновола, 15А, виникла вірогідність деформаційних процесів, що можуть відбутися в тій частині будинку, що уціліла. За результатами обстеження 16 та 17 поверхи пошкоджень не зазнали, але враховуючи пошкоджені несучі елементи монолітного каркасу на 13–15 поверхах, є небезпека того, що уцілілі поверхи можуть зазнати деформаційних процесів. Для фіксування наявності деформаційних



Рисунок 3 – Приклад встановлення спостережних марок по вул. Генерала Белова, 27





Таблиця 1 – Відомість відносних координат та зміщень в плані житлового будинку по вул. Генерала Белова, 27

Номер спостережної марки	23.08.2022		14.09.2022					18.11.2022				
	Цикл вимірювань		Цикл вимірювань					Цикл вимірювань				
	Координати точок		Координати точок		Прирости координат, мм		Величина вектору зміщення, мм	Координати точок		Прирости координат, мм		Величина вектору зміщення, мм
	X	Y	X	Y	$\Delta X$	$\Delta Y$		X	Y	$\Delta X$	$\Delta Y$	
	1		2					3				
M1	238.382	4.233	238.380	4.232	-2	-1	2	238.367н	4.310н			
M2	238.413	16.507	238.412	16.505	-1	-2	2	238.552н	15.628н			
M3	235.095	20.255	235.095	20.252	0	-3	3	235.090	20.266	-5	11	12
M4	239.762	28.671	239.760	28.668	-2	-3	4	239.759	28.683	-3	12	12
M5	240.725	32.649	240.723	32.647	-2	-2	3	241.514н	32.659н			
M6	234.261	34.616	234.259	34.615	-2	-1	2	234.258	34.614	-3	-2	4
M7	230.665	34.628	230.664	34.628	-1	0	1	230.667	34.627	2	-1	2
M8	219.559	32.685	219.556	32.683	-3	-2	4	219.556	32.683	-3	-2	4

процесів було встановлено спостережну станцію на вертикальних елементах покрівлі будинку у вигляді мережі осадових марок, надійно закріплених на вертикальних елементах, зокрема на цегляних парапетах.

Зазвичай, при виконанні спостережень за вертикальними переміщеннями несучих елементів каркасу влаштовується не менше двох вихідних реперів для забезпечення взаємного контролю

стійкості їх відміток. Така їх кількість забезпечує необхідну точність визначення вертикальних переміщень, прийняту в нашому випадку  $\pm 1.0$  мм для найбільш віддаленої від вихідного реперу марки. Висотні положення реперів були визначені з мінімальною можливою граничною похибкою.

Враховуючи, що сусідня секція була не ушкоджена, на покрівлі будинку було закладено 9 осадових марок.

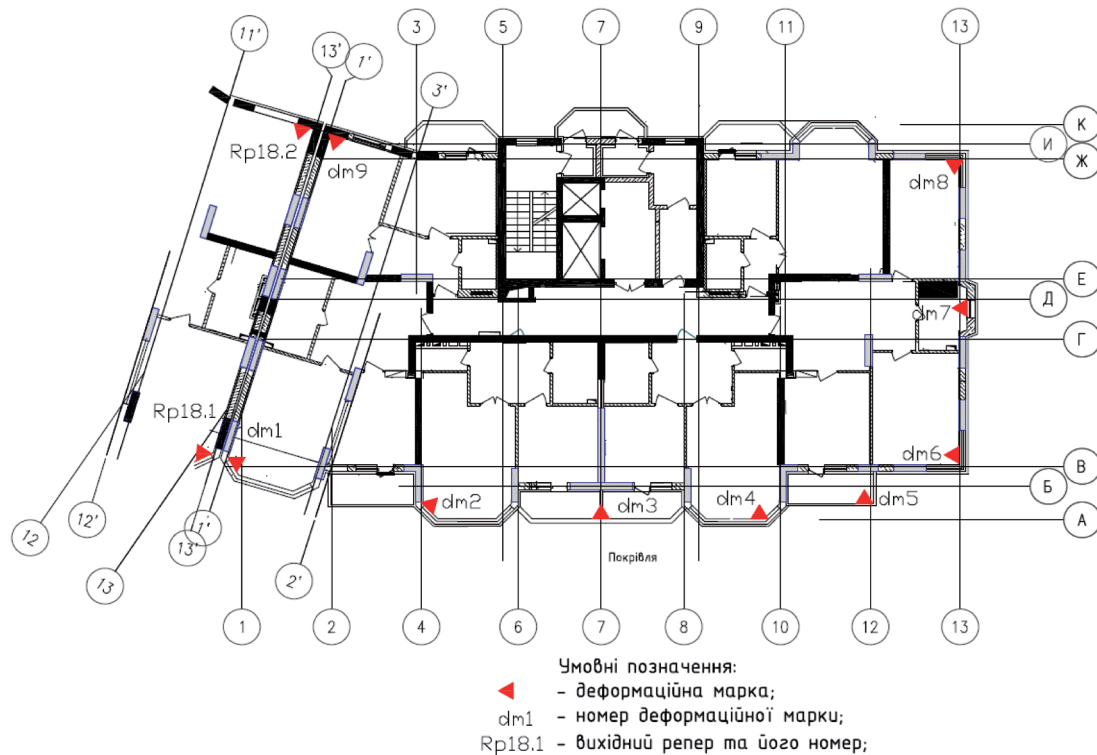


Рисунок 5 – Схема розташування деформаційних марок, встановлених на покрівлі житлового будинку по вул. В'ячеслава Чорновола, 15А



дових марок. Схема розташування та нумерація осадових марок представлена на рис. 5.

Вимірювання вертикальних переміщень елементів каркасу будівлі здійснювалось методом геометричного нівелювання II класу точності. Для виконання вимірювань вертикальних переміщень верхньої частини каркасу будівлі використовувався високоточний електронний нівелір та кодова рейка з інварною стрічкою.

Величина переміщення перекриття будівлі під кожною деформаційною маркою ( $\Delta h$ ) обчислюється як різниця між відмітками останнього і першого циклів вимірів цієї марки.

За результатами спостережень складено відомість відносних відміток та величин вертикальних переміщень деформаційних марок.

В табл. 2 для більш повного уявлення про характер розвитку вертикальних переміщень в часі в стовпчиках  $\Delta h$  приведено величини вертикальних переміщень деформаційних марок по відношенню до попереднього циклу вимірів, а в стовпчиках  $\Delta H$  – сумарні величини переміщень відносно першого циклу вимірів, виконаних 18 серпня 2022 року.

Результати моніторингу можна представляти в табличному або графічному вигляді. На рис. 6 представлено результати моніторингу у вигляді кривої лінії відхилень, що нанесена на фото об'єкту з



Умовні позначення:

- ±0 - вертикальні переміщення осадових марок, мм;
- - осадова марка.

**Рисунок 6** – Результати моніторингу вертикальних переміщень деформаційних марок, встановлених на покрівлі житлового будинку по вул. В'ячеслава Чорновола, 15А

Таблиця 2 – Відомість відносних відміток та вертикальних переміщень деформаційних марок, встановлених на покрівлі житлового будинку по вул. В'ячеслава Чорновола, 15А

Номер деформаційної марки	18.08.22	14.09.2022			19.10.2022			17.11.2022		
	Відмітка, м	Відмітка, м	$\Delta h$ ,мм	Відмітка, м	$\Delta h$ ,мм	$\Delta H$ ,мм	Відмітка, м	$\Delta h$ ,мм	$\Delta H$ ,мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
dm1	51.470	51.470	0	51.470	0	0	51.470	0	0	
dm2	51.493	51.491	-2	51.491	0	-2	51.491	0	-2	
dm3	51.522	51.519	-3	51.517	-2	-5	51.515	-2	-7	
dm4	51.464	51.461	-3	51.458	-3	-6	51.455	-3	-9	
dm5	51.455	51.454	-1	51.452	-2	-3	51.450	-2	-5	
dm6	51.480	51.479	-1	51.478	-1	-2	51.478	0	-2	
dm7	51.501	51.500	-1	51.500	0	-1	51.501	1	0	
dm8	51.460	51.459	-1	51.459	0	-1	51.460	1	0	
dm9	51.455	51.455	0	51.454	-1	-1	51.455	1	0	
Rp18.1	51.455	51.455	0	51.455	0	0	51.455	0	0	
Rp18.2	51.563	51.563	0	51.563	0	0	51.563	0	0	
Середнє значення, мм			-1.1			-1.9			-2.3	



плановою прив'язкою до фактичного розташування деформаційних марок.

### 3. КОНТРОЛЬ ПРОГИНІВ ПЕРЕКРИТТІВ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Контроль прогинів пошкодженого перекриття житлового будинку виконується з метою запобігання аварійних ситуацій та виникнення обвалів.

Виконання моніторингу прогинів перекриття, в залежності від умов, можливо виконувати кількома способами нівелювання: геометричним та тригонометричним.

Організація моніторингу прогинів методом геометричного нівелювання включає:

- визначення фактичного положення;
- встановлення спостережних марок;
- інструментальні вимірювання відміток марок;
- складання відомостей відміток та схем з результатами нівелювання.

Організація моніторингу прогинів методом тригонометричного нівелювання включає:

- закріплення спостережної станції (місця візування);
- регулярне візування ділянки перекриття за однією й тією ж схемою та з тією ж щільністю точок;
- складання схем та побудова ізоліній, аналіз розташування ізоліній.

#### Метод геометричного нівелювання перекриттів.

Для визначення вертикальних переміщень плит перекриття житлового будинку на їх нижній поверхні були встановлені деформаційні марки. Схема розташування деформаційних марок, встановлених на перекритті 14-го поверху, наведена на рис. 7.

Вимірювання вертикальних переміщень точок перекриттів здійснювалось методом геометричного нівелювання. Для виконання вимірювань прогинів плит перекриття будівлі використовувався електронний нівелір та кодова рейка. Нівелювання марок виконувалось за наміченими ходами, щоразу за однією й тією ж схемою.

За результатами спостережень за переміщенням перекриття будівлі складено відомість відносних відміток та



**Рисунок 7** – Схема розташування деформаційних марок, встановлених на перекритті 14-го поверху житлового будинку по вул. Генерала Белова, 27



**Рисунок 8** – Результати моніторингу прогинів перекриття методом геометричного нівелювання житлового будинку по вул. Генерала Белова, 27



Таблиця 3 – Відомість відносних відміток та величин вертикальних переміщень деформаційних марок, встановлених на перекритті житлового будинку по вул. Генерала Белова, 27

Номер деф. марки	19.08.2022		15.09.2022			17.11.2022			28.12.2022		
	Відмітка, м	$\Delta h$ , мм	Відмітка, м	$\Delta h$ , мм	$\Delta H$ , мм	Відмітка, м	$\Delta h$ , мм	$\Delta H$ , мм	Відмітка, м	$\Delta h$ , мм	$\Delta H$ , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	68.977	-23	68.977	0	-23	68.977	0	-23	68.977	0	-23
2	68.979	-18	68.979	0	-18	68.979	0	-18	68.979	0	-18
3	69.000	0	69.000	0	0	69.000	0	0	68.997	-3	-3
4	68.992	-14	68.992	0	-14	68.992	0	-14	68.992	0	-14
5	68.985	-20	68.985	0	-20	68.984	-1	-21	68.984	0	-21
6	68.984	-4	68.984	0	-4	68.984	0	-4	68.977	-7	-11
7	68.967	-15	68.967	0	-15	68.967	0	-15	68.955	-12	-27
8	68.958	-26	68.958	0	-26	недоступна			недоступна		
9	68.981	-22	68.981	0	-22	68.981	0	-22	68.980	-1	-23
10	68.993	-5	68.993	0	-5	68.993	0	-5	68.975	-18	-23
11	68.976	-18	68.976	0	-18	68.976	0	-18	68.974	-2	-20
12	68.982	-16	68.982	0	-16	68.982	0	-16	68.981	-1	-17
13	68.995	-6	68.995	0	-6	68.995	0	-6	68.980	-15	-21
14	68.973	-29	68.973	0	-29	68.972	-1	-30	68.972	0	-30
Середнє значення, мм					-17.1			-15.9			-22.9

поверх 14 квартири №69

величин вертикальних переміщень деформаційних марок (табл. 3).

За наявності переміщень (для наочності сприйняття) результати моніторингу представлялися графічно у вигляді відхилень, зазначених на плані (рис. 8). Також розвиток прогинів можливо представити у вигляді графіку розвитку в часі.

#### **Метод тригонометричного нівелювання перекриттів.**

У місцях, де виконати зйомку за допомогою геометричного нівелювання було неможливо, використано метод тригонометричного нівелювання за допомогою електронного тахеометра. Точність даного методу значно поступається попередньому методу та становить  $\pm 5$  мм.

Тригонометричне нівелювання проводилося у безвідбивачевому режимі з необхідною щільністю точок, що забезпечує уявлення про характер пошкодження плит перекриття.

Умовна площина проходить через найвищу точку плити перекриття – точку із позначкою 0. Поруч із точками нівелювання вказано величину відхилення від умовної горизонтальної площини.

Контроль відхилень проводився не по всьому житловому будинку, а лише в місцях ураження (внаслідок відсутності вільного доступу до приміщень). В якості елементів, які на момент

зведення будинку знаходились в горизонтальних площинах, було використано плити перекриття.

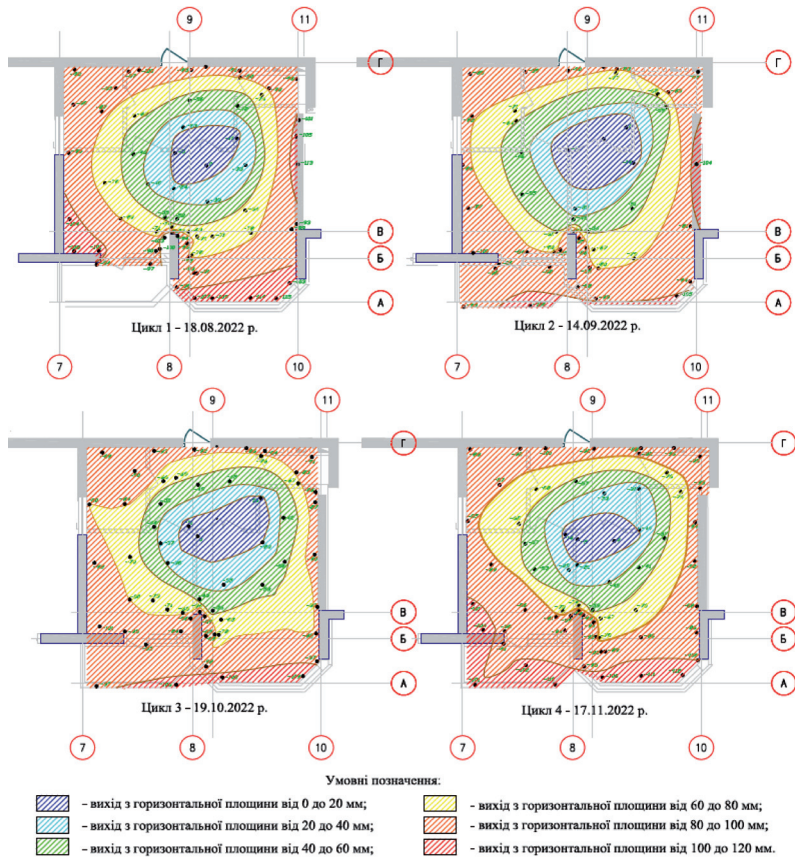
Моніторинг виконувався з одного і того ж місця встановлення приладу – спостережної точки, закріпленої на підлозі. Під час кожного циклу нівелювання виконувалося за однією і тією ж схемою. Крім того, це було повторення детальної виконавчої зйомки положення стелі.

За результатами тригонометричного нівелювання представлено результати у вигляді схем сегментів перекриття із побудованими горизонтальними (ізолініями). Для наочності сприйняття рівня деформування (рис. 9) горизонталі проведені через кожні 5 мм, а поля заштриховані різними кольорами.

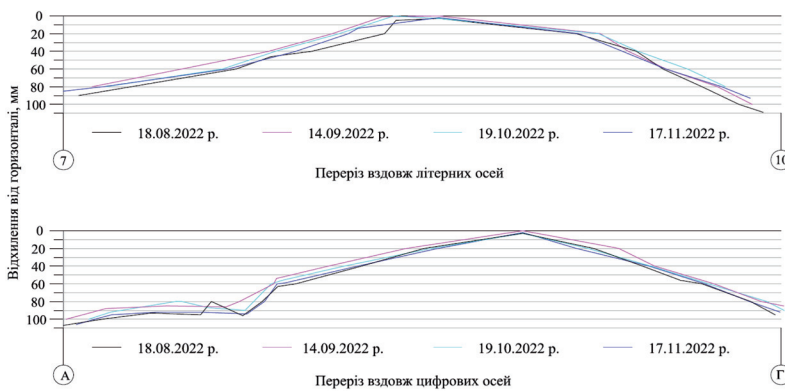
Загалом, проведено чотири цикли упродовж серпня – грудня 2022 року: 1-й цикл – 23 серпня, 2-й – 15 вересня, 3-й – 17 листопада та 4-й – 28 грудня.

Слід зауважити, що вибух відбувся всередині житлового будинку, внаслідок чого перекриття квартири № 69 на 14-му поверсі зазнало підйому вгору на величину до 100 мм.

З рис. 9 видно, що мінімальні значення зосередженні в центрі кімнати, а максимальні – по краях. Під час обстеження (зокрема й геодезичного) було припущено, що перекриття в центрі може опуститися до своєї проектної відмітки, або



**Рисунок 9** – Результати моніторингу методом тригонометричного нівелювання (4 цикли) житлового будинку по вул. В'ячеслава Чорновола, 15А



**Рисунок 10** – Перерізи вздовж літерних та цифрових осей (4 цикли) житлового будинку по вул. В'ячеслава Чорновола, 15А

й навіть нижче.

Для якісного аналізу і виявлення деформаційних процесів використано метод аналізу деформаційного поля в розрізі (рис. 10). Зокрема, розрізи будувалися по двох взаємно перпендикулярних лініях, що проходять через найбільші та найменші величини відхилень. Для об'єктивності аналізу точка перетину у всіх чотирьох циклах була постійною, незалежно від пла-

нового зміщення ізоліній. Аналіз перерізів показав, що деформацій, які б перевищували похибку вимірювань, не встановлено.

Інший графічний метод був розроблений для контролю першого та для аналізу зон поширення в плані. Він базувався на накладанні одних і тих же ізоліній за постійною точкою прив'язки до першого циклу. Аналізуючи рис. 11, можна відслідковувати планове положення ізополів, оскільки їх ущільнення означатиме наявність розвитку деформацій.

### Визначення змін ширини розкриття тріщин.

Спостереження за розкриттям тріщин виконуються з метою недопущення деформування зовнішніх та несучих стін. Вимірювальні пристрої, що використовуються для спостереження за зміною ширини розкриття тріщин, дають змогу одержати як якісні, так і кількісні показники розвитку тріщин.

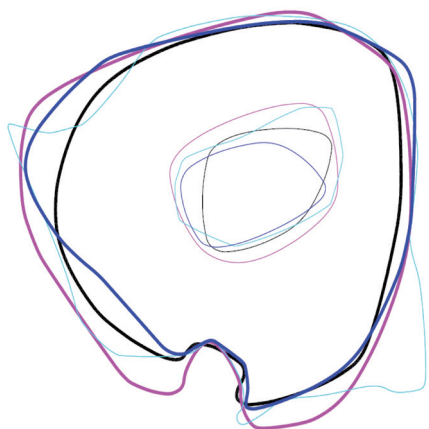
Спостережна станція для вимірювання змін ширини розкриття тріщин являє собою визначену кількість спостережених пар марок із кольорового металу, встановлених на конструкціях житлового будинку (кожна пара марок по обидва боки тріщини).

Закладання марок здійснювалося у доступних для спостережень місцях, де найбільше проявились процеси тріщиноутворення. Для зняття відліків використовувався 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 (рис. 12).

Величина зміни ширини тріщини визначалась із різниці нульового і наступних за ним в часі відліків. Температурні коливання контрольної рейки до уваги не брались, так як вона виготовлена з інварного сплаву і має незначний коефіцієнт температурного розширення ( $\approx 0,000002$ ).

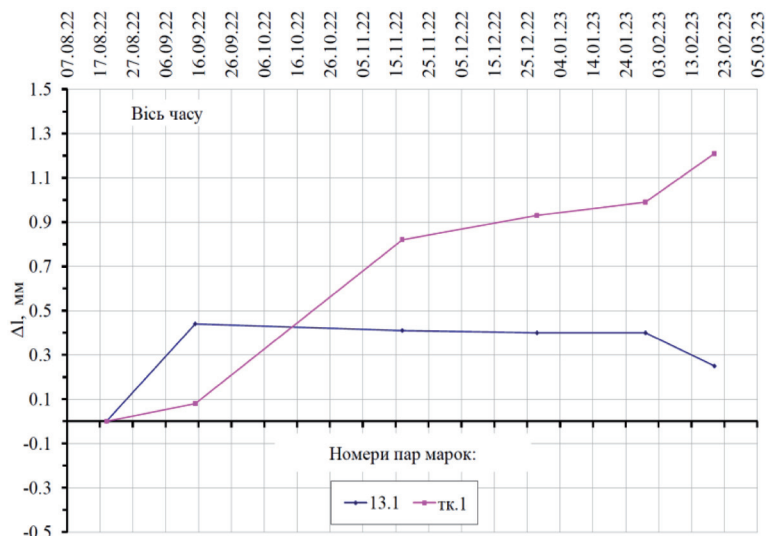
В табл. 4 приведені величини змін ширини розкриття тріщин по відношенню до першого циклу вимірів – 19 серпня 2022 року. Знак «+» означає, що тріщина розкривається, знак «-» – що закривається.

Для наочного сприйняття зміни ширини роз-



— 18.08.2022 р. — 17.11.2022 р.  
 — 19.10.2022 р. — 14.09.2022 р.

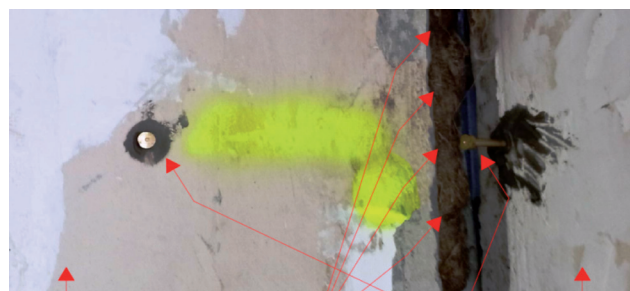
**Рисунок 11** – Планове положення ізоляцій (4 цикли) житлового будинку по вул. В'ячеслава Чорновола, 15А



**Рисунок 13** – Графік розвитку в часі зміни ширини розкриття тріщин по вул. Генерала Белова, 27



**Рисунок 12** – Спостереження зміни ширини розкриття тріщин приладом «SDM50/500»



**Рисунок 14** – Приклад встановлення пари марок на міжпанельний шов житлового будинку по вул. Генерала Белова, 37, корпус 3

Таблиця 4 – Журнал спостережень за змінами ширини розкриття тріщин в конструкціях житлового будинку по вул. Генерала Белова, 27

№ пар марок	Дати замірів										
	19.08.2022			15.09.2022				17.11.2022			
	Заміри, мм										
відлік по марках	контр. база	$\Delta l_{00}$	відлік по марках	контр. база	$\Delta l_{01}$	$\Delta l_1 = v l_{01} - \Delta l_0$	відлік по марках	контр. база	$\Delta l_{02}$	$\Delta l_2 = \Delta l_{02} - \Delta l_0$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13.1	2.38	2.61	-0.23	2.64	2.43	0.21	0.44	2.56	2.38	0.18	0.41
ТК.1	4.39	2.39	2.00	4.51	2.43	2.08	0.08	5.20	2.38	2.82	0.82
Середнє значення, мм											0.62





панелі було відзнято по 4 точки по кутах: дві знизу та дві зверху. До уваги бралися місця, де явно було зафіксовано порушення закладних та вірогідність горизонтальних переміщень стінових панелей. Зйомка панелей виконувалася зі станцій, що підбиралися у ортогональному відношенні до зовнішньої площини кожної панелі (рис. 16).

### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Головною метою публікації є продемонструвати інформативність та актуальність робіт з геодезичного моніторингу часових змін деформованого стану під час відновлення будівель і споруд, що постраждали від бойових дій внаслідок воєнної агресії рф. Геодезичний моніторинг під час відновлення має надважливу роль та надає можливість завчасно відреагувати на початок деформаційних процесів, що призводять до обвалів та зрушень конструкцій, будівель та споруд.

Геодезичному моніторингу підлягають щонайменше 3-4 параметри, що залежать від типу конструктиву будівлі/споруди. До таких можна віднести: моніторинг розвитку кренів, спостереження прогинів перекриттів, контроль висотного положення верхньої частини (найвищого поверху) каркасу будинку, моніторинг розкриття тріщин – для багатоповерхових цегляних та монолітно-каркасних житлових будинків. Для багатоповерхових крупнопанельних житлових будинків: моніторинг горизонтальних зміщень зовнішніх стінових панелей, спостереження прогинів перекриттів, моніторинг розкриття міжпанельних швів.

Натурні інструментальні геодезичні вимірювання проведено в м. Чернігів на житлових будинках різних конструктивних схем, що постраждали від бойових дій внаслідок воєнної агресії рф.

За результатами моніторингу вдалось вчасно зафіксувати прогин плит перекриття та розвиток крену пошкодженої зовнішньої стіни, що стало аргументом для прийняття рішення по демонтажу конструкцій, що мають тенденцію до розвитку.

За результатами контролю міжпанельних швів вдалось переконати мешканців будинку про те, що вірогідність руйнувань відсутня.

Таким чином, моніторинг деформацій житлових будинків під час відновлення усуває ризики виникнення аварійних ситуацій, впливає на якість проведення будівельних робіт, забезпечує безпечне виконання робіт та перебування в ньому мешканців, дає можливість відкинути зайві попереджені висновки мешканців про наявність деформацій.

Перспективним напрямком подальших досліджень та публікацій буде проведення

інженерно-геодезичного моніторингу часових змін під час відновлення цивільних та промислових споруд, що зазнали руйнувань від воєнної агресії рф.

### 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. Наказ від 06.08.2022 № 144 «Про затвердження Методики проведення обстеження та оформлення його результатів» / Міністерство розвитку громад та територій України. Київ: 2022. URL: <https://www.minregion.gov.ua/base-law/reg-politics/plan-diyalnosti-minregionu-z-pidgotovki-proektiv-regulyatornih-aktiv/nakaz-vid-06-08-2022-%E2%84%96-144-pro-zatverdzhennya-metodyky-provedennya-obstezhennya-ta-oformlennya-jogo-rezultativ/>
3. ДБН В.2.1-5-2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.
4. ДБН В.2.1-10-2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.
5. ДБН А.2.1-1-2008. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Інженерні вишукування для будівництва. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 76 с.
6. ДБНА.3.1.-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. 46 с.
7. Інженерно-геодезичні дослідження деформаційних процесів конструкцій корпусу 3 житлового будинку на вул. Генерала Белова, 37 в м. Чернігів, пошкодженого в результаті військових дій «Капітальний ремонт (аварійно-відновлювальні роботи) житлового будинку по вул. Генерала Белова, 37 корп. 3 в м. Чернігів, пошкодженого в результаті військових дій» (СРВ за ДК021:2015 код 45453000-7 Капітальний ремонт і реставрація) (заключний) / Звіт про НТР/ Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій (НДІБК), Керівник Ю. Мелашенко, Відповідальний виконавець М. Яковенко. Київ, 2023. 55 с.
8. Інженерно-геодезичні дослідження деформаційних процесів конструкцій житлового будинку по вул. Генерала Белова, 27 в м. Чернігів, пошкодженого в результаті військових дій «Капітальний ремонт (аварійно-відновлювальні роботи) житлового будинку по вул. Генерала





- Белова, 27 в м. Чернігів, пошкодженого в результаті військових дій» (СРВ за ДК021:2015 код 45453000-7 Капітальний ремонт і реставрація) (заключний) / Звіт про НТР/ Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій (НДІБК), Керівник Ю. Мелашенко, Відповідальний виконавець М. Яковенко. Київ, 2023. 78 с.
9. Інженерно-геодезичні дослідження деформаційних процесів конструкцій житлового будинку по вул. В'ячеслава Чорновола, 15А в м. Чернігів, пошкодженого в результаті військових дій «Капітальний ремонт (аварійно-відновлювальні роботи) житлового будинку по вул. В'ячеслава Чорновола, 15А в м. Чернігів, пошкодженого в результаті військових дій» (СРВ за ДК021:2015 код 45453000-7 Капітальний ремонт і реставрація) (заключний) / Звіт про НТР/ Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій (НДІБК), Керівник Ю. Мелашенко, Відповідальний виконавець М. Яковенко. Київ, 2023. 40 с.
  10. Яковенко, М. Щодо питань геодезичного обстеження будівель, що постраждали внаслідок воєнної агресії російської федерації. Наука та будівництво. 2023. № 33(3-4). URL: <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-4>
  11. Лісеній, 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). URL: <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-6>
  12. Любченко, І., Фаренюк, Г., Рубан, Ю. Обстеження та аварійно-відновлювальні роботи на об'єктах, які зазнали пошкоджень внаслідок збройної агресії російської федерації. Наука та будівництво. 2023. № 33(3-4). URL: <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-5>
  13. 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. URL: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v25i3.2>
  14. 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. URL: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.61.276-291>
  15. Яковенко М. Огляд видів геодезичного моніторингу будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах / М. Яковенко, О. Нестеренко // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2020. № 55. С. 341-350. URL: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2019.55.341-350>
  16. 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>

## 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. Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine. (2022). Order No. 144 of August 6, 2022: Approval of the Methodology for Conducting Surveys and Documenting Its Results. Kyiv. Retrieved from <https://www.minregion.gov.ua/baselaw/reg-politics/plan-diyalnosti-minregionu-z-pidgotovki-proektiv-regulyatornih-aktiv/nakaz-vid-06-08-2022-%E2%84%96-144-prozatverdzhennya-metodyky-provedennya-obstezhennya-ta-oformlennya-jogo-rezultativ/>
3. 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.
4. DBN V.2.1-10-2018. (2018). Foundations and Bases of Structures. General Provisions. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
5. DBN A.2.1-1-2008. (2008). Surveys, Design, and Territorial Activity. Engineering Surveys for Construction. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
6. DBN A.3.1.-5:2016. (2016). Organization of Construction Production. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
7. State Enterprise “State Research Institute of Building Constructions” (NIISK). (2023). Geodetic and Engineering Research of Deformation Processes in the Structure of Building 3 on Generala Belova Street, 37, Chernigiv, Damaged as a Result of Military Actions: "Major Repair (Emergency Restoration Works) of Residential Building on Generala Belova Street, 37, Building 3,



- Chernigiv, Damaged as a Result of Military Actions" (CPV under DK021:2015 code 45453000-7 Major Repair and Restoration) (Final Report). Kyiv.
8. State Enterprise "State Research Institute of Building Constructions" (NIISK). (2023). Geodetic and Engineering Research of Deformation Processes in the Structure of Residential Building on Generala Belova Street, 27, Chernigiv, Damaged as a Result of Military Actions: "Major Repair (Emergency Restoration Works) of Residential Building on General Belova Street, 27, Chernigiv, Damaged as a Result of Military Actions" (CPV under DK021:2015 code 45453000-7 Major Repair and Restoration) (Final Report). Kyiv.
  9. State Enterprise "State Research Institute of Building Constructions" (NIISK). (2023). Engineering and geodetic research of deformation processes in the residential building at 15A Vyacheslava Chornovola Street, Chernigiv, damaged as a result of military actions: Capital repair (emergency-restorative works) of the residential building at 15A Vyacheslava Chornovola Street, Chernigiv, damaged as a result of military actions (CPV according to DK021:2015 code 45453000-7 Capital repair and restoration) (Final report). Kyiv.
  10. Yakovenko, M. (2023). Regarding the 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>
  11. 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>
  12. 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>
  13. 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>
  14. 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>
  15. 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>
  16. 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>

Стаття надійшла до редакції 26.05.2023 року



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-7>

УДК 004.94, 006.3/.8, 624.05



**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) 249-72-34,  
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

## РЕГЛАМЕНТНІ ТЕХНІЧНІ СПЕЦИФІКАЦІЇ 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.

Проведено аналітичні дослідження щодо подальшого практичного застосування виробниками будівельної продукції існуючих регламентних технічних специфікацій за визначеними категоріями будівельної продукції.

Показано, що основні вимоги до будівель та споруд і відповідне законодавство Європейського Союзу, в тому числі відповідні мандати, видані

Європейською Комісією, являються основою для розроблення регламентних технічних специфікацій, що встановлюють експлуатаційні характеристики та порогові рівні показників будівельної продукції, за якими виробник складає декларацію показників будівельної продукції при введенні її в обіг або надання на ринку.

Встановлено перелік регламентних технічних специфікацій, в тому числі перелік національних стандартів для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1], що є ідентичними відповідним гармонізованим європейським стандартам, та перелік європейських документів з визначення прийнятності, що внесені до Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва та були оприлюднені на її порталі.



Наведено результати аналітичних досліджень щодо розроблених 32 проєктів національних мандатів, що встановлюють експлуатаційні характеристики, рівні та/або класи, системи оцінки та перевірки стабільності показників експлуатаційних характеристик будівельної продукції визначеної категорії, а також перелік регламентних технічних специфікацій.

Проведено аналітичні дослідження та встановлено відповідність визначеної категорії будівельної продукції відповідним мандатам, виданим Європейською Комісією, що забезпечує можливість здійснення виробником будівельної продукції пошуку гармонізованих європейських стандартів за визначеними категоріями будівельної продукції, а також встановлено можливість здійснення виробником будівельної продукції пошуку та подальшого застосування європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції через існуючу електронну пошукову систему Європейської організації з технічної оцінки.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** регламентні технічні специфікації; національні стандарти; європейські документи з визначення прийнятності; національні документи України з визначення прийнятності; гармонізовані європейські стандарти; висновок про технічну прийнятність; декларація показників експлуатаційних характеристик; категорія будівельної продукції.

## **REGULATORY TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR CERTAIN CATEGORIES OF BUILDING PRODUCTS**

### **ABSTRACT**

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

Analytical studies have been carried out on the further practical application by manufacturers of construction products of existing regulatory technical specifications for appropriate categories of construction products.

It is shown that the basic requirements for structures and the EU relevant legislation, including the appropriate mandates issued by the European Commission, are a basis for the development of regulatory technical specifications that establish the performance characteristics and threshold levels of indicators of construction products, according to which the manufacturer draws up a declaration of conformity when construction products are placed on the market.

Regulatory technical specifications have been

listed, including a list of national standards for the purposes of the Law of Ukraine "On the marketing of construction products" [1], identical to the corresponding harmonized European standards, and a list of European Assessment Documents, entered into the Unified State Electronic System of the construction industry and were made public on the web platform.

The results of analytical studies on the developed 32 draft national mandates that establish performance characteristics, levels and classes, systems for assessing and verifying the stability of indicators of performance characteristics of construction products of a certain category, as well as a list of regulatory technical specifications are presented.

Analytical studies have been carried out and the compliance of a certain category of construction products with the relevant mandates issued by the European Commission has been established. This provides the opportunity for a manufacturer to search for harmonized European standards for certain categories of construction products, and it has also been established that a manufacturer can search for and subsequently use European documents to determine acceptability for certain categories of construction products through the existing electronic search engine of the European Organization for Technical Assessment.

**KEYWORDS:** regulatory technical specifications; national standards; European Assessment documents; national documents of Ukraine for acceptability; harmonized European standards; conclusion on technical acceptability; declaration of indicators of performance characteristics; construction products category.

### **ВСТУП**

Одним із важливих механізмів введення в обіг або надання будівельної продукції на ринку є забезпечення виконання вимог регламентних технічних специфікацій за визначеними категоріями будівельної продукції з метою подальшого складання виробником декларації показників експлуатаційних характеристик будівельної продукції.

### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ**

Забезпечення виконання вимог регламентних технічних специфікацій за визначеними категоріями будівельної продукції є одним із важливих механізмів введення її в обіг або надання на ринку шляхом складання виробником декларації показників експлуатаційних характеристик будівельної продукції.

Основою для розроблення регламентних технічних специфікацій є основні вимоги до будівель та споруд, як визначено Законом України «Про надання будівельної продукції на ринку»



[1], що імплементує положення 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/ЄС (далі – Регламент (ЄС) № 305/2011 Європейського Парламенту та Ради [2]).

Водночас, регламентні технічні специфікації мають бути розроблені на основі відповідного законодавства Європейського Союзу, в тому числі відповідних мандатів, виданих Європейською Комісією, та містити експлуатаційні характеристики будівельної продукції щодо основних вимог до будівель та споруд.

Тому, на сьогодні відповідно до Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1] забезпечення виконання вимог регламентних технічних специфікацій є одним із важливих механізмів введення в обіг або надання будівельної продукції на ринку, що обумовлює необхідність проведення аналітичних досліджень щодо можливостей здійснення виробником будівельної продукції пошуку та подальшого застосування існуючих регламентних технічних специфікацій за визначеними категоріями будівельної продукції.

#### МЕТА СТАТТІ

Провести аналітичні дослідження щодо подальшого практичного застосування виробниками існуючих регламентних технічних специфікацій за визначеними категоріями будівельної продукції.

#### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Одним із важливих механізмів введення в обіг або надання будівельної продукції на ринку є забезпечення виконання вимог регламентних технічних специфікацій за визначеними категоріями будівельної продукції, тим самим забезпечуючи можливість складання виробником декларації показників експлуатаційних характеристик будівельної продукції.

Відповідно до Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1] регламентні технічні специфікації – національні стандарти для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1], що є ідентичними відповідним гармонізованим європейським стандартам, європейські документи з визначення прийнятності та національні документи України з визначення прийнятності.

Національні стандарти для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1], що є ідентичними відповідним гармонізованим європейським стандартам, застосовують у разі, якщо будівельна продукція повністю охоплена національним стандартом для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1], що є ідентичним відповідному гармонізованому

європейському стандарту, що містять методи та критерії оцінки показників будівельної продукції, пов'язаних з її експлуатаційними характеристиками, визначають використання за призначенням будівельної продукції, встановлюють застосовний контроль виробництва на підприємстві, що має враховувати конкретні умови процесу виробництва відповідної будівельної продукції, а також включають відомості технічного характеру, необхідні для застосування системи оцінки та перевірки стабільності показників.

Перелік національних стандартів для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1], що є ідентичними відповідним гармонізованим європейським стандартам, що затверджено наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 18 лютого 2022 р. № 54 «Перелік національних стандартів для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку»» [3], відповідає переліку гармонізованих європейських стандартів, опублікованих в Офіційному віснику Європейського Союзу, та містить 533 національні стандарти, що є ідентичними відповідним гармонізованим європейським стандартам, в тому числі гармонізованим європейським змінам та технічним поправкам до них (ДСТУ EN; ДСТУ EN/A1; ДСТУ EN/A2; ДСТУ EN/AC).

Перелік національних стандартів для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1], що є ідентичними відповідним гармонізованим європейським стандартам, внесено до Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва та оприлюднено на її порталі за відповідним посиланням [4].

У разі, якщо 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 будівельної продукції може бути застосовано європейський документ з визначення прийнятності з метою подальшої видачі висновку про технічну прийнятність.

Перелік європейських документів з визначення прийнятності, що затверджено наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 30 травня 2022 р. № 87 «Перелік європейських документів з визначення прийнятності» [5], 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 визначен-



ня прийнятності внесено до Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва та оприлюднено на її порталі за відповідним посиланням [4].

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 [6] та [7].

Окремо слід зазначити, що європейські настанови з технічного ухвалення (ETAG) були розроблені на виконання положень Директиви Ради Європи 89/106/ЄЕС від 21 грудня 1988р. про зближення законів, підзаконних актів та адміністративних положень держав-членів стосовно будівельних виробів [8], 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 [2], в Європейському Союзі було розпочато розроблення європейських документів з визначення прийнятності (EAD).

Водночас, слід зауважити, що на сьогодні в Україні вже розпочата робота з розгляду та встановлення окремих європейських документів з визначення прийнятності (EAD) за визначеними категоріями будівельної продукції для подальшого їх прийняття як національні стандарти.

У разі, якщо на будівельну продукцію не поширюється дія жодного чинного національного стандарту для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1], що є ідентичним відповідному гармонізованому європейському стандарту, або європейського документу з визначення прийнятності, можуть бути розроблені та застосовані національні документи України з визначення прийнятності, що повинні містити, щонайменше, загальний опис будівельної продукції, перелік експлуатаційних характеристик, що відповідають використанню за призначенням будівельної продукції, що передбачено виробником та погоджено між виробником і національною організацією органів з визначення технічної прийнятності, а також методи і критерії оцінки показників будівельної продукції, пов'язаних з експлуатаційними характеристиками.

Національний документ України з визначення прийнятності розробляється у разі подання виробником заявки на видачу висновку про технічну прийнятність для будь-якої будівельної продукції, не охопленої або не повністю охопленої національними стандартами для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1], що є ідентичними відповідним гармонізованим європейським стандартам.

Перелік національних документів України з визначення прийнятності також вносять до Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва та оприлюднюють на її порталі за відповідним посиланням [4] упродовж 30 календарних днів з дня їх прийняття.

Окремо слід зазначити, що 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 експлуатаційними характеристиками, виконане згідно із застосовним європейським документом з визначення прийнятності чи національним документом України з визначення прийнятності.

Водночас, слід зауважити, що відповідно до Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1], основні вимоги до будівель та споруд і відповідне законодавство Європейського Союзу, в тому числі відповідні мандати, видані Європейською Комісією, являються основою для розроблення регламентних технічних специфікацій, що встановлюють експлуатаційні характеристики та порогові рівні показників будівельної продукції, пов'язаних з її експлуатаційними характеристиками, за якими виробник декларує показники будівельної продукції при введенні її в обіг або надання на ринку.

Також, слід зазначити, що на сьогодні в Україні виконується робота із впровадження на національному рівні відповідних мандатів, що видані Європейською Комісією, з метою подальшого їх прийняття як національні мандати, що будуть окреслювати сферу застосування та містити експлуатаційні характеристики, рівні та/або класи, системи оцінки та перевірки стабільності показників щодо визначеної категорії будівельної продукції, що мають бути встановлені у відповідних регламентних технічних специфікаціях.

Так, у 2021 році на замовлення Міністерства розвитку громад та територій України проведено аналітичні дослідження та розроблено науково-обґрунтовані пропозиції щодо визначення експлуатаційних характеристик, порогових рівнів, класів та системи або систем оцінки та перевірки стабільності показників будівельної продукції визначеної категорії та розроблено 32 проекти національних мандатів, що встановлюють експлуатаційні характеристики, рівні та/або класи, системи оцінки та перевірки стабільності показників експлуатаційних характеристик будівельної продукції визначеної категорії, а також перелік регламентних технічних специфікацій.

Проекти національних мандатів також містять анотації щодо відповідних гармонізованих європейських стандартів, що надають інформацію щодо позначення та назви відповідного національного стандарту, ідентичного



гармонізованому європейському стандарту, галузі, типу, опису, передбаченого використання, класів та рівнів щодо реакції на вогонь, системи оцінки та перевірки стабільності показників будівельної продукції визначеної категорії та позначення відповідного мандату, виданого Європейською Комісією.

Також, проекти національних мандатів містять вимоги щодо структури та змісту національних стандартів для будівельної продукції визначеної категорії, що вводиться в обіг або надається на ринку, та не охоплюється або не повністю охоплюється національними стандартами для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1], що є ідентичними відповідним гармонізованим європейським стандартам, а також переліки гармонізованих європейських стандартів, європейських документів з визна-

чення прийнятності та національних стандартів, ідентичних відповідним гармонізованим європейським стандартам, та мають бути застосовані під час розроблення національних стандартів для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» [1], що є ідентичними відповідним гармонізованим європейським стандартам, та національних документів України з визначення прийнятності.

З метою забезпечення можливості здійснення виробником будівельної продукції пошуку та подальшого застосування існуючих регламентних технічних специфікацій за визначеними категоріями будівельної продукції, що прийнято постановою Кабінету Міністрів України від 28 квітня 2021 р. № 426 «Про затвердження переліку категорій будівельної продукції» [9], та відповідно до інформації, оприлюдненої на офіційному веб-сайті CEN-CENELEC

Таблиця 1 - Відповідність категорій будівельної продукції відповідному мандату, виданому Європейською Комісією

Код категорії будівельної продукції	Позначення мандату, виданого Європейською Комісією	Код категорії будівельної продукції	Позначення мандату, виданого Європейською Комісією	Код категорії будівельної продукції	Позначення мандату, виданого Європейською Комісією	Код категорії будівельної продукції	Позначення мандату, виданого Європейською Комісією
1	M/100	10	M/109	19	M/118, M/119, M/121, M/122, M/132, M/BC/CEN/88/15	28	M/071, M/118, M/131, M/136, M/BC/CEN/88/15, M/BC/CEN/89/10, M/BC/CEN/92/46
2	M/079, M/101, M/122, M/396, M/404	11	M/110, M/118, M/BC/CEN/88/15	20	M/005, M/071, M/120, M/131, M/BC/CEN/86/1, M/BC/CEN/89/10	29	-
3	M/102	12	M/111	21	M/119, M/121, M/122	30	M/119, M/121, M/122, M/131, M/135, M/135_Am1, M/BC/CEN/89/10
4	M/103	13	M/112	22	M/079, M/101, M/119, M/121, M/122, M/BC/CEN/87/13	31	M/443
5	M/104, M/132	14	M/113, M/131	23	M/124	32	M/474
6	M/105, M/BC/CEN/89/6	15	M/114, M/116, M/128	24	M/125	33	-
7	M/106, M/121	16	M/115	25	M/127	34	-
8	M/107, M/386	17	M/116, M/121	26	M/128	35	-
9	M/108	18	M/118, M/131, M/BC/CEN/88/15	27	M/129	36	M/100, M/118, M/131, M/136, M/BC/CEN/88/15, M/BC/CEN/89/10



(Європейського комітету стандартизації (CEN) та Європейського комітету з електротехнічної стандартизації (CENELEC)) [10], та на основі аналізу відповідних гармонізованих європейських стандартів, що опубліковано в Офіційному віснику Європейського Союзу, перелік яких оприлюднюється на офіційному веб-сайті Європейської Комісії [11], ДП НДІБК було додатково виконано аналіз та встановлено відповідність категорії будівельної продукції відповідному мандату, виданому Європейською Комісією, що наведено в табл. 1.

За результатами проведених ДП НДІБК аналітичних досліджень, що наведено в табл. 1, встановлено відповідність визначеної категорії будівельної продукції відповідному мандату, виданому Європейською Комісією, тим самим забезпечуючи можливість здійснення виробником будівельної продукції пошуку та подальшого застосування існуючих регламентних технічних специфікацій, зокрема гармонізованих європейських стандартів за визначеними категоріями будівельної продукції.

Водночас, слід зазначити, що в табл. 1, відповідно до переліку гармонізованих європейських стандартів, додатково встановлено ще 36 код категорії будівельної продукції під назвою «Інші вироби», що безумовно пов'язано з відповідними мандатами, виданими Європейською Комісією.

Також, відповідно до інформації, оприлюдненої на веб-сайті Європейської організації з технічної оцінки (EOTA) за відповідним посиланням [6], пошук європейських документів з визначення прийнятності (EAD) можна здійснити через існуючу електронну пошукову систему, зазначивши в ній відповідні параметри, в тому числі код та назву визначеної категорії будівельної продукції.

Водночас, перші дві цифри реєстраційного номера європейського документа з визначення прийнятності (EAD) вказують на відповідний код категорії будівельної продукції.

Таким чином, виконання вимог регламентних технічних специфікацій за визначеними категоріями будівельної продукції та забезпечення можливості здійснення виробником будівельної продукції пошуку та подальшого застосування існуючих регламентних технічних специфікацій, в тому числі гармонізованих європейських стандартів та європейських документів з визначення прийнятності, сприятиме подальшому складанню виробником декларації показників експлуатаційних характеристик будівельної продукції та введення її в обіг або надання на ринку.

## ВИСНОВКИ

Забезпечення виконання вимог регламентних технічних специфікацій за визначеними

категоріями будівельної продукції, що мають бути розроблені на основі відповідного законодавства Європейського Союзу, в тому числі відповідних мандатів, виданих Європейською Комісією, та містити експлуатаційні характеристики будівельної продукції щодо основних вимог до будівель та споруд, є одним із важливих механізмів введення її в обіг або надання на ринку шляхом складання виробником декларації показників експлуатаційних характеристик будівельної продукції.

За результатами проведених ДП НДІБК аналітичних досліджень додатково встановлено відповідність визначеної категорії будівельної продукції відповідним мандатам, виданими Європейською Комісією, що забезпечує можливість здійснення виробником будівельної продукції пошуку та подальшого застосування існуючих регламентних технічних специфікацій, зокрема гармонізованих європейських стандартів, за визначеними категоріями будівельної продукції.

Також, встановлено можливість здійснення виробником будівельної продукції пошуку та подальшого застосування європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції через існуючу електронну пошукову систему Європейської організації з технічної оцінки (EOTA).

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Про надання будівельної продукції на ринку: Закон України від 2 вересня 2020 року № 850-ІХ. / Відомості Верховної Ради (ВВР), 2021, № 14, ст.119.
2. 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.
3. Перелік національних стандартів для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 18 лютого 2022 р. № 54.
4. URL: <https://e-construction.gov.ua/reestri>
5. Перелік європейських документів з визначення прийнятності. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 30 травня 2022 р. № 87.
6. URL: <https://www.eota.eu/eads>
7. URL: <https://www.eota.eu/etags-archive>
8. Директива Ради Європи 89/106/ЄЕС від 21 грудня 1988 р. про зближення законів, підзаконних актів та адміністративних положень держав-членів стосовно будівельних виробів.





9. Про затвердження переліку категорій будівельної продукції. Постанова Кабінету Міністрів України від 28 квітня 2021 р. № 426.
10. URL: <https://www.cencenelec.eu>
11. URL: <https://commission.europa.eu>

## REFERENCES

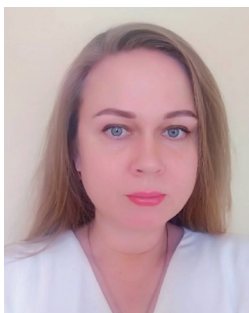
1. The Law of Ukraine on Providing Construction Products on the Market. (2021). Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine), 14, 119.
2. Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC.
3. Ministry of Community and Territory Development of Ukraine. (2022). List of national standards for the purposes of the Law of Ukraine on the provision of construction products in the market. Order No. 54 of February 18, 2022.
4. Register of construction activities. Available at <https://e-construction.gov.ua/reestri>
5. Ministry of Community and Territory Development of Ukraine. (2022). List of European documents on conformity assessment. Order No. 87 of May 30, 2022.
6. List of the titles of EADs adopted by EOTA. Available at <https://www.eota.eu/eads>
7. ETAGs (archive). Available at <https://www.eota.eu/etags-archive>
8. Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations, and administrative provisions of the Member States relating to construction products.
9. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2021). Approval of the list of categories of construction products. Resolution No. 426 of April 28, 2021.
10. CEN-CENELEC. Available at <https://www.cencenelec.eu>
11. European Commission. Available at <https://commission.europa.eu>

Стаття надійшла до редакції 10.05.2023 року



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-8>

УДК 624.04:692.232:697.11:699.86



**ОЛЕКСІЄНКО О. Б.**

Канд. тех. наук, в.о. завідувача відділу, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: mb-elena@ukr.net, тел: +38 (066) 938-40-96, ORCID: 0000-0002-5329-2217

## 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ТОЧКОВИХ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ У КОМПЛЕКТАХ ФАСАДНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ (ETICS) З УРАХУВАННЯМ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ДОСВІДУ

### АНОТАЦІЯ

Теплопровідні включення можуть мати значний вплив на теплові характеристики та енергоефективність будівель. Існує кілька типів теплопровідних включень, які можна позначити як: лінійні теплопровідні включення, кількісно визначені за допомогою лінійного коефіцієнта теплопередачі; і точкові теплопровідні включення, які враховуються за допомогою точкового коефіцієнта теплопередачі. При проектуванні високоенергоефективних будівель із застосуванням комплектів фасадної теплоізоляції (ETICS) оцінка точкових теплопровідних включень є складною та часто ігнорується на практиці. У цій статті аналізуються точкові теплопровідні включення, що виникають внаслідок монтажних кріплень теплоізоляційних шарів до стіни, які використовуються в шарах зовнішніх стін. Представлена спрощена методологія 3D-моделювання для оцінки точкових теплопровідних включень на основі теплових і геометричних властивостей зовнішніх стінових шарів. Точковий коефіцієнт теплопередачі залежить не тільки від теплових властивостей кріпильних матеріалів і розмірів кріпильних елементів, але також і від теплових властивостей матеріалів, які використовуються в шарах зовнішніх стін, і розмірів цих

шарів. Дослідження показало, що найбільший вплив на точковий коефіцієнт теплопередачі мають конструктивне рішення елементів монтажних кріплень та товщина ізоляційного шару.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ETICS, теплопровідні включення, коефіцієнт теплопередачі, енергоефективність, теплоізоляція.

### 3D-MODELING OF POINT THERMAL BRIDGES IN EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEMS (ETICS) TAKING INTO ACCOUNT THE EUROPEAN EXPERIENCE

#### ABSTRACT

Thermal bridges significantly influence the thermal performance and energy efficiency of buildings. There are several types of thermal bridges, which can be designated as: - linear thermal bridges, quantified using a linear thermal transmittance; and point thermal bridges, taken into account by means of a point thermal transmittance. When designing buildings with high energy efficiency with ETICS façade insulation systems, the assessment of thermal bridges is complex and often ignored in practice. This article analyzes the point thermal bridges resulting from the mounting fastenings of thermal insulation



layers to the wall used in the layers of external walls. A simplified methodology of 3D simulation is presented for evaluating point thermal bridges based on the thermal and geometric properties of the outer wall layers. The point thermal bridges depend not only on the thermal properties of the fastening materials and the dimensions of the fasteners, but also on the thermal properties of the materials used in the outer wall layers and the dimensions of these layers. The study showed that the design solution of the elements of mounting fasteners and the thickness of the insulation layer have the greatest influence on the point thermal bridges.

**KEYWORDS:** ETICS, thermal bridges, thermal transmittance, energy efficiency, thermal insulation.

## ВСТУП

При проектуванні будівель з високою енергоефективністю необхідно визначити та оцінити фактори, які збільшують втрати енергії будівлею. Одним із таких факторів є теплопровідні включення, де опір теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі значно змінюється через повне або часткове проникнення огорожувальних конструкцій будівлі матеріалами з іншою теплопровідністю та/або зміною товщини полотна, та/або різницею між внутрішніми та зовнішніми зонами, наприклад, на стиках стіни/підлоги/стелі [1]. Згідно з оглядом літератури, загальний вплив теплопровідних включень на необхідну енергію для опалення є значним і може варіюватися від 5% до 35%. Теодосіу та Пападопулос [2] повідомляють, що більшість будівель частково ізолювані, і що теплопровідні включення не враховуються процедурою розрахунку, але фактично втрати тепла у випадках таких будівель до 35% вищі, ніж початково оцінено. Евола [3] виявив, що в умовах м'якого середземноморського клімату корекція теплопровідних включень є ефективним заходом для зменшення потреб первинної енергії для опалення, і загальна річна економія енергії становить 8,5%. Фабріціо Асьйон [4] дослідив, що теплопровідні включення можуть збільшити потребу в опаленні будівель більш ніж на 20%. Цей вплив залежить від погодних умов [5], рівня ізоляції [6], конструкції теплопровідних включень [7-9], типу будівлі (використання та геометрії) та методу, який використовується для реалізації його впливу в межах розрахунку енергетичних потреб будівлі [4]. Підходи до теплопровідних включень у регулюванні відрізняються у контексті EPBD (Energy performance of buildings directive – Директива про енергетичну ефективність будівель) [10]. Теплопровідні включення можуть впливати на одну точку, лінійну ділянку або просторову конфігурацію. Зазвичай, лінійні теплопровідні включення, які виникають у результаті кріплення теплоізоляційного шару до стіни, оцінюються в

розрахунках енергоспоживання будівлі. Існують численні наукові дослідження, у яких лінійні теплопровідні включення досліджувалися за допомогою різних методологій обчислення та моделювання, таких як статичні/динамічні та 1D/2D/3D. Гао [11] і Тадеу [12] використали техніку редукції, щоб зменшити складність тривимірної моделі теплопередачі. Фабріціо Асьйон [13,14] використовував 2D та 1D числову модель через порівняння ефектів теплопровідних включень між обчисленими та вимірними значеннями.

Лінійні теплопровідні включення можна реалізувати шляхом аналізу кожної термограми, що відповідає температурі поверхні об'єкта [16-18]. Франческо Біанчі [19] зазначив, що термографічний аналіз дозволяє ідентифікувати теплопровідні включення в огорожувальних конструкціях будівель. Однак, цей метод не вказує значення коефіцієнта теплопередачі.

Більшість досліджень представляють емпіричні залежності лінійних теплопровідних включень, з яких можна визначити значення коефіцієнта теплопередачі певних елементів конструкції [7, 20]. На основі цих значень створюється програмне забезпечення чисельного розрахунку та готуються каталоги. Європейський стандарт [21], який містить 76 випадків, що стосуються восьми типів теплопровідних включень (дахи, кути, проміжні підлоги, внутрішні стіни, плити на перших підлогах, підвісні підлоги, стовпи, вікна та дверні отвори), є одним з найбільш часто використовуваних каталогів. Однак, у випадку точкових теплопровідних включень, їх ефект часто нехтується в аналізах, спрямованих на визначення енергетичної ефективності будівлі [10]. Тим не менш, це важливий фактор при проектуванні будівель з високою енергоефективністю, зокрема, будівель з вентилятованими фасадними системами, де профілі теплоізоляційних плит кріпляться безпосередньо до несучого шару стін або використовуються кронштейни з метою зменшення впливу теплопровідних включень на властивості теплоізоляції [22]. Дослідження показують, що якщо для кріплення теплоізоляції використовувати суцільні металеві профілі (які пронизують теплоізоляційний шар), опір теплопередачі може бути зменшений вдвічі [23-25]. Якщо цими додатковими втратами тепла, що виникають через точкову теплопередачу, знехтувати або оцінити їх неправильно, розрахунки енергоефективності для будівлі можуть бути неправильними. Таким чином, вибір системи опалення може бути проблематичним, оскільки необхідні температурні умови в приміщенні не будуть забезпечені через велику різницю зовнішніх і внутрішніх температур. Анджеліс і Серра [26] стверджують, що це може бути причиною конденсації вологи та розвитку цвілі в місцях, де є теплопровідні включення.

На практиці, щоб дізнатися справжнє зна-



чення точкового теплопровідного включення, необхідно провести чисельне моделювання або експериментальні вимірювання конкретної конструкції. Однак, без спеціального програмного забезпечення на етапі проектування важко оцінити теплопровідне включення [27]. Тому, на етапі проектування важливо застосовувати спрощену методологію оцінки точкової теплопередачі, яка включає теплові та геометричні властивості конструкційних матеріалів.

Феодосію [31] дійшов такого ж висновку: точкові теплопровідні включення в системах облицювання можуть становити значну частину теплового балансу будівель. Нехтування їх наявністю може призвести до значного зниження фактичних теплових потоків, які можуть складати від 5% до майже 20% загальних теплових потоків крізь огорожувальні конструкції будівлі, залежно, головним чином, від теплопередачі несучої стіни та характеристик теплоізоляційного матеріалу і механічних кріплень. Фабріціо Асьйон [6] виявив, що при збільшенні товщини теплоізоляційного шару U-значення всієї стіни не забезпечить оптимальне значення в деяких випадках, які безпосередньо залежать від кліматичних умов. Крім того, матеріал несучого шару зовнішньої стіни своїми значними теплотехнічними властивостями може відрізнятися від стіни з монолітного бетону, яка має низькі теплотехнічні властивості. При проектуванні будівель з високою енергоефективністю, наприклад, відповідно до стандартів пасивної будівлі, коефіцієнт U для всієї стіни має бути менше 0,15 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Якщо ця вимога не виконується, необхідно компенсувати це збільшенням товщини шару ізоляції. Таким чином, якщо вплив точкових теплопровідних включень не оцінюється, будівлі не можуть досягти високоефективного енергоспоживання на практиці.

У нормативній базі України деякі значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі лінійних теплопровідних включень та точкові коефіцієнти теплопередачі точкових теплопровідних включень наведено в ДСТУ 9191:2022 [37].

Цілями даної роботи були: оцінити точкове

теплопровідне включення  $\chi$  - величини монтажного кріплення, що пронизує теплоізоляцію; і отримати точкову теплопроникність  $\chi$  - значення, а також розробити спрощену методологію для оцінки точкових теплопровідних включень для високої енергетичної ефективності будівель.

Розглянемо зовнішні теплоізоляційні комплекти ETICS [28, 29], що використовуються для енергетичної модернізації існуючих фасадів будівель та при новому будівництві. Ці комплекти складаються з теплоізоляційного матеріалу, що монтується на фасад будівлі за допомогою клею та механічного кріплення з подальшим нанесенням тонкошарової штукатурки, яка включає армуючу сітку [30, 35, 36].

Існує кілька типів теплопровідних включень [33], які можна позначити як: (1) – лінійні теплопровідні включення (наприклад, вздовж кута стіни або вздовж периметра з'єднання «стіна – вікно» [34]), кількісно визначені за допомогою лінійного коефіцієнта теплопередачі ( $\Psi$ ); і (2) – точкові теплопровідні включення (наприклад, через механічні сталеві кріплення, що перетинають ізоляційний шар ETICS, які враховуються за допомогою точкового коефіцієнта теплопередачі ( $\chi$ )).

У цьому дослідженні розглядається лише вищезазначений другий тип теплопровідних включень.

### ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

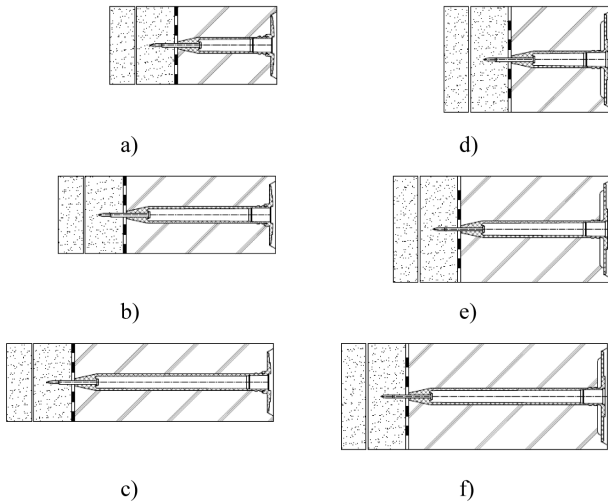
Визначення точкових коефіцієнтів теплопередачі комплектів ETICS з використанням двох типів механічних кріплень з замкнутими повітряними прошарками для двох типів утеплювачів різної товщини (100, 150, 200 мм). Механічні кріплення для ETICS до бетонної стіни виготовлені відповідно до EAD 330965-00-0601 [31]. Відповідно до [31], точковий коефіцієнт теплопередачі таких механічних кріплень оцінюється згідно з технічним звітом EOTA TR 025 [32].

### ВХІДНІ ДАНІ ТА МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ

Розміри та типи використаних матеріалів були прийняті відповідно до [31]. Заглиблення монтажного кріплення в бетонну стіну становить 25 мм.

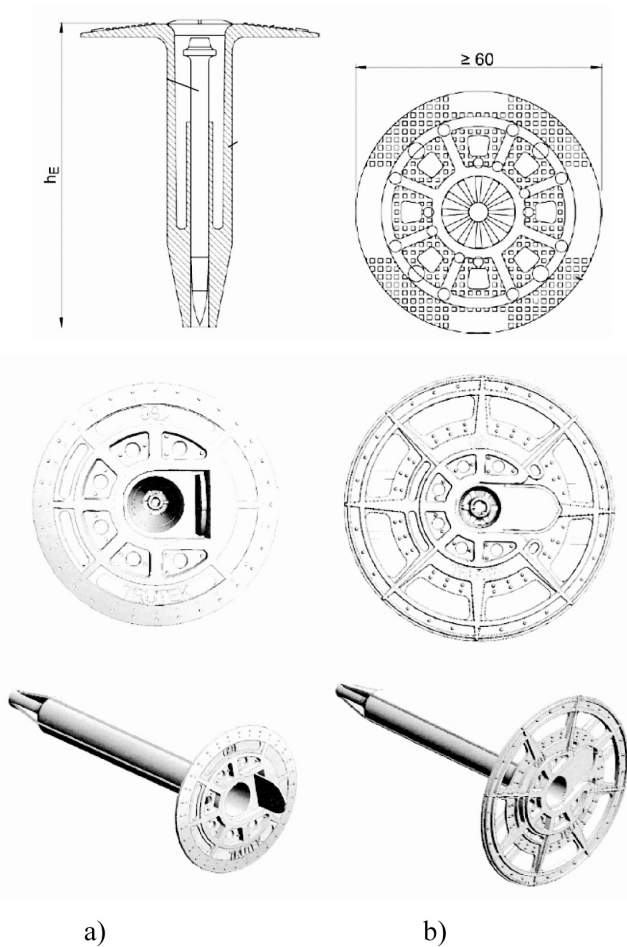
Таблиця 1 – Значення теплопровідності матеріалів, використаних у розрахунках

№	Назва матеріалу	Теплопровідність, Вт/(м·К)	Джерело
1	Мінераловатні плити	0,040	Протоколи випробувань
2	Пінополістирольні плити	0,036	Протоколи випробувань
3	Залізобетон, ( $\rho=2400$ кг/м <sup>3</sup> )	2,0	EN ISO 10456:2007/AC:2009
4	Поліпропілен, армований волокном	0,22	EN ISO 10456:2007/AC:2009
5	Вуглецева сталь (матеріал анкерів)	50	EN ISO 10456:2007/AC:2009

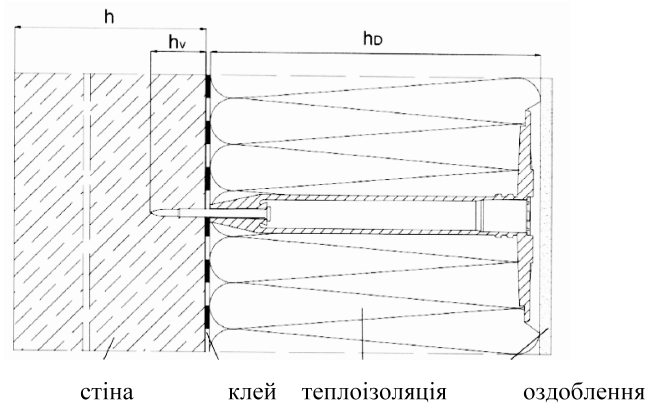


**Рисунок 1** – Конструктивні рішення монтажних кріплень:

№ 1 – з теплоізоляцією EPS і MV: а – 100 мм, б – 150 мм, с – 200 мм, і № 2 – з теплоізоляцією EPS і MV: d – 100 мм, е – 150 мм, f – 200 мм.



**Рисунок 3** – 3D-модель монтажних кріплень: а) № 1; б) № 2



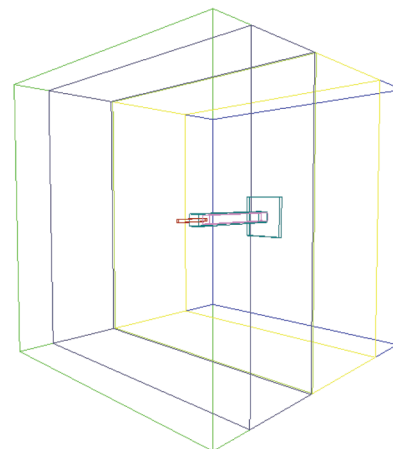
**Рисунок 2** – Конструктивне рішення:  $h$  – товщина основи,  $h_d$  – товщина теплоізоляції,  $h_v \geq 20$  мм – глибина занурення в основу

Розглянуто три товщини теплоізоляції (100, 150 і 200 мм), два види монтажних дюбелів з замкненими повітряними прошарками № 1 і № 2 та два види утеплювачів: мінераловатні плити (MV) і пінополістирольні плити (EPS).

Значення теплопровідності матеріалів, використаних у розрахунках, були прийняті відповідно до стандартів EN ISO 10456:2007/AC:2009 та EN ISO 6946:2017 (дані наведені в табл. 1). Розподіл матеріалів у розрахункових моделях для вибраного випадку представлений на рис. 4.

Для кожного монтажного кріплення були виконані розрахунки для трьох різних товщин ізоляції: 100, 150 і 200 мм. Товщина стіни конструкції (основи) становила 100 мм, незалежно від матеріалу стіни.

Розрахунок теплового потоку виконано згідно з EN ISO 10211:2017 на основі результатів розрахунків тривимірних температурних полів за допомогою програмного забезпечення Solido Physibel, що є



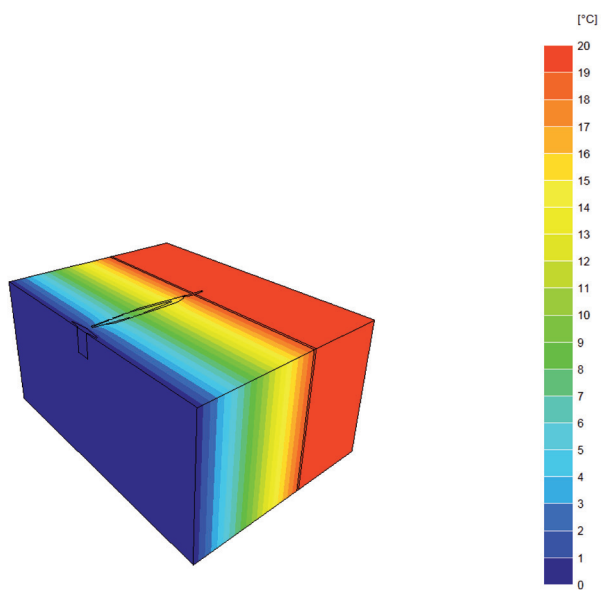
**Рисунок 4** – 3D-модель Solido Physibel для розрахунку



ефективним методом розрахунку 3D стаціонарного теплообміну в об'єктах будь-якої форми.

Розрахункові значення температури внутрішнього середовища при моделюванні становить 20°C, значення температури зовнішнього середовища – 0°C.

Конструктивні рішення монтажних кріплень наведено на рис. 1 і 2, 3D- модель монтажних кріплень – на рис. 3.



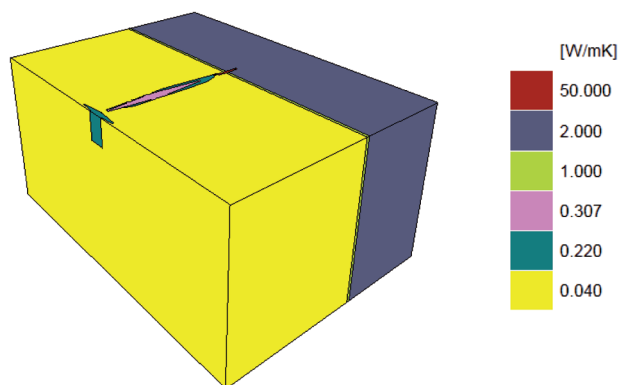
**Рисунок 5** – Розрахунок і розподіл температури в стіні і теплоізоляції товщиною 100 мм з монтажним кріпленням № 1 (переріз на місці монтажного кріплення)

## РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ

3D-модель розрахунку механічних кріплень (виготовлених згідно з EAD 330965-00-0601) в програмному забезпеченні Solido Physibel показано на рис. 4÷6.

Результати розрахунку теплового потоку конструкції з механічним кріпленням і без кріплень та точкових коефіцієнтів теплопередачі наведено в табл. 2.

Розрахунок та моделювання в програмному



**Рисунок 6** – Коефіцієнти теплопровідності в конструкції з теплоізоляцією товщиною 100 мм з монтажним кріпленням № 1 (переріз на місці монтажного кріплення)

Таблиця 2 – Результати розрахунку теплового потоку конструкції з механічним кріпленням і без механічного кріплення та точкових коефіцієнтів теплопередачі

Тип кріплення	Тепловий потік (q1) з кріпленням	Тепловий потік (q1) без кріплення	Різниця температур ΔT	Тип теплоізоляції	Теплопровідність	Товщина теплоізоляції	χ
	Вт	Вт	°C				
Кріплення № 1	0,9055	0,8997	20	Пінополістирол (EPS)	0,04	100	0,0003
Кріплення № 2	0,9076	0,8996	20				0,0004
Кріплення № 1	0,6216	0,6167	20			150	0,0003
Кріплення № 2	0,6226	0,6167	20				0,0003
Кріплення № 1	0,4740	0,4691	20			200	0,0002
Кріплення № 2	0,4747	0,4691	20				0,0003
Кріплення № 1	0,8223	0,8165	20	Мінеральна вата (MW)	0,036	100	0,0003
Кріплення № 2	0,8244	0,8166	20				0,0004
Кріплення № 1	0,5631	0,5581	20			150	0,0003
Кріплення № 2	0,5641	0,5581	20				0,0003
Кріплення № 1	0,4289	0,4240	20			200	0,0002
Кріплення № 2	0,4296	0,4240	20				0,0003



забезпеченні Solido Physibel проведено для одного механічного кріплення на площу ETICS 0,36 x 0,36 м.

За допомогою 3D-моделювання програмного забезпечення Solido Physibel визначено точкові теплопровідні включення для комплекту ETICS з товщиною теплоізоляції 100, 150 та 200 мм, для механічних кріплень №№ 1 і 2 і утеплювачів (мінераловатні плити (MW) і пінополістирольні плити (EPS)). З розрахунків видно, що при збільшенні товщини теплоізоляційного шару точковий коефіцієнт теплопередачі зменшується. Тобто, зі збільшенням теплоізоляційного шару вплив точкового теплопровідного включення зменшується.

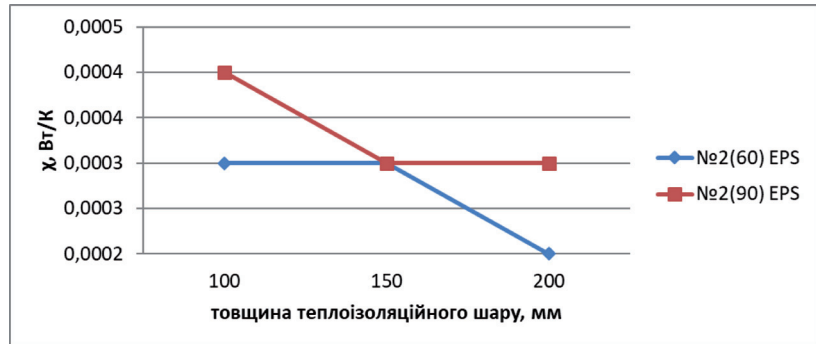
Згідно з [37], значення точкового коефіцієнта теплопередачі точкових теплопровідних включень у вузлі улаштування пластикового дюбелю з металевим стрижнем для кріплення теплоізоляційного шару в комплекті ETICS при товщині ізоляції 150 мм становить 0,005 Вт/К та у вузлі улаштування пластикового дюбелю з пластиковим стрижнем для кріплення теплоізоляційного шару в комплекті ETICS – 0,0015 Вт/К.

При монтажу кріплень (в середньому 8 шт. на 1 м<sup>2</sup>) згідно з [37] коефіцієнт теплопровідності цегляної стіни з комплектом ETICS становить  $U=0,165$  Вт/м<sup>2</sup>·К для пластикового дюбелю з металевим стрижнем та  $U=0,137$  Вт/м<sup>2</sup>·К для пластикового кріплення з пластиковим стрижнем, для монтажних кріплень згідно з EAD 330965-00-0601 коефіцієнт теплопровідності залізобетонної стіни з ETICS становить  $U=0,127$  Вт/м<sup>2</sup>·К.

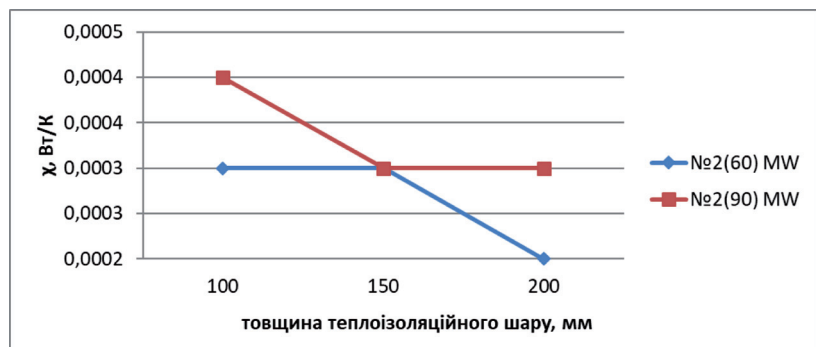
Тобто, як видно з 3D-моделювання, застосування монтажних кріплень згідно з EAD 330965-00-0601 більш енергоефективне (від 8% до 30% в залежності від прийнятого конструктивного рішення).

## ВИСНОВКИ

Результати розрахунку точкового коефіцієнта теплопередачі  $\chi$  показують, що оцінка ефекту теплопровідних включень є дуже важливою для проектування будівель з високою енергоефективністю. Точковий коефіцієнт теплопередачі  $\chi$  залежить не тільки від теплових властивостей кріпильних матеріалів і розмірів кріпильних елементів, але також від теплових властивостей матеріалів, які використовуються в шарах зовнішніх стін, і розмірів цих шарів.



**Рисунок 7** – Точковий коефіцієнт теплопередачі для бетонної стіни з комплектом ETICS з теплоізоляційним шаром з EPS



**Рисунок 8** – Точковий коефіцієнт теплопередачі для бетонної стіни з комплектом ETICS з теплоізоляційним шаром з MW

Дослідження показало, що найбільший вплив на  $\chi$ -значення мають конструктивне рішення механічного кріплення та товщина ізоляційного шару.

При аналізі впливу теплових властивостей теплоізоляційного шару помічено, що зі збільшенням товщини теплоізоляційного шару вплив теплопровідного включення зменшується (рис. 7-8).

Точкові теплопровідні включення залежать від різних параметрів зовнішньої стіни (товщини шарів і теплових властивостей матеріалів); якщо оцінити ці відмінності, можна передбачити значення точкового коефіцієнта теплопередачі. Це досягається у випадку, якщо відомі розрахункові значення базового варіанту конструкції та відмінності конструкції зовнішньої стіни від основної.

Дослідження показали, що застосування монтажних кріплень згідно з EAD 330965-00-0601 є більш енергоефективним, а підвищення енергоефективності становить від 8% до 30% в залежності від прийнятого конструктивного рішення.

Це важливо для проектування енергоефективних будівель, оскільки розрахунок точкових



теплопровідних включень є складним, вимагає додаткових знань, спеціального програмного забезпечення та навичок його використання. З цих причин точкові теплопровідні включення на практиці досить часто ігноруються, що може призвести до великих помилок в оцінці будівель з високою енергоефективністю та проектуванні систем опалення та вентиляції.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. The International Organization for Standardization (ISO). Thermal Bridges in Building Construction. Heat Flows and Surface Temperatures. Detailed Calculations; The International Organization for Standardization (ISO): Geneva, Switzerland, 2007.
2. Theodosiou, T.G.; Papadopoulos, A.M. The impact of thermal bridges on the energy demand of buildings with double brick wall constructions. *Energy Build.* 2008, 40, 2083–2089.
3. Evola, G.; Margani, G.; Marletta, L. Energy and cost evaluation of thermal bridge correction in Mediterranean climate. *Energy Build.* 2011, 43, 2385–2393.
4. Ascione, F.; Bianco, N.; de Rossi, F.; Turni, G.; Vanoli, G.P. Different methods for the modelling of thermal bridges into energy simulation programs: Comparisons of accuracy for flat heterogeneous roofs in Italian climates. *Appl. Energy* 2012, 97, 405–418.
5. Theodosiou, T.; Tsikaloudaki, K.; Bikas, D.; Aravantinos, D.; Kontoleon, K.N. Assessing the Use of Simplified and Analytical Methods for Approaching Thermal Bridges with Regard to Their Impact on the Thermal Performance of the Building Envelope. Available online: [http://wsb14barcelona.org/programme/pdf\\_poster/P-059.pdf](http://wsb14barcelona.org/programme/pdf_poster/P-059.pdf) (accessed on 20 October 2015).
6. Ascione, F.; Bianco, N.; de Masi, R.F.; Mauro, G.M.; Vanoli, G.P. Design of the building envelope: A novel multi-objective approach for the optimization of energy performance and thermal comfort. *Sustainability* 2015, 7, 10809–10836.
7. Capozzoli, A.; Gorrino, A.; Corrado, V. A building thermal bridges sensitivity analysis. *Appl. Energy* 2013, 107, 229–243.
8. Ge, H.; McClung, V.R.; Zhang, S. Impact of balcony thermal bridges on the overall thermal performance of multi-unit residential buildings: A case study. *Energy Build.* 2013, 60, 163–173.
9. Cappelletti, F.; Gasparella, A.; Romagnoni, P.; Baggio, P. Analysis of the influence of installation thermal bridges on windows performance: The case of clay block walls. *Energy Build.* 2011, 43, 1435–1442.
10. Citterio, M.; Cocco, M.; Erhorn-Klutting, H. Thermal Bridges in the EPBD Context: Overview on MS Approaches in Regulations. Available online: <http://www.buildup.eu/sites/default/files/>

P064\_EN\_ASIEPI\_WP4\_IP1\_p3073.pdf (accessed on 15 June 2015).

11. Gao, Y.; Roux, J.J.; Zhao, L.H.; Jiang, Y. Dynamical building simulation: A low order model for thermal bridges losses. *Energy Build.* 2008, 40, 2236–2243.
12. Tadeu, A.; Simoes, I.; Simoes, N.; Prata, J. Simulation of dynamic liner thermal bridges using a boundary element method model in the frequency domain. *Energy Build.* 2011, 43, 3685–3695.
13. Ascione, F.; Bianco, N.; de Masi, R.F.; Mauro, G.M.; Musto, M.; Vanoli, G.P. Experimental validation of a numerical code by thin film heat flux sensors for the resolution of thermal bridges in dynamic conditions. *Appl. Energy* 2014, 124, 213–222.
14. Ascione, F.; Bianco, N.; De Masi, R.F.; de' Rossi, F.; Vanoli, G.P. Simplified state space representation for evaluating thermal bridges in building: Modelling, application and validation of a methodology. *Appl. Therm. Eng.* 2013, 61, 344–354.
15. Sierra, f.; Bai, J.; Maksoud, T. Impact of the simplification of the methodology used to assess the thermal bridge of the head of an opening. *Energy Build.* 2015, 87, 342–347.
16. Albatici, R.; Tonelli, A.M. Infrared thermovision technique for the assessment of thermal transmittance value of opaque building elements on site. *Energy Build.* 2010, 42, 2177–2183.
17. Desogus, G.; Mura, S.; Ricciu, R. Comparing different approaches to in situ measurement of building components thermal resistance. *Energy Build.* 2011, 43, 2613–2620.
18. Martin, K.; Escudero, C.; Erkoreka, A.; Flores, I.; Sala, J.M. Equivalent wall method for dynamic characterization of thermal bridges. *Energy Build.* 2012, 55, 704–714.
19. Bianchi, F.; Pisello, A.L.; Baldinelli, G.; Asdrubali, F. Infrared thermography assessment of thermal bridges in building envelope: Experimental validation in a test room setup. *Sustainability* 2014, 6, 7107–7120.
20. Berggren, B.; Wall, M. Calculation of thermal bridges in (Nordic) building envelopes—Risk of performance failure due to inconsistent use of methodology. *Energy Build.* 2013, 65, 331–339.
21. The International Organization for Standardization (ISO). Thermal Bridges in Building Construction—Linear Thermal Transmittance—Simplified Methods and Default Values; The International Organization for Standardization (ISO): Geneva, Switzerland, 2007.
22. Petranek, V.; Subrit, R.; Plachy, J.; Nevřivová, L.; Petricek, T.; Kalousek, L.; Čaha, Z. Thermal bridges in insulation system. *Therm. Power Electr. Eng.* 2013.
23. Qasass, R.; Gorgolewski, M.; Ge, H. Timber





- framing factor in Toronto residential house construction. *Archit. Sci. Rev.* 2014, 57, 159–168.
24. Gomes, A.P.; de Souza, H.A.; Tribess, A. Impact of thermal bridging on the performance of building using Light Steel Framing in Brazil. *Appl. Therm. Eng.* 2013, 52, 84–89.
  25. Martin, K.; Erkoreka, A.; Flores, I.; Odriozola, M.; Sala, J.M. Problems in the calculation of thermal bridges in dynamic conditions. *Energy Build.* 2011, 43, 529–535.
  26. De Andelis, E.; Serra, E. Light steel-frame walls: Thermal insulation performances and thermal bridges. *Energy Procedia* 2014, 45, 362–371.
  27. The International Organization for Standardization (ISO). *Building Components and Building Elements—Thermal Resistance and Thermal Transmittance—Calculation Method*; The International Organization for Standardization (ISO): Geneva, Switzerland, 2007.
  28. Rezaei, S.H.; Allard, F.; Abelé, C.; Doya, M. Evaluating External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) regarding the building's global performance. *Energy Procedia* 2015, 78, 1562–1567.
  29. Parracha, J.; Borsoi, G.; Flores-Colen, I.; Veiga, R.; Nunes, L.; Dionísio, A.; Gomes, M.G.; Faria, P. Performance parameters of ETICS: Correlating water resistance, bio-susceptibility and surface properties. *Constr. Build. Mater.* 2021, 272, 121956.
  30. Fernandes, C.; de Brito, J.; Cruz, C.O. Architectural integration of ETICS in building rehabilitation. *J. Build. Eng.* 2016, 5, 178–184.
  31. EAD 330965-00-0601 Powder-actuated fastener for the fixing of ETICS in concrete
  32. EOTA TR 025 Point thermal transmittance of plastic anchors for ETICS.
  33. Santos, P.; da Silva, L.S.; Ungureanu, V. *Energy Efficiency of Light-Weight Steel-Framed Buildings*, 1st ed.; Technical Committee 14– Sustainability & Eco-Efficiency of Steel Construction; European Convention for Constructional Steelwork (ECCS): Brussels, Belgium, 2012; ISBN 978-92-9147-105-8.
  34. Choi, J.-S.; Kim, C.-M.; Jang, H.-I.; Kim, E.-J. Detailed and fast calculation of wall surface temperatures near thermal bridge area. *Case Stud. Therm. Eng.* 2021, 25, 100936.
  35. Г. Г. Фаренюк, О.Б. Олексієнко Аналіз критеріїв оцінки фасадних конструктивних систем зі штукатурним шаром, *Наука та будівництво*. 2020. 26(4). С. 3–14.
  36. Г. Г. Фаренюк, О.Б. Олексієнко Аналіз нових критеріїв оцінки фасадних систем з штукатурним шаром з урахуванням європейського досвіду, *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2020, С. 150–161.
  37. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для

утеплення будівель. – Київ: Укрархбудінформ, 2022. – 63 с.

## REFERENCES

1. ISO. (2007). *Thermal Bridges in Building Construction—Heat Flows and Surface Temperatures—Detailed Calculations*. Geneva, Switzerland: The International Organization for Standardization (ISO).
2. Theodosiou, T. G., & Papadopoulos, A. M. (2008). The impact of thermal bridges on the energy demand of buildings with double brick wall constructions. *Energy and Buildings*, 40, 2083–2089.
3. Evola, G., Margani, G., & Marletta, L. (2011). Energy and cost evaluation of thermal bridge correction in Mediterranean climate. *Energy and Buildings*, 43, 2385–2393.
4. Ascione, F., Bianco, N., de Rossi, F., Turni, G., & Vanoli, G. P. (2012). Different methods for the modelling of thermal bridges into energy simulation programs: Comparisons of accuracy for flat heterogeneous roofs in Italian climates. *Applied Energy*, 97, 405–418.
5. Theodosiou, T., Tsikaloudaki, K., Bikas, D., Aravantinos, D., & Kontoleon, K. N. (2015). Assessing the use of simplified and analytical methods for approaching thermal bridges with regard to their impact on the thermal performance of the building envelope. Retrieved from [http://wsb14barcelona.org/programme/pdf\\_poster/P-059.pdf](http://wsb14barcelona.org/programme/pdf_poster/P-059.pdf)
6. Ascione, F., Bianco, N., de Masi, R. F., Mauro, G. M., & Vanoli, G. P. (2015). Design of the building envelope: A novel multi-objective approach for the optimization of energy performance and thermal comfort. *Sustainability*, 7, 10809–10836.
7. Capozzoli, A., Gorrino, A., & Corrado, V. (2013). A building thermal bridges sensitivity analysis. *Applied Energy*, 107, 229–243.
8. Ge, H., McClung, V. R., & Zhang, S. (2013). Impact of balcony thermal bridges on the overall thermal performance of multi-unit residential buildings: A case study. *Energy and Buildings*, 60, 163–173.
9. Cappelletti, F., Gasparella, A., Romagnoni, P., & Baggio, P. (2011). Analysis of the influence of installation thermal bridges on windows performance: The case of clay block walls. *Energy and Buildings*, 43, 1435–1442.
10. Citterio, M., Cocco, M., & Erhorn-Klutting, H. (2015). *Thermal Bridges in the EPBD Context: Overview on MS Approaches in Regulations*. Retrieved from [http://www.buildup.eu/sites/default/files/P064\\_EN\\_ASIEPI\\_WP4\\_IP1\\_p3073.pdf](http://www.buildup.eu/sites/default/files/P064_EN_ASIEPI_WP4_IP1_p3073.pdf)
11. Gao, Y., Roux, J. J., Zhao, L. H., & Jiang, Y. (2008). Dynamical building simulation: A low order model for thermal bridges losses. *Energy and Buildings*, 40, 2236–2243.



12. Tadeu, A., Simoes, I., Simoes, N., & Prata, J. (2011). Simulation of dynamic liner thermal bridges using a boundary element method model in the frequency domain. *Energy and Buildings*, 43, 3685–3695.
13. Ascione, F., Bianco, N., de Masi, R. F., Mauro, G. M., Musto, M., & Vanoli, G. P. (2014). Experimental validation of a numerical code by thin film heat flux sensors for the resolution of thermal bridges in dynamic conditions. *Applied Energy*, 124, 213–222.
14. Ascione, F., Bianco, N., De Masi, R. F., de’Rossi, F., & Vanoli, G. P. (2013). Simplified state space representation for evaluating thermal bridges in building: Modelling, application and validation of a methodology. *Applied Thermal Engineering*, 61, 344–354.
15. Sierra, F., Bai, J., & Maksoud, T. (2015). Impact of the simplification of the methodology used to assess the thermal bridge of the head of an opening. *Energy and Buildings*, 87, 342–347.
16. Albatici, R., & Tonelli, A. M. (2010). Infrared thermovision technique for the assessment of thermal transmittance value of opaque building elements on site. *Energy and Buildings*, 42, 2177–2183.
17. Desogus, G., Mura, S., & Ricciu, R. (2011). Comparing different approaches to in situ measurement of building components thermal resistance. *Energy and Buildings*, 43, 2613–2620.
18. Martin, K., Escudero, C., Erkoreka, A., Flores, I., & Sala, J. M. (2012). Equivalent wall method for dynamic characterization of thermal bridges. *Energy and Buildings*, 55, 704–714.
19. Bianchi, F., Pisello, A. L., Baldinelli, G., & Asdrubali, F. (2014). Infrared thermography assessment of thermal bridges in building envelope: Experimental validation in a test room setup. *Sustainability*, 6, 7107–7120.
20. Berggren, B., & Wall, M. (2013). Calculation of thermal bridges in (Nordic) building envelopes – Risk of performance failure due to inconsistent use of methodology. *Energy and Buildings*, 65, 331–339.
21. ISO. (2007). *Thermal Bridges in Building Construction – Linear Thermal Transmittance – Simplified Methods and Default Values*. Geneva, Switzerland: The International Organization for Standardization (ISO).
22. Petranek, V., Subrit, R., Plachy, J., Nevřivova, L., Petricek, T., Kalousek, L., & Caha, Z. (2013). Thermal bridges in insulation system. *Thermal Power and Electrical Engineering*.
23. Qasass, R., Gorgolewski, M., & Ge, H. (2014). Timber framing factor in Toronto residential house construction. *Architectural Science Review*, 57, 159–168.
24. Gomes, A. P., de Souza, H. A., & Tribess, A. (2013). Impact of thermal bridging on the performance of building using Light Steel Framing in Brazil. *Applied Thermal Engineering*, 52, 84–89.
25. Martin, K., Erkoreka, A., Flores, I., Odriozola, M., & Sala, J. M. (2011). Problems in the calculation of thermal bridges in dynamic conditions. *Energy and Buildings*, 43, 529–535.
26. De Andelis, E., & Serra, E. (2014). Light steel-frame walls: Thermal insulation performances and thermal bridges. *Energy Procedia*, 45, 362–371.
27. ISO. (2007). *Building Components and Building Elements – Thermal Resistance and Thermal Transmittance – Calculation Method*. Geneva, Switzerland: The International Organization for Standardization (ISO).
28. Rezai, S. H., Allard, F., Abelé, C., & Doya, M. (2015). Evaluating External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) regarding the building’s global performance. *Energy Procedia*, 78, 1562–1567.
29. Parracha, J., Borsoi, G., Flores-Colen, I., Veiga, R., Nunes, L., Dionísio, A., Gomes, M. G., & Faria, P. (2021). Performance parameters of ETICS: Correlating water resistance, bio-susceptibility and surface properties. *Construction and Building Materials*, 272, 121956.
30. Fernandes, C., de Brito, J., & Cruz, C. O. (2016). Architectural integration of ETICS in building rehabilitation. *Journal of Building Engineering*, 5, 178–184.
31. EAD 330965-00-0601 Powder-actuated fastener for the fixing of ETICS in concrete
32. EOTA TR 025 Point thermal transmittance of plastic anchors for ETICS.
33. Santos, P., da Silva, L. S., & Ungureanu, V. (2012). *Energy Efficiency of Light-Weight Steel-Framed Buildings* (1st ed.). Brussels, Belgium: European Convention for Constructional Steelwork (ECCS). ISBN 978-92-9147-105-8.
34. Choi, J.-S., Kim, C.-M., Jang, H.-I., & Kim, E.-J. (2021). Detailed and fast calculation of wall surface temperatures near thermal bridge area. *Case Studies in Thermal Engineering*, 25, 100936.
35. Farenuk, H.H., & Olexienko, O.B. (2020). Analysis of criteria for assessing facade structural systems with plaster layer. *Science and Construction*, 26(4), 3-14.
36. Farenuk, H.H., & Olexienko, O.B. (2020). Analysis of new criteria for assessing facade systems with plaster layer considering European experience. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 150-161.
37. DSTU 9191:2022. (2022). *Thermal insulation of buildings. Method for selecting thermal insulation materials for building insulation*. Kyiv: Ukrarkhbudininform.

Стаття надійшла до редакції 25.04.2023 року



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-9>

УДК 693.552



**БЕЛОБОРОДОВ Р. О.**  
Директор ТОВ «Техбудмеханіка Спецконтракт»,  
м. Київ, Україна,  
e-mail: beloborodov@tbn.com.ua  
тел.: +38 (044) 599-19-19



**ШЕЙНІЧ Л. О.**  
Доктор техн. наук, професор,  
завідувач відділу, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»,  
м. Київ, Україна,  
e-mail: schein@ndibk.gov.ua  
тел.: +38 (044) 248-88-73  
ORCID: 0000-0002-7684-9495

## ВИКОРИСТАННЯ ПОДРІБНЕНОГО БЕТОНУ В БУДІВНИЦТВІ

### АНОТАЦІЯ

Вторинне використання зруйнованих конструкцій є актуальною задачею, оскільки це дозволяє зберегти довкілля та сприяє ресурсозбереженню. Особливого значення ця проблема набуває в умовах ліквідації наслідків війни.

Існують технології перероблення зруйнованого бетону в щебінь. Такі переробні комплекси дозволяють отримувати щебінь безперервної гранулометрії.

На сьогодні вторинний (бетонний) щебінь, отриманий з переробки бетонного бою, використовується для підготовки основ під майданчики і дороги: відсіпання ним автостоянок, в'їздів, з'їздів, створення тимчасових доріг, відсіпання майданчиків для зупинки техніки.

Встановлена принципова можливість одержання бетонів з використанням щебеня, отриманого з подрібнених бетонів класу міцності за стиском С25/30. Такі бетони мають міцність за стиском 30-38 МПа. Додавання кондиційного щебеню дозволяє значно підвищити міцність бетону.

Встановлено, що бетони, які містять вторинний щебінь, можуть застосовуватися для виготовлення конструкцій широкої номенклатури: фундаментних блоків, перемичок, ригелів, сходових маршів тощо.

Для широкого застосування заповнювачів з

подрібненого бетону необхідна комплексна його переробка в широку гаму будівельних матеріалів, що масово виробляються: будівельні розчини, асфальтобетони, сухі будівельні суміші, фігурні елементи мощення тощо. Для цього необхідне розроблення новітніх технологій, що базуються на принципово нових досягненнях в будівельному матеріалознавстві.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** щебінь, будівельні матеріали, вторинний (бетонний) щебінь, кондиційний бетон, фракціонування

### USE OF CRUSHED CONCRETE IN CONSTRUCTION INDUSTRY

#### ABSTRACT

Recycling destroyed structures is an urgent task, since it saves the environment and contributes to resource conservation. This problem acquires special significance in the conditions of liquidation of the consequences of the war.

There are technologies for processing destroyed concrete into crushed stone. Such processing complexes make it possible to obtain crushed stone of continuous granulometry.

Today, secondary (concrete) crushed stone obtained by processing concrete cullet is used to



prepare foundations for sites and roads: backfilling parking lots, entrances, exits, creating temporary roads, backfilling sites for stopping equipment.

The fundamental possibility of obtaining concrete using crushed stone obtained from crushed concrete of compressive strength C25/30 has been established. Such concretes have a compressive strength of 30-38 MPa. The addition of conditioned crushed stone can significantly increase the strength of concrete.

It has been established that concretes featured secondary crushed stone may be used for the manufacture of a wide range of structures such as foundation blocks, lintels, crossbars, flights of stairs, etc.

For the wide use of aggregates from crushed concrete, its complex processing into a wide range of mass-produced building materials is required: mortars, asphalt concrete, dry building mixtures, decorative paving tiles, etc. This requires the development of new technologies that will base on revolutionary advances in structural material science.

**KEYWORDS:** crushed stone, construction materials, secondary (concrete) crushed stone, conditioned crushed stone, fractionation

переробка починається вже на перших етапах демонтажу будівельних конструкцій і виглядає як послідовне пониження фракції бетонних конструкцій за допомогою гідромолотів і гідрножиць, змонтованих на екскаваторах, з подальшим подрібненням щокисловою дробаркою до фракції 0-100 мм. При цьому суттєва економія ресурсів можлива при подрібненні демонтованих будівельних конструкцій в умовах майданчику, їх сортуванні для наступного застосування при новому будівництві.

Звісно, будівлі можуть бути розібрані традиційним методом за допомогою кранів, але потім все одно вони розбиваються на менші сегменти за допомогою навісного гідралічного обладнання, змонтованого на екскаваторах. Частково видаляється арматура. Отримані невеликі сегменти надходять на подрібнення в дробарку, що являє собою самохідний комплекс, обладнаний транспортером для відвантаження подрібненого бетону, електромагнітами та іншим обладнанням (рис. 1 та 2).

Під час подрібнення відбувається остаточне видалення арматури за допомогою

## ВСТУП

Особливістю сучасного будівництва є інтенсивне зростання його об'ємів з одночасним оновлюванням існуючих будівель та споруд. В результаті оновлення старі будівлі зносяться з утворенням значної кількості будівельних відходів, представлених в основному подрібненим залізобетоном. Актуальність необхідності переробки вторинного залізобетону та цегли зростає в результаті щоденного поповнення зруйнованих об'єктів під час бойових дій в Україні.

Проблемі повторного застосування відходів зруйнованих будівель приділяється значна увага у всьому світі [1-4]. Її вирішення дозволяє зберегти довкілля і економити ресурси.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Сьогодні існують технологічні рішення переробки зруйнованого бетону у вторинний щебінь, зокрема, технологія, що застосовується ТОВ «Техбудмеханіка», яке присутнє на українському ринку майже 20 років.

Згідно з цією технологією,



Рисунок 1 – Загальний вигляд комплексу для подрібнення бетону



Рисунок 2 – Вторинний щебінь відвантажується в конуси після щокислового подрібнення та магнітної сепарації арматури



електромагнітів, якими обладнана дробарка. Після подрібнення отримується щебінь неперервної гранулометрії. Максимальний розмір зерен подрібненого бетону складає 100 мм. Максимальний розмір можна зменшувати до 80 мм за допомогою зменшення щілини в дробарці.

Після отримання подрібненого бетону його можна складувати в бурти, улаштувати основи та внутрішньомайданчикові дороги, вивозити на інші об'єкти, пересівати для отримання фракційного щебеню.

За допомогою навантажувача вторинний щебінь укладається в бурти для тимчасового зберігання (рис. 3).

Вторинний щебінь може використовуватися для: відсіпання ним автостоянок, в'їздів, з'їздів, створення основ для тимчасових доріг, відсіпання майданчиків для стоянки техніки, заповнення фундаментів тощо. Технологія отримання дорожніх конструкцій не відрізняється від традиційної [5].

Згодом, основи з вторинного щебеню перетворюються в моноліт. Це можна пояснити твердненням цементного каменю у вторинному щебені в результаті протікання як залишкових процесів гідратації цементу [6], так і процесами контактного тверднення, згідно з яким при зближенні часток нестабільної структури утворюється водостійкий камінь. Це явище встановлено В.Д. Глуховським і Р.Ф. Руновою та отримало назву «ефект упорядкування структури» [7]. Такі речовини нестабільної структури (гідратні новоутворення) утворюються в цементі при його твердненні [7, 8]. Реалізація ефекту упорядкування структури дозволяє отримувати широку гаму будівельних матеріалів [9].

Фракціонування щебеню дозволяє отримувати щебінь фракцій 5-10 мм, 10-20 мм. Пористість такого щебеню в 2÷2,5 рази вище пористості традиційного. В результаті фракціонування залишається значна кількість невикористаних відходів у вигляді тонко подрібнених відходів у вигляді піску, які в подальшому можна використовувати у вигляді підсіпок.

Бетони, що виготовлені на щебені з подрібнених бетонів класу міцності за стиском С25/30, мають міцність за стиском 30-38 МПа. Додавання кондиційного щебеню дозволяє значно підвищити міцність бетону.

Встановлено, що бетони, які виготовлені з подрібненого бетону, можуть застосовуватися для виготовлення конструкцій широкої номенклатури: фундаментні блоки, перемички, ригелі, сходові марші тощо.



**Рисунок 3** – Укладання вторинного щебеню в бурт

## ВИСНОВКИ

1. Вторинне використання зруйнованих конструкцій є актуальною задачею, оскільки дозволяє зберегти довкілля та сприяти ресурсозбереженню. Особливого значення ця проблема набуває в умовах ліквідації наслідків війни.
2. Існують технології перероблення зруйнованого бетону в щебінь. Такі промислові комплекси обладнані сучасною технікою і дозволяють отримувати щебінь безперервної гранулометрії.
3. Щебінь, отриманий із зруйнованого бетону, використовується для відсіпання ним автостоянок, в'їздів, з'їздів, створення основ для тимчасових доріг, відсіпання майданчиків для стоянки техніки, заповнення фундаментів тощо.
4. Встановлена принципова можливість одержання бетонів з використанням щебеня, отриманого з подрібнених бетонів класу міцності за стиском С25/30. Такі бетони мають міцність за стиском 30-38 МПа. Додавання кондиційного щебеню дозволяє значно підвищити міцність бетону.
5. Принципово встановлено, що бетони, які можуть бути виготовлені із застосуванням подрібненого та фракціонованого бетону, можуть бути використані для виготовлення конструкцій широкої номенклатури: фундаментні блоки, перемички, ригелі, сходові марші тощо.
6. Для широкого застосування заповнювачів з подрібненого бетону необхідна комплексна його переробка в широку гаму будівельних матеріалів, що масово виробляються: будівельні розчини, асфальтобетон, сухі будівельні суміші, фігурні елементи мощення тощо. Для цього потрібне розро-



блення принципово нових технологій отримання будівельних матеріалів.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Pytlik P. Ecology in Construction, SIA Praha, p.137
2. ECCO (Environmental Council of Concrete Organizations) «Recycling Concrete and Masonry», EV 22, Skokie, Illinois, <http://www.ecco.org/pdfs/ev22.pdf>, 1999.
3. Kerkhoff, Beatrix and Siebal, Eberhard «Properties of concrete with Recycled Aggregates (Part 2)», Beton, 2, 2001, Verlag Bau+Technik, 2001, p. 105-108.
4. Дворкін Л.Й., Пушкарьова К.К., Дворкін О.Л., Кочевих М.О., Мохорт М.А., Безсмєртний М.П. Використання техногенних продуктів у будівництві. – Навчальний посібник. Рівне, 2009. – 400 с.
5. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво/ Мінрегіон України. – К.: Укрархбудінформ, 2015. – 110 с.
6. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. – М., Стройиздат, 1973. – 480с.
7. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф., Максунув С.Е. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения. – Киев, Вища школа, 1991, – 243с.
8. Рунова Р.Ф., Шейнич Л.А., Чернявский В.И., Шепляков Ю.А. Конденсационные свойства дисперсных гидросиликатов кальция и их реализация при получении строительных материалов. – Известия ВУЗов, Строительство и архитектура, №5, Новосибирск, 1982, с. 35-39.
9. Шейнич Л.А. Строительные материалы на основе нефелинового шлама, перерабатываемого по безобжиговой технологии. Автореферат дис. на соискание уч. степ. канд. техн. наук, Киев, 1981, – 19 с.

#### REFERENCES

1. Pytlik P. Ecology in Construction, SIA Praha, p.137
2. ECCO (Environmental Council of Concrete Organizations). (1999). Recycling Concrete and Masonry (EV 22). Skokie, Illinois. Retrieved from <http://www.ecco.org/pdfs/ev22.pdf>
3. Kerkhoff, B., & Siebal, E. (2001). Properties of Concrete with Recycled Aggregates (Part 2). Beton, 2/2001, 105-108. Verlag Bau+Technik.
4. Dvorkin, L. Y., Pushkarova, K. K., Dvorkin, O. L., Kochevikh, M. O., Mokhort, M. A., & Bezsmertnyy, M. P. (2009). The Use of Technogenic Products in Construction. Navchalnyy posibnyk [Textbook]. Rivne.

5. State construction norms of Ukraine. (2015). DBN V.2.3-4:2015 Automobile Roads. Part I. Design. Part II. Construction.
6. Volzhenskiy, A. V., Burov, Yu. S., & Kolokolnikov, V. S. (1973). Mineral Binding Materials. Moscow: Stroyizdat.
7. Gluhovskiy, V. D., Runova, R. F., & Maksunov, S. E. (1991). Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения [Binding and Composite Materials of Contact Hardening]. Kyiv: Vysha Shkola.
8. Runova, R. F., Sheynich, L. A., Chernyavskiy, V. I., & Sheplyakov, Y. A. (1982). Condensation Properties of Dispersed Calcium Hydrosilicates and Their Implementation in the Production of Building Materials. Izvestiya VUZov, Stroitel'stvo i Arkhitektura, No. 5, Novosibirsk, 35-39.
9. Sheynich, L. A. (1981). Building Materials Based on Nepheline Sludge Processed by Non-Burning Technology. (Doctoral dissertation abstract). Kyiv.

Стаття надійшла до редакції 05.04.2023 року