



ЗМІСТ

НАУКА



ТА БУДІВНИЦТВО

1(35) 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 №2 від 23.03.2023).

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

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

Адреса редакції: вул. Преображенська, 5/2, м. Київ-37, 03037, тел.: + 38 (044) 249-38-04

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

www.journal-niisk.com

© "Наука та будівництво" 2023

Підписано до друку: 27.03.2023

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 № 3/27 від 27.03.2023

Наклад: 50 примірників

3

Фаренюк Г.Г., Фаренюк Є.Г.
Реалізація параметричного методу у сучасних нормах з енергоефективності будівель

9

Слюсаренко Ю.С., Гах Н.Д., Шумінський В.Д.
Особливості нової редакції ДБН В.2.4-3:2023 «Гідротехнічні споруди. Основні положення»

15

Перельмутер А.В., Пічугін С.Ф.
Деякі особливості розрахунку надійності пошкоджених сталевих конструкцій

27

Сергійчук В.А., Табаркевич Н.В., Белоконь А.М., Табаркевич О.О.
Особливості обстеження та оцінки технічного стану житлового будинку, пошкодженого внаслідок військових дій, щодо його придатності до подальшої експлуатації

43

Олексієнко О.Б., Вергун Л.Ю.
Вплив величини дійсної адгезійної міцності на визначення умов нанесення герметизуючих полімерних матеріалів

48

Дмитрієв Д.А., Степанчук С.В., Кураш С.Ю.,
Захист заглиблених конструкцій будівель та споруд від впливу підземних вод на будівельний та експлуатаційний періоди



SCIENCE & CONSTRUCTION



1(35) 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

Savitskiy 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 №2 dated on 23.03.2023)

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

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

Address of Editorial Board:

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

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

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

www.journal-niisk.com

© «Science & Construction», 2023

Signed for printing: 27.03.2023

Printed: Master knig 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 № 3/27 from 27.03.2023

Print run: 50 copy

CONTENT

3

Farenjuk G.G., Farenjuk Y.G.
Implementation of the parametric method in modern standards on energy efficiency of buildings

9

Slyusarenko Y., Gakh N., Shuminskyi V.
Features of the new DBN V.2.4-3:2023 «Hydrotechnical buildings. Substantive provisions»

15

Perelmutter A., Pichugin S.
Some features of calculating the reliability of damaged steel structures

27

Sergiychuk V.A., Tabarkevych N.V., Belokon A.M., Tabarkevich O.O.
Details of the survey and assessment of the state of residential building damaged due to military actions. Suitability for further operation

43

Oleksiienko O.B., Vergun L.Yu.
Effect of actual adhesive strength on determination of application conditions for sealing polymer materials

48

Dmitriev D.A., Stepanchuk S.V., Kurash S.Yu.
Protection of deep structures of buildings and structures against the effect of groundwater during construction period and lifecycle



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

УДК 624.011:536.2



ФАРЕНЮК Г.Г.

Д-р технічних наук, професор,
директор ДП «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна
e-mail: ndibk@ndibk.gov.ua,
тел.: + 38 (044) 249-72-34,
ORCID: 0000-0002-5703-3976



ФАРЕНЮК Є.Г.

канд. техн. наук, директор
Державної установи «Фонд
енергоефективності»
м. Київ, Україна
email: info@eefund.org.ua,
тел.: +38 (044) 222-95-90,
ORCID: 0000-0001-8613-877x

РЕАЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ У СУЧАСНИХ НОРМАХ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

АНОТАЦІЯ

Технічне регулювання за рахунок нетарифних механізмів форматує внутрішній ринок та створює сприятливі умови розвитку зовнішньої торгівлі. Вимоги, що встановлюються технічними регламентами, необхідні для досягнення цілей регулювання із застосуванням єдиних правил встановлення вимог до продукції на всьому життєвому її циклі, які є обов'язковими до виконання та застосування національних стандартів, як доказової бази виконання вимог технічних регламентів. Введення нового покоління норм, що встановлюють основні вимоги до будівель і споруд – ДБН В.1.2-6 ... 11:2021, є системним етапом впровадження параметричного методу нормування у державні будівельні норми. ДБН В.1.2-11:2021 та ДБН В.2.6-31:2021 побудовані на нових принципах регламентації показників енергоефективності будівель та оцінки енергетичних властивостей будівель. Ці норми встановлюють мету проектування нових будівель і будівель, що підлягають термомодернізації, та регламентують показники, за якими оцінюються проектні рішення для її досягнення. Технічні та конструктивні рішення, які можуть застосовуватися для забезпечення енергоефективності, не регламентуються у новому поколінні норм, на відміну від тих принципів, за якими склалися норми, в основу яких був покладений розпорядчий метод нормування. Норми встановлюють мінімальні вимоги енергетичної та теплової безпеки і границі допустимих значень показників енергоефективності будівель. Параметричне нормування обумовлює

можливість оптимізації технічних рішень всієї сукупності підсистем, з яких складається будівля, як енергетичний комплекс, який може не тільки споживати енергію, а і бути джерелом її генерування. В роботі розкритий критеріальний рівень норм для кількісної та якісної оцінки об'єкту проектування чи енергетичного аудиту. Наведено еволюційний методичний підхід до нормування показників енергоефективності будівель. Наданий аналіз подальших напрямів розвитку системи нормування, направлений на необхідність введення критеріїв оцінки сталого використання природних ресурсів та ефективного використання первинної енергії.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: будівлі, показники енергоефективності, параметричний метод, цільовий рівень, функціональний рівень, критеріальний рівень

IMPLEMENTATION OF THE PARAMETRIC METHOD IN MODERN STANDARDS ON ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS

ABSTRACT

Technical regulation through non-tariff mechanisms formats the domestic market and creates favorable conditions for the development of foreign trade. The requirements established by technical regulations should be the minimum necessary to achieve the goals of regulation using uniform rules for establishing requirements for products throughout their entire life cycle with the obligation to comply with them



and apply national standards as an evidence base for meeting the requirements of technical regulations. The introduction of a new generation of standards that establish the basic requirements for buildings and structures – DBN V.1.2-6 ... 11:2021 is a systematic stage in the introduction of the parametric method of standardization into state building codes. DBN V.1.2-11:2021 and DBN V.2.6-31:2021 are based on new principles for regulating the energy efficiency indicators of buildings and assessing the energy properties of buildings. These standards establish the goal of designing new buildings and buildings subject to thermal modernization, and regulate the indicators by which design solutions are evaluated to achieve it. Technical and constructive solutions that can be applied to achieve energy efficiency goals are not regulated in the new generation of standards, in contrast to the principles on which the standards were drawn up, which were based on the administrative method of regulation. The standards establish minimum requirements for energy and thermal safety and limits for the permissible values of energy efficiency indicators of buildings. Parametric regulation makes it possible to optimize the technical solutions of the entire set of subsystems that make up the building as an energy complex, which can not only consume energy, but also be a source of its generation. The paper reveals the criterion level of the norms for the quantitative and qualitative assessment of the design object or energy audit. An evolutionary methodological approach to the regulation of energy efficiency indicators of buildings is shown. An analysis of further directions in the development of the standardization system is presented, aimed at the need to introduce criteria for assessing the sustainable use of natural resources and the efficient use of primary energy.

KEYWORDS: buildings, parameters of energy efficiency, parametric method, intended level, function level, criterion level.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Головною метою нормування будівельної продукції є встановлення мінімальних вимог із забезпечення безпеки для життя та здоров'я людей при користуванні цією продукцією. Згідно з [1] будівельна продукція - це будь-який матеріал, виріб або комплект, що виробляється та вводиться в обіг для застосування протягом тривалого часу в будівлі або споруді, показники якого впливають на показники будівлі або споруди, пов'язані з основними вимогами до них. [2] встановлено, що під час проектування, будівництва та експлуатації об'єктів повинно бути забезпечено дотримання основних вимог до будівель і споруд з урахуванням їх функціонального призначення. Регламентом ЄС 305/2011 (Construction Products Regulation, CPR), який імплементовано в Україні [1], встановлено

сім основних вимог безпеки для будівель та споруд. Шість з цих основних вимог розкриті у новому поколінні будівельних норм [3-9], які були введенні у дію з 01.09.2022 р.

Норми [3-9] є основою загальної системи технічного регулювання у будівництві, яке включає діяльність з розробки та застосування технічних регламентів, а також із стандартизації та з оцінки відповідності. Технічне регулювання є правовою основою регулювання відносин, що виникають при формуванні обов'язкових та добровільних вимог до будівельної продукції або до пов'язаних із ними процесів її проектування (включаючи дослідження), виробництва, будівництва, монтажу, експлуатації, зберігання та утилізації, а також під час проведення оцінки відповідності об'єктів регулювання встановленим вимогам.

Технічне регулювання має формувати нетарифними механізмами внутрішній ринок та створювати сприятливі умови розвитку зовнішньої торгівлі. Вимоги, що встановлюються технічними регламентами, мають бути мінімально необхідні для досягнення цілей регулювання із застосуванням єдиних правил встановлення вимог до продукції на всьому життєвому її циклі з обов'язковістю їх виконання та застосування національних стандартів, як доказової бази виконання вимог технічних регламентів.

Шостою обов'язковою вимогою безпеки є вимога з енергозбереження та енергоефективності будівлі і споруди. Їх системи опалювання, охолодження, освітлення та вентиляції мають бути запроектовані і побудовані таким чином, щоб кількість енергії, що використовується під час експлуатації, була низькою, з урахуванням потреб мешканців та кліматичних умов місця розташування будівлі або споруди. Конкретизацію шостої основної вимоги здійснено у нормах [10] згідно з вимогами [2, 11], при цьому [2] визначено, що у нормах має забезпечуватись параметричний та цільовий методи нормування у будівництві.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

В роботах [12-15] надано наукове обґрунтування принципу нормування, який оснований на методології розгляду будівлі як єдиної енергетичної системи, що складається з теплоізоляційної оболонки та інженерних систем опалення, вентиляції, охолодження, кондиціонування, гарячого водопостачання, освітлення, що діють у взаємозв'язку між собою та оточуючим кліматичним середовищем, та принципу забезпечення теплової надійності огорожувальних конструкцій будівлі та їх елементів.

В роботі [16] розкрито методичні основи та фізичний зміст критеріїв енергоефективності будівель, особливості оцінювання показників енергоефективності при проведенні енергетичних обстежень будівель та їх енергетичної класифікації



під час проектування та в процесі експлуатації. Наведено перелік енергетичних потоків, які необхідно враховувати при оцінюванні енергетичного статусу будівлі, а також аналіз нормативних актів щодо встановлення вимог до енергетичної ефективності будівель згідно з сучасними світовими тенденціями, що закріплені у законодавчій базі України.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Основною задачею даного дослідження є проведення аналізу нового покоління державних будівельних норм з енергоефективності згідно з сучасними принципами параметричного нормування.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Будівельні норми мають два основні методи – розпорядчий та параметричний. Третій метод, який встановлено [2], а саме цільовий метод, є модифікацією параметричного методу.

Параметричні норми встановлюють мету, яку ця нормативна вимога намагається досягти. Розпорядчі норми встановлюють засоби досягнення мети. Параметричні норми допускають безліч альтернативних шляхів досягнення поставленої мети, розпорядчі норми пропонують єдиний шлях – той, який прописаний і регламентований у нормах.

Параметричний [англ. – performance-based] метод визнаний світовим професійним середовищем як найбільш прогресивний та перспективний метод нормування у будівництві.

Призначення будівельних норм полягає у зниженні ризиків, пов'язаних з експлуатацією будівель та споруд до економічно та соціально обґрунтованого рівня. Норми, які визначають співвідношення витрат енергоресурсів на різних за часом етапах життєвого циклу будівлі, а проміжок цього часу є досить значним, повинні відображати поточний рівень ризиків, який суспільство на даному етапі свого розвитку вважає прийнятним. Поняття енергоефективності будівлі ґрунтується на забезпеченості рівня комфортних умов в її приміщеннях. Різниця між різними рівнями ризику полягає у ступені забезпеченості параметрів комфорту, і на її встановлення в певній мірі може вливати економічний розвиток суспільства, коли у розвинутих країнах цей ступінь набагато вищий, ніж у менш розвинених.

Побудова нового покоління норм з енергоефективності [9, 11] основана на параметричному методі, коли

їх методична ідеологія встановлює мету досягнення об'єкту нормування на всьому життєвому циклі при забезпеченні основного функціонального призначення будівлі – захисту людини від небезпечних впливів оточуючого середовища (рис. 1).

Норми [9] регламентують, що мета раціонального використання енергетичних ресурсів забезпечується на основі встановлення вимог до теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій та енергетичної ефективності інженерних систем (у тому числі обладнання) будівель, відповідно до економічно доцільного рівня показників із врахуванням вартості дисконтованих загальних витрат на здійснення заходів із забезпечення критеріїв енергетичної ефективності відносно розрахункового строку служби відповідних еталонних будівель, та диференціюються залежно від функціонального призначення, висотності або компактності будівель, температурних та кліматичних умов території будівництва.

Ця вимога розкривається у нормах [11], які встановлюють кількісні значення критеріїв енергоефективності будівлі в цілому та її теплоізоляційної оболонки, а також визначають загальні положення до показників енергоефективності інженерних систем будівлі.

За результатами досліджень оптимальних витрат на створення теплоізоляційної оболонки будівлі та витрат на опалення, кондиціонування та вентиляцію будівлі під час її експлуатації у відповідний розрахунковий термін і визначались, як показано у роботі [13], значення критеріїв енергоефективності для еталонних будівель, методика вибору яких обґрунтовувана у роботі [14].

Норми [11] регламентують для теплоізоляційної оболонки тільки критерії, що визначають забезпечення для будівлі в цілому шостої основної вимоги безпеки щодо економії енергії та енергоефективності. Всі інші критерії безпеки для



Рисунок 1 – Логістична структура побудови вітчизняних норм з енергоефективності будівель



системи огорожувальних конструкцій будівлі регламентуються нормами [16]. Слід відзначити, що норми [16] розроблялись у 2016-2017 роках і після прийняття нового покоління норм щодо основних вимог [3-9] норми [16], як предметні норми, мають бути переглянуті і встановлювати ті вимоги, що вже узгоджено з сучасними підходами.

Методичною ідеологією норм [9,11] є визначення та встановлення комплексу взаємопов'язаних критеріїв оцінки енергоефективності будівель для встановлення відповідності об'єкту проектування чи енергетичного аудиту основній цілі, який нормативна вимога намагається досягти.

Логіка параметричного підходу до нормування визначає чітку ієрархічну структуру параметричної норми. У основу нормативної піраміди покладено критерії оцінки об'єкта нормування, на які спираються функціональні вимоги до об'єкту нормування. Функціональні вимоги, у свою чергу, є фундаментом вищого рівня, який забезпечує виконання цілі нормативної вимоги.

На рис.2 наведена ієрархія критеріїв, які покладені в основу оцінки енергоефективності будівель. Критеріальний рівень є базою параметричної норми для кількісної та якісної оцінки об'єкту проектування чи енергетичного аудиту. Значення критеріїв є обов'язковими вимогами, яких суб'єкти системи технічного регулювання зобов'язані дотримуватися. При цьому критерії є мінімальними вимогами, які для конкретних об'єктів проектування можуть бути значно вищими.

Норми [9] вперше у вітчизняній практиці визначили, що умова використання первинної енергії має бути визначальною при оцінюванні енергоефективності будівель. Критерій первинної енергії E_p , а також супутній з ним критерій викидів m_{CO_2} повинні включати всі енергетичні потоки будівлі з урахуванням поставленої енергії та енергії, що виробляється будівлею, з урахуванням встановлених у нормах та стандартах факторів перетворення енергії від відновлювальних та невідновлювальних джерел. Проектування будівель покоління XXI століття – будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії, може здійснюватися тільки за результатами розрахунків первинної енергії та показника викидів CO_2 (парникових газів).

Нормами [11] здійснений методично еволюційний перехід від проектування будівель за показником енергопотребы будівлі EP_{nd} до проектування будівель за показником енергоспоживання будівлі EP_{use} . Фізична сутність цих показників і важливість їх

оцінювання розкриті в роботі [12]. В залежності від мети проектування норми [11] допускають вибір критеріїв оцінки енергоефективності, але при цьому незмінним залишається підхід із забезпечення параметрів та критеріїв теплового комфорту у приміщеннях та теплової надійності [15] конструкцій теплоізоляційної оболонки будівлі.

Перевагами нового покоління норм [9, 11] є їх структурна прозорість та ієрархічність, що забезпечує необхідний рівень інформованості споживачів норм щодо цілей конкретного нормативного положення та критеріїв, згідно з якими оцінюється дотримання цієї норми. Закладена методологічна структура оцінювання будівлі за встановленим критерієм енергоефективності під час її проектування чи енергетичного аудиту в залежності від умов енергетичної взаємодії будівлі з навколишнім середовищем, особливостями формування внутрішнього теплового середовища в залежності від функціонального призначення будівлі, взаємодії системи теплоізоляційних огорожувальних конструкцій та інженерних систем будівлі, які визначають енергетичні властивості будівлі (рис.3)

Таким чином, норми [9,11] повністю побудовані на параметричних принципах нормування і не містять жодних розпорядчих вимог. Навіть у розділі 7 норм [11], що присвячений вимогам до складання розділу енергоефективності при проектуванні будівель, наводяться тільки параметри, які мають враховуватися при оцінюванні енергоефективності, без жодних вимог до конструктивних принципів їх забезпечення, що і дозволяє застосовувати альтернативні та інноваційні технічні рішення для виконання основної мети створення будівлі з високим рівнем енергоефективності.

В той же час, є дві проблеми, які не вирішили норми [9, 11] і які потребують спеціального аналізу на сучасному етапі розвитку енергоефективних будівель.



Рисунок 2 – Структура критеріїв енергоефективності будівель



Рисунок 3 – Енергетична структура оцінки та проектування будівель

1 – Життєвий цикл. При проведенні оптимізаційних розрахунків витрат у грошовому вимірюванні були розглянуті тільки дві складові цих витрат упродовж життєвого циклу – інвестиційні витрати, що включають початкові витрати на будівництво (як для нового будівництва, так і для термомодернізації, коли витрати направлені на зміну енергетичних властивостей), і експлуатаційні витрати на опалення, кондиціонування та вентиляцію. Витрати при виводі будівлі з експлуатації не розглядалися і не враховувалися. А ці витрати залежать від конструктивного типу всіх складових будівлі, хімічного складу матеріалів, технологічних можливостей їх утилізації тощо.

Такий підхід обумовлений тим, що проблемі сталого використання природних ресурсів в нашій країні поки не приділяється достатньої уваги. У новому поколінні норм [3-9] розкриті критерії оцінки будівель за шістьма основними вимогами безпеки, а сьома основна вимога – стале використання, поки залишилася поза межами нормування.

Тому завданням наступного етапу розвитку норм є розробка критеріїв оцінки будівель за вимогами сталого використання. Така розробка дозволить переглянути підходи, які є основою оптимізації витрат на різних етапах життєвого циклу з відповідним вибором раціональних технічних рішень всіх систем і компонентів будівлі.

2 – Первинна енергія. Норми [11] встановлюють кількісні значення критеріїв енергоефективності, комплекс яких визначають норми [9]. При цьому норми [9] є методологічною основою і в сучасному їх представленні можуть бути незмінними довгий період часу. Норми [11] є похідними і повинні змінюватися із набуттям нових знань та можливостей у галузі енергозабезпечення будівель.

У поточний період оцінка енергоефективності будівель здійснюється за показником енергоспоживання EP_{use} . При розгляді концепції будівель з близьким до нульового споживанням

енергії лунають пропозиції, що до цих будівель можна відносити будівлі класу енергоефективності відповідно до існуючої системи енергетичної класифікації будівель. Такі пропозиції показують повне нерозуміння фізичної сутності показників енергоефективності. В роботі [12] розкриваються поняття цих сутностей згідно показників енергоспоживання EP_{use} та енергопотреби будівлі EP_{nd} і наведені приклади помилок в результаті їх нерозуміння. Згідно з нормами [11] класифікація будівель здійснюється за показником енергоспоживання EP_{use} , і навіть високий клас

енергоефективності за цим показником не свідчить априорі про ефективне використання первинної енергії. Про це априорі не свідчить і застосування альтернативних викопному паливу джерел енергії. Ефективність використання первинної енергії залежить від багатьох сукупних факторів, таких як вид джерела енергії, умови їх доставки від джерела до будівлі, ступеня забрудненості атмосфери при видобутку та користуванні відповідним типом енергоносія, характером взаємодії будівлі з енергосистемою тощо.

Для встановлення критеріїв енергоефективності будівель нового покоління (будівель з близьким до нульового споживанням енергії, енергетично активних будівель) необхідно провести аналіз особливостей національної енергетичної системи з визначенням параметрів перетворення первинної енергії, урахуванням кліматичних особливостей території України, регіональної структури джерел енергопостачання, можливостей вироблення та доставки енергії для теплопостачання житлових та громадських будівель.

Результати таких досліджень дозволять здійснити наступний етап розвитку системи нормування будівель за показниками їх енергоефективності, що дозволить також вирішувати актуальні для України на сучасному етапі задачі із диверсифікації існуючої системи теплопостачання великих багатонаселених міст, автономізації будівельних комплексів щодо їх теплопостачання.

ВИСНОВКИ

Нове покоління норм з енергоефективності ДБН В.1.2-11:2021 та ДБН В.2.6-31 встановлюють критерії безпеки за основною вимогою з економії енергії та енергоефективності на принципах сучасного методу параметричного нормування. В основу нормування покладено критерії оцінки енергетичних властивостей будівлі при її проектуванні або енергетичному аудиті, направлених на виконання основної вимоги. Виконання параметричних методів нормування у



ДБН В.1.2-11:2021 та ДБН В.2.6-31 стимулює застосування альтернативних та інноваційних технічних рішень для виконання основної мети створення будівлі з високим рівнем енергоефективності.

Для забезпечення подальшого розвитку системи нормування енергоефективності будівель, який має бути направлений на перехід до покоління будівель XXI століття з близьким до нульового споживанням енергії та енергетично активних будівель необхідно здійснити дослідження, що направлені на розробку критеріїв оцінки будівель, за вимогами сталого використання, та дослідження з розробки критеріїв використання первинної енергії в кліматичних та геологічних умовах України.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- 1 Закон України "Про надання будівельної продукції на ринку". - Відомості Верховної Ради (ВВР), 2021, № 14, ст.119
- 2 Закон України "Про будівельні норми". Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2010, № 5, ст.41
- 3 ДБН В.1.2-6:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість
- 4 ДБН В.1.2-7:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека
- 5 ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги
- 6 ДБН В.1.2-8:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Гігієна, здоров'я та захист довкілля
- 7 ДБН В.1.2-9:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека і доступність під час експлуатації
- 8 ДБН В.1.2-10:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму та вібрації
- 9 ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність
- 10 Закон України "Про енергетичну ефективність". - Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2022, № 2, ст.8
- 11 ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель
- 12 Фаренюк Г.Г., Фаренюк Є.Г. Методичні основи нового покоління будівельних норм з енергоефективності будівель – Наука та будівництво. - 2022, №3-4 (33-34). С. 16-25.
- 13 Фаренюк Г.Г., Фаренюк Є.Г. Методика оцінки мінімальних вимог до показників енергоефективності житлових та громадських будівель - Наука та будівництво, 2022, №1, с.3-12
- 14 Farenjuk G.G., Farenjuk Y.G. Definition of reference building in development of requirements to energy efficiency indicators - Science & Construction, 2021, №2. P.3-10.
- 15 Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій

/Г.Г.Фаренюк// - К.: Гама-Принт, 2009. - 216 с.

- 16 ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування

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. The Law of Ukraine on Building Codes. (2010). Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine, 5, 41.
3. DBN V.1.2-6:2021. (2021). Basic requirements for buildings and structures. Mechanical resistance and stability.
4. DBN V.1.2-7:2021. (2021). Basic requirements for buildings and structures. Fire safety.
5. DBN V.1.1-7:2016. (2016). Fire safety of construction objects. General requirements.
6. DBN V.1.2-8:2021. (2021). Basic requirements for buildings and structures. Hygiene, health, and environmental protection.
7. DBN V.1.2-9:2021. (2021). Basic requirements for buildings and structures. Safety and accessibility during operation.
8. DBN V.1.2-10:2021. (2021). General requirements for buildings and structures. Protection against noise and vibration.
9. DBN V.1.2-11:2021. (2021). Basic requirements for buildings and structures. Energy conservation and energy efficiency
10. The Law of Ukraine on Energy Efficiency. (2022). Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine), 2, 8.
11. DBN V.2.6-31:2021. (2021). Thermal insulation and energy efficiency of buildings.
12. Farenuk, G. G., & Farenuk, Y. G. (2022). Methodical foundations of a new generation of building standards for energy efficiency of buildings. Science and Construction, 3-4 (33-34), 16-25.
13. Farenuk, G. G., & Farenuk, Y. G. (2022). Methodology for assessing minimum requirements for energy efficiency indicators of residential and public buildings. Science and Construction, 1, 3-12.
14. Farenjuk, G. G., & Farenjuk, Y. G. (2021). Definition of reference building in development of requirements to energy efficiency indicators. Science and Construction, 2, 3-10.
15. Farenjuk, G. (2009). Basics of assurance of energy efficiency of buildings and thermal reliability of envelope. Kyiv: Gama-Print.
16. DBN V.2.6-33:2018. (2018). External wall structures with facade thermal insulation. Design requirements.

Стаття надійшла до редакції 5.02.2023 року



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

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

ОСОБЛИВОСТІ НОВОЇ РЕДАКЦІЇ ДБН В.2.4-3:2023 «ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ»

АНОТАЦІЯ

В статті розглянуті особливості нової редакції державних будівельних норм ДБН В.2.4-3:2023 «Гідротехнічні споруди. Основні положення». Ці норми розроблені ДП НДІБК на замовлення Міністерства розвитку громад та територій України із залученням провідних організацій в галузі гідротехнічного будівництва: ПРАТ «Укргідропроект»; ПРАТ «Укргідроенерго»; Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП); Одеської державної академії будівництва та архітектури (ОДАБА); Інституту «ЧорноморНДІпроект»; Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору; Одеського національного морського університету.

Нова редакція ДБН В.2.4-3:2023 розроблена на заміну ДБН В.2.4-3:2010 «Гідротехнічні споруди. Основні положення», які були введені тринадцять років тому і деякі їх положення застаріли та

не відповідають сучасним вимогам щодо проектування гідротехнічних споруд.

ДБН В.2.4-3:2023 встановлюють основні положення і вимоги до проектування гідротехнічних споруд у цілому та їх складових частин при новому будівництві, реконструкції та капітальному ремонті для об'єктів гідроенергетики, водного транспорту, меліорації, водопостачання і водовідведення, ріборозведення, захисту територій від затоплення, складування рідких відходів промислових підприємств, а також положення щодо дотримання функціональних параметрів об'єкта під час експлуатації.

Норми поширюються на гідротехнічні споруди атомних, теплових, гідроакumuлюючих та гідроелектростанцій, на гідротехнічні споруди внутрішніх водних шляхів, меліоративних систем, а також на греблі, дамби, водоскидні, регуляційні і берегозахисні споруди, гідротехнічні тунелі і тру-



бопроводи, канали, рибопропускні і рибозахисні споруди, водосховища.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: безпека, водосховище, гідроелектростанція (ГЕС), гідроакumuлююча електростанція (ГАЕС), гідротехнічні споруди, гребля, водоскид, надійність, обстеження, оцінка технічного стану.

FEATURES OF THE NEW DBN V.2.4-3:2023 «HYDROTECHNICAL BUILDINGS. SUBSTANTIVE PROVISIONS»

ABSTRACT

This article presents the main features of the new DBN V.2.4-3:2023 "Hydrotechnical structures. Substantive provisions". New code was developed by NIISK on the order of the Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine with the involvement of leading organizations in the field of hydrotechnical construction: PJSC "Ukrhydroproekt"; PJSC "Ukrhydroenergo"; National University of Water and Environmental Engineering (NUWEE); Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (OSACEA); "Chornomorndiproekt" Institute; Institute of Telecommunications and Global Information Space; Odessa National Maritime University.

DBN V.2.4-3:2023 is developed to replace DBN V.2.4-3:2010 "Hydrotechnical structures. Substantive provisions", which was introduced thirteen years ago, and some of its provisions are outdated and do not meet modern requirements for the design of hydraulic structures.

DBN V.2.4-3:2023 establishes the basic provisions and requirements for the design of hydrotechnical structures during new construction, reconstruction and major repairs for hydropower facilities, water transport, land reclamation, water supply and drainage, fish farming, flood protection, storage of liquid waste of industrial enterprises, as well as provisions for compliance with the functional parameters of the object during operation.

The norms apply to hydrotechnical structures of nuclear, thermal, pumped storage units and hydroelectric power plants, hydraulic structures of inland waterways, land reclamation systems, as well as to dams, levees, spillways, regulation and bank protection structures, hydraulic tunnels and pipelines, canals, fishways and fish screen, reservoirs.

KEYWORDS: safety, reservoir, hydroelectric power plant (HPP), hydroelectric pumped storage power plant, hydrotechnical structures, dam, spillway, reliability, survey, assessment of technical condition.

ВСТУП

Державні будівельні норми ДБН В.2.4-3:2010 «Гідротехнічні споруди. Основні положення» були розроблені Державним підприємством «Державний науково-дослідний інститут

будівельних конструкцій» (далі – ДП НДІБК) в 2009 році на заміну СНиП 2.06.01-86 «Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования» та поширювались на проектування і будівництво річкових і морських гідротехнічних споруд всіх видів і класів.

Необхідність перегляду ДБН В.2.4-3:2010 у цілому та розробки нової редакції державних будівельних норм пов'язана з необхідністю приведення основних положень у відповідність до Закону України «Про будівельні норми», узгодження з чинними ДБН і ДСТУ та необхідністю попередження можливих аварій та пошкоджень на гідротехнічних об'єктах, що викликані недоліками проектування, будівництва та експлуатації гідротехнічних споруд, зокрема, недотриманням технологічних процесів.

Нова редакція ДБН В.2.4-3:2023 «Гідротехнічні споруди. Основні положення» розроблена ДП НДІБК із залученням спеціалістів провідних організацій в галузі гідротехнічного будівництва: ПРАТ «Укргідропроєкт», ПРАТ «Укргідроенерго», Національний університет водного господарства та природокористування, Одеська державна академія будівництва та архітектури, Інститут «ЧорноморНДІпроєкт», Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Одеський національний морський університет.

ДБН В.2.4-3:2023 встановлюють основні положення і вимоги до проектування гідротехнічних споруд при новому будівництві, реконструкції та капітальному ремонті для об'єктів гідроенергетики, водного транспорту, меліорації, водопостачання і водовідведення, риборозведення, захисту територій від затоплення, складування рідких відходів промислових підприємств, а також положення щодо дотримання функціональних параметрів об'єкта під час експлуатації. Ці Норми не поширюються на гідротехнічні споруди морських та річкових портів.

Гідротехнічні споруди (далі – ГТС) – це основні споруди, що забезпечують надійну та безпечну роботу гідроелектростанцій (далі – ГЕС) та гідроакumuлюючих електростанцій (далі – ГАЕС), суттєво впливають на економічну, екологічну та соціальну ситуацію в регіоні їх розташування [1÷3]. Особливість їх роботи полягає в тому, що вони постійно контактують з водою, солоною або прісною, яка знаходиться у спокої або русі та чинить на споруди механічні, фізико-хімічні та біологічні дії.

ГЕС і ГАЕС Дніпровського та Дністровського каскадів відіграють важливу роль в роботі об'єднаної енергетичної системи України. Загальний виробіток електроенергії ГЕС і ГАЕС Дніпровського (потужністю 3911,1 МВт) та Дністровського (потужністю 702 МВт) каскадів становить до 90 % виробітку всіх ГЕС України. Саме



крупні водосховища комплексного призначення виконують задачі регулювання річкового витоку та утворюють водогосподарські комплекси, що призводить до прискорення розвитку оточуючої інфраструктури й економічного зростання України. Водосховища Дніпровського та Дністровського каскадів забезпечують водою комунально-побутові, промислові і сільськогосподарські потреби більш ніж половини території України. Тому питанням надійності і безпеки ГТС, а також надійної і безпечної експлуатації гідровузлів Дніпровського та Дністровського каскадів, розробці і удосконаленню методів проектування та оцінки їх надійності та безпеки постійно приділяється значна увага.

МЕТА РОБОТИ

Мета розроблення нової редакції ДБН В.2.4-3:2023 «Гідротехнічні споруди. Основні положення»: створення державних будівельних норм, що відповідають сучасній потребі і стану національної нормативної бази України в сфері проектування гідротехнічних споруд.

Загальна характеристика ДБН В.2.4-3:2023 «Гідротехнічні споруди. Основні положення».

Гідротехнічні споруди напірного фронту всіх гідровузлів Дніпровського та Дністровського каскадів відносяться до об'єктів будівництва класу наслідків (відповідальності) СС3. Можливі аварії на цих потенційно небезпечних об'єктах можуть мати багатофакторний вплив на природне середовище, на життя людини та її господарську діяльність, тому надійність і безпека ГТС гідровузлів повинна бути забезпечена упродовж всього терміну їх експлуатації, а також при ремонті, реконструкції, консервації та ліквідації.

За період тривалої експлуатації ГТС гідровузлів Дніпровського та Дністровського каскадів ГЕС (наприклад, початок будівництва ДніпроГЕС – 1927 рік, початок експлуатації – з 1932 року) на них не було значних аварій (окрім цілеспрямованих руйнувань ДніпроГЕС внаслідок воєнних дій в 1941 та 1943 роках), що свідчить про надійність і безпеку цих споруд та необхідність удосконалення нормативних актів щодо забезпечення їх подальшої надійної і безпечної роботи на відповідному рівні [4÷6].

Нова редакція ДБН В.2.4-3:2023 розроблена на основі параметричного методу нормування. Ці норми, разом з іншими ДБН та ДСТУ, утворюють комплекс нормативних актів та документів щодо проектування ГТС (див. Рис. 1), що дозволяє підвищити надійність їх проектування в різних інженерно-геологічних умовах та забезпечити високий рівень безпеки роботи в проектних умовах експлуатації.

Розроблені ДБН В.2.4-3:2023 встановлюють основні положення до проектування та

будівництва ГТС у цілому та їх складових частин, а також встановлюють положення щодо дотримання функціональних параметрів об'єкта під час його експлуатації. Норми поширюються на ГТС атомних, теплових, гідроакumuлюючих та гідроелектростанцій, внутрішніх водних шляхів, меліоративних систем, а також на греблі, дамби, водоскидні, регуляційні і берегозахисні споруди, гідротехнічні тунелі і трубопроводи, канали, рибопропускні і рибозахисні споруди, водосховища.

В ДБН В.2.4-3:2023, в порівнянні із ДБН В.2.4-3:2010, в розділі 8 більш детально розглянуті вимоги до проектування окремих видів ГТС в наступних підрозділах: 8.2. Греблі з ґрунтових матеріалів; 8.3. Греблі бетонні та залізобетонні; 8.4. Бетонні та залізобетонні конструкції ГТС; 8.5. Водоскидні, водопропускні, водовипускні та спрягаючі ГТС; 8.6. Стояни та підпірні стіни ГТС; 8.7. Судноплавні шлюзи, суднопідіймачі та судноплавні греблі; 8.8. Рибопропускні та рибозахисні споруди; 8.9. Берегозахисні споруди; 8.10. Меліоративні ГТС; 8.11. Огороджувальні та берегоукріплювальні ГТС; 8.12. Засоби навігаційного обладнання (ЗНО); 8.13. Підхідні канали; 8.14. ГТС гідроелектростанцій (ГЕС), гідроакumuлюючих електростанцій (ГАЕС) та насосних станцій (НС); 8.15. Гідротехнічні споруди атомних електростанцій; 8.16. Водосховища. Крім того, додані нові розділи: 9. Будівництво ГТС; 10. Реконструкція ГТС; 11. Експлуатація ГТС; 12. Особливості науково-технічного супроводу; 13. Охорона довкілля. Також, основні вимоги приведено у відповідність до положень ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд»: ліквідовано підклас наслідків (відповідальності) СС2 на два підкласи СС2-1 та СС2-2 і прийняті відповідні зміни коефіцієнтів надійності.

Конструктивні рішення ГТС та їх елементів розробляють відповідно до класу наслідків (відповідальності) з урахуванням їх функціонального призначення, природно-кліматичних та інженерно-геологічних умов будівництва.

Будівельні конструкції ГТС повинні бути довговічними і надійними з урахуванням можливих небезпечних впливів.

Для забезпечення безпеки ГТС слід вживати відповідні організаційні заходи з управління якістю та організаційні заходи зі здійснення контролю на всіх етапах життєвого циклу споруд.

Для підвищення оперативності та достовірності контролю за станом безпеки та надійності ГТС гідровузлів (напружено-деформованим станом бетону, осіданнями споруд та основи, п'єзометричним рівнем води та фільтраційними витратами в тілі, основи та в примиканнях до

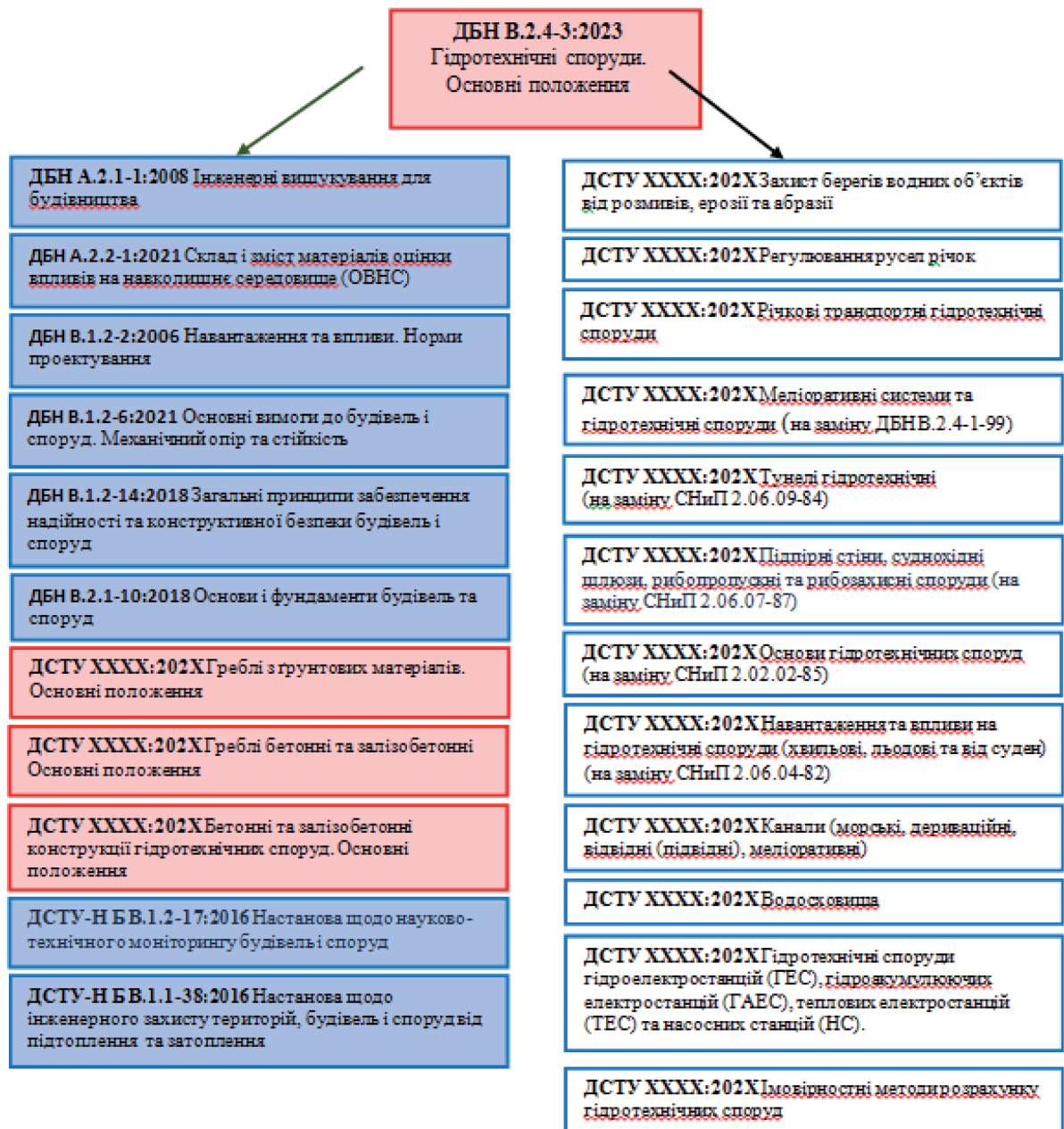


Рисунок 1 – Структура комплексу основних нормативних актів та документів щодо проектування гідротехнічних споруд (червоним кольором виділені ДБН та ДСТУ, що розроблені та знаходяться на стадії затвердження, синім – чинні ДБН та ДСТУ, а без кольору – перелік ДСТУ, що плануються до розробки в розвиток положень ДБН В.2.4-3:2023 та на заміну ДБН і СНиП)

берегів земляних гребель тощо) передбачено їх оснащення автоматизованими системами контролю (далі – АСК). Надійність та безпека ГТС 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 споруд, проведення комплексних досліджень їх поточного стану.

Інженерні вишукування повинні забезпечувати отримання вихідних матеріалів для розроблення проекту ГТС, включаючи розрахунки, прийняття

рішень з інженерного захисту, охорони довкілля.

ГТС повинні відповідати функціональному призначенню та забезпечувати виконання основних вимог до будівель і споруд згідно із Законом України «Про будівельні норми» протягом усього життєвого циклу щодо:

- збереження несучої здатності та стійкості як споруди, так і її складових елементів, при нормальному функціонуванні технологічного процесу;
- забезпечення стійкості проти фільтраційних деформацій та розмиву;



- забезпечення евакуації експлуатаційного персоналу при виникненні небезпеки;
- охорони довкілля та виконання природоохоронних заходів.

Забезпечення надійності ГТС здійснюється на підставі дотримання наступних основних вимог:

- неперевищення допустимого рівня ризику аварій;
- неперевищення гранично допустимих значень напружено-деформованого стану конструкцій;
- організації належного нагляду за безпекою;
- забезпечення безперервної експлуатації;
- здійснення заходів щодо підтримання належних рівнів безпеки, у тому числі дотримання критеріїв безпеки, оснащення автоматизованими засобами моніторингу та АЗК за напружено-деформованим станом, деформаціями, осіданням та зміщенням, тріщиноутворенням, фільтраційними процесами у споруді та її основі, рівнями верхнього та нижнього б'єфів;
- необхідності завчасного проведення комплексу заходів щодо зменшення ризику виникнення надзвичайних ситуацій.

ГТС 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 проектуванні ГТС використовуються розрахунки за двома групами граничних станів (за несучою здатністю та експлуатаційною придатністю).

Розрахунки за граничними станами базуються на використанні моделей (фізичних або математичних) конструкцій, ГТС, основ (чи ґрунтових ГТС) і навантажень для відповідних граничних станів, розрахункових ситуацій та комбінацій навантажень.

Нормативні строки експлуатації ГТС в залежності від класу наслідків (відповідальності) в новій редакції ДБН В.2.4-3:2023 приведені у

відповідність з ДБН В.1.2-14 (таблиця 1):

При проектуванні ГТС та виборі ділянки для її розміщення слід виходити із комплексного використання водних ресурсів, схем використання водних ресурсів річки, з урахуванням галузевих програм розвитку та природних умов району будівництва (топографічних, інженерно-геологічних, гідрологічних, кліматичних, екологічних), сейсмічності, впливу на довкілля та навколишнє середовище, досвіду зведення аналогічних ГТС в подібних природних умовах, а також техніко-економічного порівняння варіантів проектних рішень, спрямованих на забезпечення надійності ГТС.

При проектуванні ГТС повинні бути передбачені інженерні заходи з охорони навколишнього середовища. Екологічне обґрунтування проекту ГТС має включати комплекс природоохоронних заходів при будівництві та експлуатації, а також заходи з охорони навколишнього середовища.

У процесі будівництва повинні виконуватися заходи, що виключають забруднення акваторії та прилеглої берегової зони будівельними та іншими відходами, сміттям, стічними водами, токсичними речовинами тощо.

Реконструкція основних ГТС здійснюється з метою:

- підсилення основних гідротехнічних споруд та їх основ при підвищенні ризику аварій внаслідок фізичного зносу споруд і основ або збільшення зовнішніх навантажень і впливів, а також у випадку збільшення масштабу економічних, екологічних і соціальних наслідків можливої аварії;
- забезпечення (підвищення) водопропускної здатності основних гідротехнічних споруд;
- збільшення вироблення електроенергії;
- збільшення місткості сховищ рідких відходів;
- підвищення водозабезпечення зрошувальних систем, поліпшення режиму ґрунтових вод на зрошувальних або осушувальних системах і прилеглих до них територіях, уздовж трас каналів;
- поліпшення екологічних умов зони впливу гідровузла.

Реконструкцію слід проводити на підставі проекту, який розробляється з урахуванням оцінки технічного стану за матеріалами обстежень ГТС та контрольних інженерних вишукувань. Технічний стан ГТС, що підлягають реконструкції, та їх елементів слід визначати за результатами натурних обстежень і розрахунків.

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

Таблиця 1 - Нормативні строки експлуатації ГТС

Клас наслідків (відповідальності) ГТС	Нормативний строк експлуатації, років
СС3	120
СС2	80
СС1	50



тися 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 проектування, будівництва та експлуатації ГТС з максимальною надійністю і мінімальними витратами пов'язані з особливостями (унікальністю) компоновок гідровузлів та відсутністю достатнього досвіду або прямих аналогів у вітчизняній та світовій практиці. При виконанні НТС слід враховувати безпеку людей, захист довкілля, надійну експлуатацію ГТС на основі науково-технічного прогнозу і аналізу даних моніторингу, що відстежує технічний стан елементів, конструкцій та споруд, їх деформації в часі при різних навантаженнях і впливах.

У складі проектної документації на будівництво ГТС слід розробляти заходи щодо недопущення погіршення екологічної обстановки в порівнянні з природною, раціонального використання водосховищ, нижніх б'єфів і прилеглих до них територій для забезпечення рекреації, рекультивациі земель і залучення їх у господарську діяльність.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено нову редакцію ДБН В.2.4-3:2023 «Гідротехнічні споруди. Основні положення» на основі параметричного методу нормування, які разом з іншими ДБН та ДСТУ утворюють комплекс нормативних актів та документів щодо проектування гідротехнічних споруд, що дозволяє підвищити надійність їх проектування в різних інженерно-геологічних умовах та забезпечити високий рівень безпеки в проектних умовах експлуатації.
2. Запропоновано структуру комплексу нормативних актів та документів щодо проектування гідротехнічних споруд, у тому числі з переліком ДСТУ, що плануються до розробки в розвиток положень ДБН В.2.4-3:2023 та на заміну ДБН і СНіП.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гідротехнічні споруди. Основні положення: ДБН В.2.4-3-2010. – [Чинні від 2011-01-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – 37 с. – (Державні будівельні норми України).
2. 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» № 2 (20), 2019, С. 4-18.

3. Фаренюк Г.Г., Вайнберг О.І., Шумінський В.Д. Надійність та безпека гідротехнічних споруд Дніпровського та Дністровського каскадів ГЕС. Журнал «Наука та будівництво» № 3 (25), 2020, С. 3-12.
4. Восстановление Днепроводской гидроэлектростанции им. В.И. Ленина. Сборник статей. Под ред. начальника Днепростроя Ф.Г. Логинова – М. Л.: Государственное энергетическое издательство, 1947.
5. Assessment of technical state of unfinished structures of the Dnistrovska PSP. Y.Slyusarenko, O. Shevchyk, Ya. Dombrovskiy, V. Shuminskyi, O. Lisenyi. Журнал «Наука та будівництво», №2, 2021, с.28-40.
6. Нормативне забезпечення проектування у галузі фундаментобудування, підземних споруд і геотехніки. Слюсаренко Ю.С., Титаренко В.А., Шумінський В.Д. Журнал «Нові технології в будівництві», 2017, вип. 33/1, с. 41-52.

REFERENCES

1. DBN B.2.4-3-2010. (2010). Hydraulic structures. Basic principles. Kyiv: SE «Ukrarkhbuildinform».
2. Farenjuk, G., Vaynberg, O., Shuminskyi, V., & Khlapuk, N. (2019). The reliability and safety of hydraulic engineering structures in conditions of long operation. Science and Construction, 2(20), 4-18.
3. Farenjuk, G., Vaynberg, O., & Shuminskyi, V. (2020). The reliability and safety of hydraulic engineering structures of the Dnieper and Dniester cascades of hydroelectric power plants. Science and Construction, 3(25), 3-12.
4. Loginov, F.G. (Ed.). (1947). Recovery of the Dnieper hydroelectric power station of V.I. Lenin. Collection of articles. M.L.: State Power Edition.
5. Slyusarenko, Y., Shevchyk, O., Dombrovskiy, Ya., Shuminskyi, V., & Lisenyi, O. (2021). Assessment of technical state of unfinished structures of the Dnistrovska PSP. Science and Construction, 2, 28-40.
6. Slyusarenko, Yu.S., Tytarenko, V.A., & Shuminsky, V.D. (2017). Regulatory support for design in the field of foundation construction, underground structures and geotechnics. New Technologies in Construction, 33(1), 41-52.

Стаття надійшла до редакції 15.01.2023 року



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

УДК 624.046:5



ПЕРЕЛЬМУТЕР А.В.,
Докт. техн. наук, гол. наук.
співробітник, Науково-вироб-
ниче товариство "SCAD Soft",
м. Київ, Україна
e-mail: avp@scadsoft.com,
тел. : +38 (050) 382-16-25
ORCID: 0000-0001-9537-2728



ПІЧУГІН С.Ф.
докт. техн. наук, професор
Національний університет
«Полтавська політехніка імені
Юрія Кондратюка»,
м. Полтава, Україна
e-mail: pichugin.sf@gmail.com,
тел. : +38 (050) 591-77-28
ORCID: 0000-0001-8505-2130

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ НАДІЙНОСТІ ПОШКОДЖЕНИХ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

АНОТАЦІЯ

Стаття присвячена невирішеним питанням, пов'язаним із особливостями оцінювання надійності існуючих та пошкоджених конструкцій. Склалася ситуація, при якій такі показники надійності як імовірності відмови, що наведені в ДБН В.1.2-14:2018, не пов'язані з іншими нормативними документами і не враховують специфіку конструкцій, що знаходяться в експлуатації. Між тим існують дві великі групи випадків, де цільові вимоги до надійності не співпадають з тими, що призначені для проектування нових конструкцій. Це стосується оцінки надійності існуючих конструкцій (та ще пошкоджених бойовими діями), а також перевірки конструкцій на дію аварійних впливів і стійкість до прогресуючого обвалення. Підкреслюється, що Міжнародний стандарт ISO 13822 дозволяє для існуючих конструкцій використовувати нижчі цільові показники надійності, якщо вони можуть бути виправдані на основі економічних, соціальних та екологічних міркувань. Вперше проведено порівняння рекомендацій вказаного стандарту з розрахунками індексу якості життя LQI, побудованими за даними української статистики. Відмічається, що трансформація цільового

індексу надійності β , що стосується різних облікових періодів з n років, базується в стандарті EN 1990 на схемі незалежних випробувань, яка потребує врахування кореляційних зв'язків. З урахуванням цього, показана можливість диференціювати надійність за критеріями безпеки і економічності в залежності від класу наслідків і терміну експлуатації. Підкреслюється важливість при оцінюванні надійності існуючих конструкцій брати до уваги попередню експлуатацію конструкцій та уточнювати властивості матеріалу і навантажень. Особливо виділяється запропонований в стандарті EN 1998-3 прийом урахування неповноти знань щодо властивостей конструкції, надійність якої аналізується. Підкреслюється, що доступність існуючих конструкцій для виконання робіт з їх обстеження, ступінь деталізації обстежень, використання непрямих вимірів при визначенні фізичних властивостей матеріалів, впливи інших чинників об'єктивно впливають на вірогідність даних, що використовуються під час оцінки несучої здатності конструкцій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: надійність будівельних об'єктів; цільові показники надійності; схема незалежних випробувань; клас наслідків; термін



експлуатації; аварійні впливи; прогресуюче обвалення.

SOME FEATURES OF CALCULATING THE RELIABILITY OF DAMAGED STEEL STRUCTURES

ABSTRACT

The article is devoted to unresolved issues related to the features of assessing the reliability of existing and damaged structures. A situation has arisen in which such reliability indicators as the probability of failure, given in DBN B.1.2-14:2018, are not connected with other regulatory documents and do not take into account the specifics of structures in operation. Meanwhile, there are two large groups of cases where the target reliability requirements do not coincide with those intended for the design of new structures. This is an assessment of the reliability of existing structures (and those still damaged by combat operations), as well as checking the structures for the effect of emergency effects and resistance to progressive collapse. It is emphasized that the International Standard ISO 13822 allows for existing structures to use lower reliability targets if they can be justified on the basis of economic, social and environmental considerations. For the first time, a comparison of the recommendations of the specified standard with the calculations of the quality of life index LQI, based on the data of Ukrainian statistics, was carried out. It is noted that the transformation of the target reliability index β , relating to different accounting periods of n years, is based in EN 1990 on an independent test scheme, which needs to take into account correlations. Taking this into account, the possibility of differentiating reliability according to the criteria of safety and economy, depending on the class of consequences and the period of operation, is shown. The importance of taking into account the previous operation of the structures and clarifying the properties of the material and loads is emphasized when assessing the reliability of existing structures. The method proposed in EN 1998-3 to take into account the incompleteness of knowledge regarding the properties of the structure, the reliability of which is being analyzed, is particularly highlighted. It is emphasized that the availability of existing structures for carrying out work on their examination, the degree of detailing of examinations, the use of indirect measurements when determining the physical properties of materials, the influence of other factors objectively affect the reliability of the data used during the assessment of the bearing capacity of structures.

KEYWORDS: reliability of construction objects; target reliability indicators; scheme of independent tests; consequence class; term of operation; emergency effects; progressive collapse.

ВСТУП

Діючі в Україні вимоги щодо рівня надійності будівельних конструкцій були прийняті на підставі експертних оцінок і не стали інструментом узгодження різних нормативних документів. Очевидно, слід їх перевірити на відповідність рекомендаціям міжнародних норм, звісно з урахуванням можливостей і намірів України. Інтерес до уточнення нормування доцільних рівнів надійності зумовлений тим, що в даний час ми проектуємо конструкції з невідомим рівнем надійності. На сьогоднішній день в Європадах, з якими Україна прагне тісніше зблизити свої норми проектування, досі відсутні гармонізовані європейські правила оцінки надійності існуючих конструкцій, зокрема, пошкоджених і зруйнованих. Між тим, ці питання постають все гостріше в умовах сьогодення.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Відповідно до діючих норм оцінка надійності конструкцій ґрунтується на порівнянні ймовірності відмови P_f чи індексу надійності (дальністю відмови) β з їхніми припустимими (доцільними) значеннями P^{ex} і β^{ex} , тобто на перевірці умов:

$$P_f \leq P^{ex} \text{ чи } \beta \geq \beta^{ex} \quad (1)$$

Міжнародні стандарти [1, 2] вказують, що обчислені ймовірності відмови «слід розглядати як деякі формальні числа, призначені для розробки узгоджених правил та норм проектування, як усередині системи нормування однієї країни, так і різних країн». В Україні такі показники надійності як ймовірності відмови, що наведені в рекомендаційному додатку В до [3], не ув'язані з іншими нормативними документами. Вимоги методу розрахункових граничних станів у нормах [3] не пов'язані з будь-якими значеннями P^{ex} чи β^{ex} , на відміну від [2], де такий зв'язок реалізується через коефіцієнти чутливості α_E і α_R .

Були виконані розрахунки, які виявили різний рівень надійності сталевих конструкцій різного призначення, розрахованих за діючими нормами [4]. Відсутність масових аварійних відмов свідчить лише про достатній рівень надійності, що присутній у нашій нормативній базі неявно, але чи є він необхідним і як ці запаси різняться для об'єктів різного призначення та різних конструктивних форм – все це залишається невідомим.

Відповідно до [2], цільові рівні надійності конструкцій слід встановлювати на національному рівні, враховуючи, що такі вимоги залежать від соціально-економічного потенціалу суспільства та від його готовності вкладати кошти у безпеку життєдіяльності.

Оцінка такого типу може передбачати орієнтацію на такий соціальний індикатор як



індекс якості життя LQI (англ. Life Quality Index). Оновлена редакція міжнародного стандарту [5] показує, яким чином наміри суспільства щодо інвестицій у покращення здоров'я та безпеки життя в різних секторах промисловості можуть бути описані з використанням концепції LQI.

Діючи в Україні вимоги щодо нормування доцільних рівнів надійності та значень P^{ex} та β^{ex} [3], очевидно, потребують перевірки і обґрунтування, про це свідчить і прийнятий нещодавно керуючий документ [6]. Але у ньому, як і в Єврокодах, відсутні правила оцінки конструкцій, що знаходяться в експлуатації. Очікується, що в другому поколінні Єврокодів, які будуть розроблені, висвітлять питання оцінки та перевірки існуючих конструкцій, а поки що для гармонізації правил оцінки існуючих конструкцій з основою та вимогами Єврокодів може застосовуватися міжнародний стандарт [7].

Але не тільки ці міркування потребують оновити наші норми. Справа ще й в тому, що існують дві великі групи випадків, де цільові вимоги до надійності не співпадають з тими, що призначені для проектування нових конструкцій. Це (а) оцінка надійності існуючих конструкцій (та ще пошкоджених бойовими діями), а також (б) перевірка конструкцій на дію аварійних впливів і стійкість до прогресуючого обвалення. Деякі дослідження свідчать про наявність помітної розбіжності з умовами звичайного проектування [8, 9].

Доцільно зазначити існуючу низку відмінностей в оцінці безпеки вже існуючої конструкції від проєктованої:

1. Під час проектування нової конструкції невизначеність параметрів приймається за усередненими для всієї країни даними. Але реалізована конструкція не є середньою по країні, а є конкретною унікальною структурою з характеристиками, що уточнюються, і, отже, невизначеності зменшуються.
2. Накопичений досвід використання конструкції також знижує невизначеність у порівнянні із ситуацією під час проектування. Цей досвід можна приймати як, у певному сенсі, експериментальну перевірку надійності.
3. У разі нової конструкції заходи зі збільшення безпеки реалізуються легше, ніж роботи з посилення існуючої конструкції, тому оптимізаційні розрахунки вказують на доцільність застосування вищих показників ризику.
4. У випадках, коли запланований термін служби конструкції визначався умовами морального старіння, для існуючої конструкції його можна вважати таким же, як було встановлено раніше, і приймати термін її експлуатації як відрізок часу, що залишився до зміни чи ліквідації.

5. При новому проектуванні можна практично реалізувати умови, що відповідають прийнятій розрахунковій моделі. Розрахункову модель існуючої конструкції потрібно визначити на підставі даних, отриманих під час її обстеження.

6. На відміну від нового проектування, коли конструкція створюється придатною для запланованих умов експлуатації, для існуючої конструкції вводять нове поняття про часткову (з обмеженнями) придатність до експлуатації.

Далі будуть розглянуті лише деякі з зазначених питань, при цьому для конкретизації будемо мати на увазі лише сталеві конструкції.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Основною метою даного дослідження є акцентування уваги на невирішених задачах, пов'язаних із особливостями оцінювання надійності існуючих та пошкоджених конструкцій, з виділенням засобів обґрунтування і регулювання рівнів надійності, аналізом специфіки схеми незалежних випробувань при оцінці надійності, прийняттям до уваги попередньої експлуатації конструкцій, уточненням властивостей матеріалу і навантажень, врахуванням повноти інформації щодо властивостей конструкції, надійність котрої аналізується.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

ЦІЛЬОВІ РІВНІ НАДІЙНОСТІ

Прийнята у нормах концепція перевірок орієнтує цільові рівні надійності на рівень конструктивного елемента (розрахункового перерізу), а не споруди у цілому, хоча класифікація за рівнем відповідальності побудована відносно споруди. Але у більшості випадків відмова (руйнування) окремого елемента має значно менші наслідки в порівнянні з відмовою усієї конструктивної схеми. Тому слід було б передбачати, що цільові ймовірності відмови для окремого елемента і конструктивної схеми повинні розрізнятися.

Особливо це відноситься до випадків раптового і широко розвинутого руйнування, як, наприклад, при прогресуючому обваленні, а також руйнування внаслідок аварійного впливу на об'єкт у цілому, коли можлива одночасна відмова декількох елементів, як, наприклад, при сейсмічному чи вітровому навантаженні. У деяких роботах [8, 10] пропонувалося для аналізу такої відмови збільшувати значення цільового індексу надійності β (дальності відмови) на додаток $\Delta\beta=0,5$.

Для існуючих конструкцій слід очікувати дещо більший «прихований» запас надійності, про що, наприклад, свідчать наведені у таблиці 1 дані, які отримані у роботі [11] і ґрунтуються на аналізі 594



випадків обвалення сталевих конструкцій, що відбулися в Німеччині приблизно за 50 років.

Справа в тому, що «вибуття» невдалих конструктивних рішень та об'єктів, виготовлених з дефектами, зазвичай відбувається на ранніх термінах експлуатації. Це ілюструється відомою залежністю інтенсивності відмов будівельних об'єктів від часу, максимум якої припадає на першу стадію – припрацювання. Цей висновок підтвердили також недавні статистичні дослідження будівельних аварій у різних країнах за 2020–2022 р.р. [12]. Було виявлено, зокрема, що для багатоповерхових будинків найвищий відсоток виникнення аварій (54 %) припадає на етап будівництва та введення в експлуатацію. Тому виникають пропозиції щодо пом'якшення вимог надійності під час оцінки технічного стану існуючих конструкцій [8, 13].

Міжнародний стандарт [7] (додаток F) дозволяє для існуючих конструкцій використовувати нижчі цільові показники надійності, якщо вони можуть бути виправдані на основі економічних, соціальних та екологічних міркувань. При цьому враховується, що додаткові витрати на посилення можуть бути дуже великими і збереження конструкції в тому вигляді, який вона має при дещо зниженому рівні надійності (але гарантуючого безпеку), є економічно виправданим. Як видно з таблиці 2, цільове значення індексу надійності для реферативного періоду 1 рік, порівняно з новим проектуванням, у середньому зменшується на 0,5.

Має сенс порівняння рекомендацій [7] з розрахунками індексу якості життя LQI, побудованими за даними української статистики [14]. Філософія LQI полягає в тому, що переваги суспільства щодо інвестицій у покращення здоров'я та безпеки життя можна описати в термінах очікуваної тривалості життя, валового внутрішнього продукту (ВВП) на душу населення та співвідношення між робочим і вільним часом. Граничні витрати на порятунк життя, оцінені за допомогою LQI, залежать від економічних можливостей даного суспільства та його уподобань інвестувати в безпеку життя. Методика обчислення LQI досить детально викладена у стандарті [5] (редакція 2015 року).

LQI можна виразити в наступній основній формі:

$$LQI = g^q e \quad (2)$$

де g – ВВП на душу населення; e – очікувана тривалість життя; q є мірою компромісу між доступними для споживання ресурсами та вартістю часу здорового життя.

Параметр q залежить від частки життя w , відведеної

Таблиця 1 – Дані про аварійність конструкцій

Тривалість існування до обвалення, років	Кількість аварій, одиниць	Відсоток, %
1-10	142	32,4
11-20	87	19,9
21-30	38	8,7
31-40	17	3,9
41-50	33	7,5
51-60	21	4,8
61-70	29	6,6
71-80	11	2,5
Більше 80	9	2,1
Не визначено	51	11,5
Разом	430	100,0

Таблиця 2 – Індеси надійності за вимогами норм

Клас	Нове проектування:		Існуючі будівлі ISO 13822
	EN 1990	ISO 2394:2015*	
CC1	4,2	4,2 (3,1)	3,1
CC2	4,7	4,4 (3,7)	4,2
CC3	5,2	4,7 (4,2)	4,3
*Орієнтовні мінімальні цільові показники надійності на основі критерію прийнятності LQI			

на економічну діяльність (співвідношення робочого часу до вільного часу, зазвичай приблизно від 0,18 до 0,2) і оцінюється як:

$$q = w / [0,7(1-w)] \quad (3)$$

За статистичними даними України у 2020 році було $g = 4836$ \$, $e = 71,35$ років і $w = 0,18$. Тоді маємо

$$LQI = 4836^{0,313} 71,35 = 1015,4 \text{ \$ / рік.}$$

А витрати на збереження одного життя [5]:



$$G_d = ICAF = (g/q) \times (e/4) = (48360,313) \times (71,35/4) = 275598\$.$$

У таблиці 3 для деяких країн надані для порівняння дані щодо готовності інвестувати у систему безпеки.

У роботі [15] показано, що з використанням параметрів LQI граничне значення цільової ймовірності можна одержати як

$$p \approx \frac{1}{5} \frac{C_1(\gamma + \omega)}{(g/q) C_x N_F} \quad (4)$$

де C_x — демографічна константа смертності (в Україні 15,9), C_1 — граничні витрати, пов'язані з розглянутим заходом безпеки (прийемо, що вони складають 1% від вартості споруди $C_1 \approx 0,01 C_0$), γ — відсоткова ставка дисконтування (в Україні 14,1%), N_F — можлива кількість осіб, що ризикують через пошкодження конструкції.

Будемо всі викладки будувати через площу приміщень, виходячи із середньої вартості $C_0 = 1000$ \$ за квадратний метр і вважати кількість людей, виходячи з показника 10 м²/особу. Тоді $p = 0,261 \times 10^{-4}$ ($\beta = 3,83$). Як бачимо, це досить близько до рекомендацій стандарту [7].

УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ СХЕМИ НЕЗАЛЕЖНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Трансформація цільового індексу надійності β , що стосується різних облікових періодів з n років, базується в [2] на схемі незалежних випробувань. Такий підхід відноситься до дій, що мають статистично незалежні щорічні максимальні значення. При цьому ймовірність руйнування $\Phi(\beta_n)$, що має відношення до базового періоду n років, визначається з річної ймовірності $\Phi(\beta_1)$ з використанням виразу

$$\Phi(\beta_n) = [\Phi(\beta_1)]^n \quad (5)$$

Таблиця 3 – Розрахункові параметри індексу якості життя

Країна	G, \$	LQI, \$/рік	G _d , \$
Австралія	35624	1967,50	4940000
Беларусь	5723	1110,10	338260
Індія	2721	832,05	175000
Китай	5515	1038,01	338260
Конго	290	128,36	16000
Польща	18418	1543,92	1369000
Україна	4836	1015,40	275598

По закордонним країнам показники зі стандарту ISO 13822

Рівняння (5) показує, що для взаємно незалежних відмов у наступні роки показнику надійності $\beta_n = 3,8$ при $n = 50$ відповідає $\beta_1 = 4,7$.

Але схема незалежних випробувань неявно передбачає розгляд певного зразка, випадково обраного з партії однотипних конструкцій і випадково розташованого в місці, де діють однакові закони ймовірності навантаження. А при аналізі технічного стану існуючої конструкції мова йде не про оцінку надійності системи даного типу взагалі, а про надійність конкретного екземпляра конструкції, що має певні властивості міцності, який встановлений в конкретній місцевості і експлуатується в певних умовах. І тут неможливо говорити про незалежність річних оцінок надійності.

Дійсно, якщо несуча здатність є випадковою величиною, про яку можна судити лише за її законом розподілу, то випробування виявляються незалежними лише тоді, коли після кожної проби (навантаження) конструкція замінюється новим екземпляром, взятим із тієї ж генеральної сукупності. Якщо ж послідовним випробуванням піддається один і той же зразок, то перед першим випробуванням про його міцність можна судити тільки на підставі знань про розподіл ймовірності, а зі збільшенням числа виконаних випробувань ми отримуємо все більшу інформацію про те, яка ж величина випадкової міцності була фактично реалізована. Особливо це відчувається при малій ймовірності відмови, коли сприятливий результат першого ж випробування містить дуже багато інформації про надійність системи.

Отже, випадки відмов у наступні роки є взаємозалежними. Тому рівняння (5) слід узагальнити. Для врахування кореляції відмов i . У роботі [13] було надано наступну процедуру коригування, що базується на методі перебору станів системи, що розглядається. Ймовірність відмови $P_f(x,i)$ саме у i -му році передбачає, що у попередніх $i-1$ роках відмови не було, тобто визначається геометричною прогресією:

$$P_f(x,i) = p_f(x) (1 - p_f(x))^{i-1} \quad (6)$$

знаменник котрої дорівнює $(1 - p_f(x))$, а початковий член $p_f(x)$ позначає ймовірність руйнування, яка залежить від вирішального параметра опору конструкції x . Зауважимо, що річні ймовірності відмов можна вважати незалежними, якщо на ймовірності відмов переважно впливають змінні в часі навантаження (кліматичні умови, транспортне навантаження).

Тоді ймовірність відмови $P_{f,n}(x)$ протягом n років можна оцінити сумою прогресії $P_f(x,i)$, заданої як

$$P_{f,n}(x) = 1 - (1 - p_f(x))^n \approx np_f(x) \quad (7)$$



Треба зауважити, що апроксимація, зазначена у рівнянні (7), є прийнятною для малої ймовірності $p(x) < 10^{-3}$. Цей спрощений вираз широко застосовується у практичних розрахунках послідовних високонадійних систем [16].

Коефіцієнт дисконтування очікуваних майбутніх витрат у році i розглядається у звичайній формі як

$$Q(q, t) = 1 / (1 + q)^t \quad (8)$$

Таким чином, під час приведення витрат до теперішнього часу очікувані збитки від руйнування $p(x)C_f$ дисконтуються на коефіцієнт $Q(q, i)$, що залежить від ставки дисконтування q і моменту часу (номер року i), коли відбувається відмова. Враховуючи рівняння (6) і (8), загальні витрати $C_{tot}(x, q, n)$ можна записати як

$$C_{tot}(x, q, n) = [C_f p_f(x)] \times P_Q(x, q, n) + C_0 + C_1 \quad (9)$$

Тут загальна сума очікуваних витрат на несправність протягом періоду n років залежить від добутку теперішньої вартості відмови C_f , річної ймовірності $p_f(x)$ і суми геометричної прогресії, яка має знаменник $[1 - p_f(x)] / (1 + q)$ і позначається як коефіцієнт часу $P_Q(x, q, n)$:

$$P_Q(x, q, n) = \frac{1 - [(1 - p_f(x)) / (1 + q)]^n}{1 - (1 - p_f(x)) / (1 + q)} \quad (10)$$

Загалом, загальна вартість $C_{tot}(x, q, n)$ залежить від витрат C_0 , C_b , C_f , річної ймовірності відмови $p_f(x)$, ставки дисконту q і від кількості років n . Можна помітити, що для малих ймовірностей відмови $p_f(x)$ і малої ставки дисконтування q коефіцієнт часу $P_Q(x, q, n) \approx n$.

З використанням $P_Q(x, q, n)$ у роботі [17] були обчислені індекси надійності β_{up} (за умов безпеки) і β_o (за умов мінімізації збитків), їхні значення наведені у таблиці 4.

Таким чином, показана можливість диференціювати надійність за критеріями безпеки і економічності в залежності від класу наслідків і терміну експлуатації.

Слід зауважити і про те, що схема незалежних випробувань використовується і при оцінках надійності послідовної системи, де використовується припущення про незалежність всіх її елементів, які мають ймовірність відмов $P_f = 1 - P_s$, і верхня межа ймовірності безвідмовності визначається ймовірністю працездатності найслабшої ланки:

$$\bar{P}_s = P_{s, i, \min} \quad (11)$$

Нижня межа безвідмовності визначається виразом:

$$\underline{P}_s = \prod_{i=1}^n P_{s, i} \quad (12)$$

Значення реальної безвідмовності має знаходитись між нижньою та верхньою межами

$$\underline{P}_s \leq P_s \leq \bar{P}_s \quad (13)$$

Але безвідмовність найменш надійного елемента можна розглядати лише за умови працездатності решти елементів, тобто потрібно розглядати умовну ймовірність

$$P_s = P_{s, i, \min} \prod_{i=1}^{n \cdot i} P_{s, i} \quad (14)$$

а безумовна ймовірність обчислюється множенням умовної ймовірності на ймовірність того, що умова виконується, тобто:

$$P_{s, n} = \left(P_{s, i, \min} \prod_{i=1}^{n \cdot i} P_{s, i} \right) \cdot \prod_{i=1}^{n \cdot i} P_s \quad (15)$$

Інакше кажучи, реальну оцінку ймовірності відмови системи можна визначити як суму ймовірностей лише одиночних відмов всіх елементів, вважаючи, що вони відбуваються при безвідмовності інших елементів, тобто

$$P_{f, n} = \sum_{i=1}^n \left(P_{s, i} \prod_{j=1}^{n \cdot i} P_{f, j} \right) \quad (16)$$

При відносно невеликій кількості елементів уточнення (16) майже не відрізняється від оцінки (5), але для багатоеlementної системи воно виявляється суттєвим навіть для високонадійної системи.

Більш формалізованим представлення роботи елемента при дії випадкового навантаження у вигляді схеми корельованих випробувань було розвинене у роботі [18] у форматі методу узагальненої коваріації. Згідно з ним, випадковий процес $\tilde{Y}(t)$, що описує функціонування конструктивного елемента, замінюється

Таблиця 4 – Оптимізовані значення індексу надійності

Термін	1 рік		5 років		15 років		30 років	
	β_{up}	β_o	β_{up}	β_o	β_{up}	β_o	β_{up}	β_o
СС1	3,1	3,1	2,8	2,6	2,8	2,2	2,8	1,9
СС2	4,2	4,2	3,8	3,8	3,5	3,5	3,4	3,4
СС3	4,8	4,8	4,5	4,5	4,2	4,2	4,1	4,1



послідовністю випадкових випадків (перерізів процесу) \tilde{Y}_k , між котрими враховуються парні коефіцієнти кореляції ρ_{kj} , за якими обчислюються усереднений та узагальнений коефіцієнти кореляції:

$$\rho_{mt} = \frac{2}{r(r-1)} \sum_{k < j} \rho_{kj}; \quad (17)$$

$$\rho \approx \rho_{mt} \left\{ 2 - \left[\rho_{mt} + \frac{(1 - \rho_{mt})(3 - \lg r)}{1 - 0,1\rho_{mt}^2(3 - \lg r)^2} \right] \right\} \quad (18)$$

де r – кількість розрахункових перерізів випадкової послідовності.

Імовірність безвідмовної роботи елемента за час t визначається приблизно як

$$P_s(t) \approx \rho P_{\min} + (1 - \rho) \prod_{k=1}^r P_{s,k} \quad (19)$$

де $P_{s,k}$ – ймовірність виконання умови безвідмовності в k -му перерізі випадкової послідовності.

ВРАХУВАННЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ІСТОРІЇ

Нехай відомо, що в процесі попередньої експлуатації конструкції був досягнутий певний рівень внутрішніх зусиль в елементах системи, котрому відповідав опір R_l , і при цьому не було ніяких відмов. Тоді можна врахувати лівостороннє усічення кривої розподілу випадкової величини опору, тобто зважати на те, що в розглянутому екземплярі конструкції фактично відсутня ймовірність зустріти величину розрахункового опору меншу, ніж R_l , тобто розглядати лише такі параметри опору, для котрих виконується умова $R \geq R_l$. Відповідна крива щільності ймовірності p_R перетворюється на криву $p_{R|R_l}$ (рис. 1).

Безумовно можна вважати, що напруження R_l відповідають значенням, що виникають під впливом дії зафіксованого постійного навантаження. Можуть ураховуватися і напруги від інших наван-

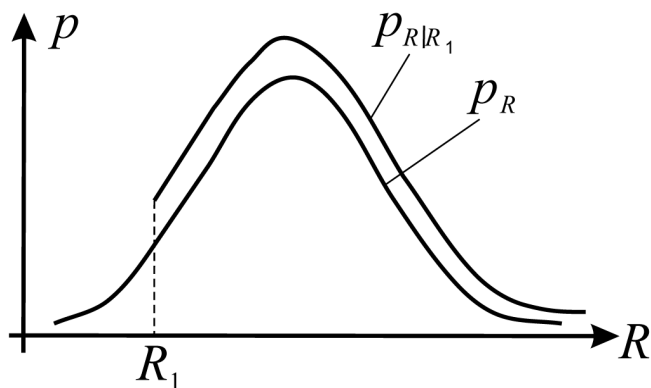


Рисунок 1 – Ефект лівостороннього усічення

тажень, якщо існують варті довіри відомості, що свідчать як про самі факти реалізації таких навантажень, так і містять достовірні відомості щодо їхніх фактичних характеристик.

Якщо використовується лівостороннє усічення, то крива щільності при $R \geq R_l$ має вигляд

$$p_{R|R_l}(R) = \mu_R \cdot p_R(R) \quad (20)$$

де коефіцієнт усічення

$$\mu_R = \frac{1}{1 - \int_0^{R_l} p_R(x) dx} = \frac{1}{1 - P_{R_l}(R)} \quad (21)$$

Тоді загальній вигляд формули для розрахунку ймовірності безвідмовного стану приймає форму

$$P_{R|R_l} = \int_{R_l}^{\infty} p_{R|R_l}(x) P_s(S) dx \quad (22)$$

де $P_s(S)$ інтегральна функція розподілу зусилля. Неважко бачити, що інтеграл у цьому виразі можна перетворити таким чином:

$$\begin{aligned} P_{R|R_l} &= \int_0^{\infty} p_{R|R_l}(R) \left[\int_0^R p_s(x) dx \right] dR = \\ &= \mu_R \left[\int_0^{\infty} p_R(R) P_s(S) dR - \int_0^{R_l} p_R(y) P_s(S) dy \right] = \mu_R [P_s - P_{s,1}]. \end{aligned} \quad (23)$$

Тут P_s є ймовірністю безвідмовного стану при відсутності усічення, а $P_{s,1}$ – ймовірність безвідмовного стану при опорах $R \geq R_l$.

УТОЧНЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ

Нехай у результаті випробувань n зразків отримані вибіркові значення середнього та середньоквадратичного ухилення:

$$\begin{aligned} \bar{R}_{test} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i, \\ \hat{R}_{test} &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R}_{test})^2} \end{aligned} \quad (24)$$

Відповідно до вказівок [19] мінімальне значення границі текучості визначається за формулою:

$$R_{\min} = \bar{R}_{test} - \alpha_n \hat{R}_{test} \quad (25)$$

де коефіцієнт α_n враховує обсяг вибірки n .

Коли кількість зразків відносно невелика, виникають певні сумніви в точності цього результату. З іншого боку, за деякими додатковими даними (хімічний аналіз, відомості про прийнятий у проекті клас сталі тощо) може бути встановлена марка сталі, і для цієї марки може існувати велика статистика, яка визначатиме апіорні харак-



теристики цієї генеральної сукупності $\bar{R}_{gen}, \hat{R}_{gen}$. Тоді на основі байєсовського підходу можна отримати апостеріорні значення, як середньозважені з вагами, пропорційними до точності апіорної та дослідної інформації [20, 21]:

$$\bar{R} = \frac{\bar{R}_{test} \hat{R}_{gen} + \bar{R}_{gen} \hat{R}_{test}}{\hat{R}_{gen} + \hat{R}_{test}},$$

$$\hat{R} = \sqrt{\frac{\hat{R}_{gen}^2 \cdot \hat{R}_{test}^2}{\hat{R}_{gen}^2 + \hat{R}_{test}^2}} \quad (26)$$

Якщо, наприклад, за даними випробувань п'яти зразків отримані значення $\bar{R}_{test} = 300$ МПа та $\hat{R}_{test} = 15$ МПа, а для генеральної сукупності відомі $\bar{R}_{gen} = 280$ МПа та $\hat{R}_{gen} = 10$ МПа, то матимемо

$$\bar{R} = \frac{280 \cdot 15 + 300 \cdot 10}{15 + 10} = 288 \text{ МПа}$$

і

$$\hat{R} = \sqrt{\frac{225 \cdot 100}{225 + 100}} = 8,32 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт варіації $V_{test} = 15/300 = 0,05$ зменшився до $V = 8,32/288 = 0,029$.

За методикою [19] мінімальне значення границі текучості, що розглядається як характеристичний опір R_k , розраховується як:

$$R_k = \bar{R} - \alpha_s \hat{R} \quad (27)$$

де коефіцієнт α_s , що відповідає кількості зразків s , дозволяє обчислити межу одностороннього толерантного інтервалу з ймовірністю того, що не менше ніж у 95% випадків можливе значення R буде не нижче цієї межі, при цьому рівень довіри до такого висновку дорівнює 0,95.

Логічно припускати, що використання апіорної інформації в певному сенсі подібне,

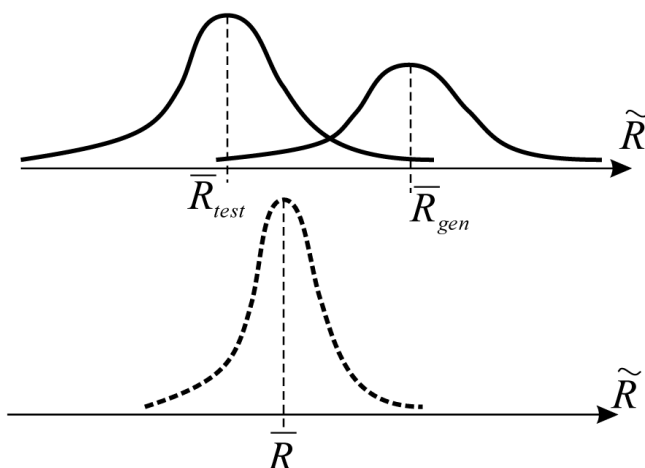


Рисунок 2 – Щільності розподілів

як мінімум, до залучення даних випробування ще одного зразка, тобто тоді замість $\alpha_s = 4,203$ будемо використовувати $\alpha_s = 3,708$. Тоді характеристичний опір $R_k = 300 - 4,203 \cdot 15 = 236,95$ МПа перетворюється на $R_k = 288 - 3,708 \cdot 8,32 = 257,15$ МПа.

Перехід до розрахункового опору R_d виконується за допомогою коефіцієнту надійності за матеріалом $\gamma_m = 1,1$. Прийняте у нормах значення відповідає коефіцієнту варіації $V = 0,08$, що належать до будівельних сталей «взагалі», і індексам надійності 1,64 для характеристичного значення та 2,5 для розрахункового значення, що дає:

$$\gamma_m = \frac{R_k}{R_d} = \frac{1 - \beta_k V}{1 - \beta_d V} = \frac{1 - 2,5 \cdot 0,08}{1 - 1,64 \cdot 0,08} \approx 1,1$$

Виникає пропозиція для корегування γ_m з використанням зменшеного коефіцієнта варіації. Тоді будемо мати

$$\gamma_m = \frac{1 - \beta_k V}{1 - \beta_d V} = \frac{1 - 2,5 \cdot 0,029}{1 - 1,64 \cdot 0,029} = 0,974$$

У загальному випадку досить обережно можна рекомендувати використовувати значення $\gamma_m = 1,05$ у тих випадках, коли згідно з даними випробувань $V_{test} \leq 0,04$.

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕВІРКИ СТІЙКІСТІ ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ

Щодо використання уточнених тут властивостей матеріалу, то слід зауважити, що перевірка несучої здатності за першим граничним станом виконується із застосуванням розрахункових (знижених) значень характеристик міцності, в припущенні, що відхилення механічних характеристик такого роду має хоч і малу, але певну ймовірність, і може бути реалізовано саме в перерізі. Але загальний розрахунок конструкції, характерний для перевірок за особливим граничним станом, не може припускати, що всі без винятку елементи конструкції мають такі знижені характеристики.

Але статичний чи динамічний розрахунок системи загалом, наприклад, при перевірці стійкості до прогресуючого обвалення, коли визначаються компоненти напружено-деформованого стану, з використанням гіпотези, що всі без винятку розрахункові перерізи мають найгірші параметри якості матеріалу, навряд чи може використовуватися. Реалізація вказаної гіпотези, мабуть, має зникаюче малу ймовірність.

Крім того, перевірку на прогресуюче обвалення рекомендовано виконувати у фізично нелінійній постановці, яка базується на більш складному сценарії переходу в граничний стан і передбачає послідовне руйнування кількох кон-



структивних елементів, аж до перетворення споруди у змінну систему. Елементарний розрахунок з використанням концепції повної ймовірності подій показує, що ймовірність послідовного руйнування навіть двох елементів (не кажучи вже про кілька елементів) істотно нижча, ніж така ймовірність для одного елемента. Тому природно, що у розрахунку на особливий граничний стан використовуються не розрахункові, а нормативні значення опорів. Крім того, норми припускають можливість їхнього підвищеного значення, для чого використовуються додаткові коефіцієнти умов роботи, значення яких більші за одиниці, що можна вважати обґрунтованим.

Тут доречно вказати, що пунктом 2.1.(1) [23] визначено, щоб при розгляді граничного стану НС (поблизу руйнування) існуючих конструкцій використовувалися середні значення властивостей матеріалів, отримані з виконаних на місці випробувань чи із додаткових джерел інформації.

УРАХУВАННЯ ВІДОМОЇ ЧАСТИНИ НАВАНТАЖЕННЯ

У загальному випадку працездатність (безвідмовність) конструкції визначається тим, що випадкова величина параметра навантаження \tilde{F} не перевищує випадкової величини параметра опору \tilde{R} , або до виконання нерівності $\tilde{R} - \tilde{F} \geq 0$. При оцінці надійності перевіряється ймовірність виконання цієї нерівності

$$P_s(\tilde{R} - \tilde{F} \geq 0) \quad (28)$$

У діючих нормах проектування розрахункова вимога безвідмовності формулюється у формі нерівності $R_d/\gamma_n \geq F_d$, де використовуються розрахункові значення опору R_d та навантажувального ефекту F_d , враховується коефіцієнт відповідності γ_n . Розрахункові значення пов'язані з відповідними випадковими значеннями як $F_d = a\tilde{F}$, $R_d = b\tilde{R}$.

Вимоги надійності, що відповідають нормам, приймають вигляд

$$P_s\left(\frac{a\tilde{F}}{\gamma_n} \leq b\tilde{R}\right) \geq P^{ex} \quad (29)$$

або з використанням індексу надійності [26]

$$\frac{\beta_R V_R + \beta_F V_F + \ln \gamma_n}{\sqrt{V_R^2 + V_F^2}} \geq \beta^{ex} \quad (30)$$

Коефіцієнти β_R і β_F є частковими індексами надійності, що визначають розрахункові значення опору і навантажувального ефекту, за рекомендаціями [1, 2] вони визначаються як $\beta_R = 0,8$ і $\beta_F = 0,7$.

Коли розглядається надійність проектованої конструкції, то відносно величин \tilde{F} і \tilde{R} є

лише статистична інформація, подана у формі деякої ймовірнісної моделі. Але при аналізі технічного стану обстежуваної конструкції йдеться про надійність існуючого конкретного екземпляра конструкції. Для такої конструкції вже реалізувалися конкретні властивості міцності, а також реалізована певна частина навантажень G (наприклад, від власної ваги несучих і огорожувальних конструкцій), яку вже не слід вважати випадковою.

Тоді, аналізуючи надійність, замість (29) слід розглядати ймовірність

$$P_s\left(b\tilde{R}_0 - G \geq \frac{a\tilde{F}_1}{\gamma_n}\right) \geq P^{ex} \quad (31)$$

де через \tilde{F}_1 позначені навантаження, не враховані у детерміністичній частині навантажень G , а статистичні параметри опору \tilde{R}_0 уточнені за даними проведеного обстеження. Умові (4) відповідає перевірка

$$\frac{\beta_R V_{R_0} - G + \beta_F V_{F_1} + \ln \gamma_n}{\sqrt{V_{R_0}^2 + V_{F_1}^2}} \geq \beta^{ex} \quad (32)$$

Ефективність такого підходу проілюструємо наступним прикладом. Припустимо, наприклад, що за даними проекту конструкція має параметри опору

$\bar{R} = 300$, $\hat{R} = 10$ МПа і передбачає ефект навантаження з параметрами $\bar{F} = 160$, $\hat{F} = 33,11$ МПа. Якщо коефіцієнт $\gamma_n = 1,00$, то за цих даних індекс надійності мав би бути таким:

$$\beta_0 = \frac{300 - 160}{\sqrt{10^2 + 33,11^2}} = 4,05$$

Нехай під час обстеження з'ясовано, що у складі \bar{F} є частка постійного навантаження $G = 70$ МПа, мінливість тимчасових навантажень характеризується параметрами $\bar{F}_1 = \bar{F} - G = 90$, $\hat{F}_1 = 38$, а параметри опору одержали значення $\bar{R} = 280$, $\hat{R} = 7$. Тоді індекс надійності визначиться як:

$$\beta_1 = \frac{280 - 70}{\sqrt{7^2 + 38^2}} = 5,51$$

Якщо розглянути змінне снігове навантаження, то слід відмітити, що послідовності річних максимумів ваги снігового покриву дають можливість короткострокового (на один-два роки вперед) передбачення величини снігового навантаження на основі застосування методів прогнозування випадкових процесів. Отримані результати можуть бути використані у перехідних розрахункових ситуаціях (період зведення, капітального ремонту або реконструкції будівельного об'єкта),



а також при оцінюванні технічного стану і надійності конструкцій, що експлуатуються.

Наприклад, якщо здатність конструкції покриття не відповідає вимогам норм проектування при врахуванні повного розрахункового снігового навантаження, її слід перевірити на дію навантаження, прогнозованого за даними найближчих метеостанцій на 1–2 роки вперед. Якщо момент прогнозу потрапляє на період малосніжних зим, прогнозоване розрахункове значення може бути дещо нижче повного розрахункового значення снігового навантаження [22]. При достатній несучій здатності конструкції по відношенню до прогнозованого навантаження можна дозволити її експлуатацію протягом однієї-двох зим і в цей час виконати комплекс підготовчих робіт із її заміни або посилення. Такий підхід може дати деякий час для виконання якісного посилення несучих конструкцій покриттів та значну економію експлуатаційних витрат.

Технологічні навантаження, зокрема навантаження від мостових кранів, можуть регулюватися у менший бік для забезпечення необхідної надійності пошкоджених конструкцій. Назвемо тут такі прийоми, як обмеження навантажувальності кранів, збільшення дистанцій при зближенні кранів, збільшення можливого віддалення візків кранів від ряду колон. Останній прийом допускається діючими нормами навантажень і забезпечує зниження вертикального навантаження від мостових кранів загального призначення на 6–24% при обмеженні наближення візка відповідно на 0,1–0,4 прольоту кранів.

ВПЛИВ РІВНЯ ІНФОРМОВАНOSTI

Дуже повчальним є запропонований у [23] прийом урахування неповноти знань щодо властивостей конструкції, надійність котрої аналізується. Доступність існуючих конструкцій для виконання робіт з їх обстеження, ступінь деталізації обстежень, використання непрямих вимірів при визначенні фізичних властивостей матеріалів, впливи інших чинників об'єктивно впливають на вірогідність даних, що використовуються під час оцінки несучої здатності. Єврокод [23] умовно визначає три рівні знань:

- KL1: Обмежене знання,
- KL2: Звичайне знання,
- KL3: Повне знання.

Якісна оцінка впливу достовірності вихідних даних, на яких ґрунтуються перевірки,

здійснюється через те, що крім часткових коефіцієнтів надійності γ_f і γ_m додатково вводяться, так звані коефіцієнти невизначеності (CF), що залежать від рівня знань (табл. 5).

Таблиця 5 – Класифікація рівня знань

Рівень знань	Джерело відомостей про:		Коефіцієнт CF
	геометрію і конструктивні рішення	властивість матеріалів	
KL1	З будівельних креслень з вибірковими чи повними вимірами та з обмеженням або з вичерпаним оглядом на місці	Значення, використані за умовчанням, відповідно до стандартів, діючих під час будівництва, і з обмежених випробувань на місці	1,35
KL2		З оригінальних проектних технічних умов з обмеженими випробуваннями на місці або з розширених випробувань на місці	1,20
KL3		З оригінальних протоколів випробувань з обмеженням випробуванням на місці або з вичерпаним випробуванням на місці	1,00

При визначенні властивостей існуючих матеріалів, які повинні використовуватися при розрахунку характеристик міцності, значення, отримані з випробувань чи з додаткових джерел інформації, мають бути розділені на коефіцієнт довірчої вірогідності CF, наданий у таблиці 5 для відповідного рівня знання.

На нашу думку, у відповідному нормативному документі треба визначити обов'язковість одержання того чи іншого рівня знань з врахуванням класу конструкції за відповідальністю (CC1, CC2 чи CC3). Значення коефіцієнту невизначеності CF, що наведені у таблиці 5, відповідають сейсмічним нормам [23] і потребують уточнення при використанні в ситуаціях, відмінних від сейсмічних. Навряд чи це можливо теоретично обґрунтувати, і, скоріше, тут потрібне експертне рішення.

ВИСНОВКИ

Виявлені невіршені питання, пов'язані із особливостями оцінювання надійності існуючих та пошкоджених конструкцій. Обґрунтовується можливість для існуючих конструкцій використовувати нижчі цільові показники надійності, якщо вони можуть бути виправдані на основі



економічних, соціальних та екологічних міркувань. Проведено розрахунки індексу якості життя LQI, побудовані за даними української статистики. Показана можливість диференціювати надійність за критеріями безпеки і економічності в залежності від класу наслідків і терміну експлуатації. Підкреслюється важливість при оцінюванні надійності існуючих конструкцій прийняття до уваги попередньої експлуатації конструкцій та уточнення властивостей матеріалу і навантажень. Особливо виділяється запропонований в [23] прийом урахування неповноти знань щодо властивостей конструкції, надійність якої аналізується.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ISO 2394:1998. General principles on reliability of structures. – International Organization for Standardization. ISO, Geneva, Switzerland. – 1998.
2. EN 1990. Basis of Structural Design – Brussels: Eurocode European Committee for Standardization. – 2002. – 89 p.
3. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи. – К.: Міністерство розвитку громад та територій України. – 2018. – 67 с.
4. Пичугин С.Ф. Надежность стальных конструкций производственных зданий / С.Ф. Пичугин. – М.: Изд-во АСВ. – 2011. – 456 с.
5. ISO 2394: 2015. General principles on reliability of structures. – ISO, Geneva, Switzerland. – 2015.
6. ДБН В.1.2-6:2022. Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість. – К.: Міністерство розвитку громад та територій України. – 2022. – 56 с.
7. ISO 13822. Basis for design of structures – Assessment of existing structures. – ISO, Geneva, Switzerland. – 2001.
8. Hingorani R. Structural safety requirements based on risks to person / R. Hingorani, P. Tenner // Special Workshop on Risk Acceptance and Risk Communication – March 26-27, 2007. – Stanford University.
9. Holický M. Reliability levels related to different reference periods and consequence classes / M. Holický, D. Diamantidis, M. Sýkora // Beton und Stahlbetonbau. – 2018. – Vol. 113(1). – P. 22 –26.
10. Lu D. Global seismic reliability. Analysis of building structures based on system / D. Lu, P. Yu. Song // Level Limit States. – Oct. 12-17, 2008. – Bijjing, China.
11. Oehme P. Schäden an Stahltrawerken: Statistische Schadensanalyse unter Deachtung juristischer Aspekte / P. Oehme.– Berlin:

- Bauinformation. – 1990. – 40 s.
12. Pichugin Sergiy. Building Accident Causes at a Stage of Construction and Acceptance in Operation / Sergiy Pichugin, Lina Dmytrenko // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7, No 3.2 – Pp. 311 – 315. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14426
 13. Holický, M. Optimisation of the target reliability for temporary structures / M. Holický // Civil Engineering and Environmental Systems.– 2013. – Vol. 30, No. 2, – P. 87 – 96.
 14. Статистичний щорічник України за 2020 рік. – Київ: Держстат України. – 2021. – 453 с.
 15. Fischer K. Optimal and acceptable reliabilities for structural design / K. Fischer, C. Viljoen, J. Kähler, M.H. Faber // Structural Safety. – 2019. – Vol. 76. – P. 149 – 161.
 16. Пичугін С.Ф. Розрахунок надійності будівельних конструкцій / С.Ф. Пичугін. – Полтава: ТОВ «АСМІ». – 2016. – 269 с.
 17. Steenbergen R. Economic and human safety reliability levels for existing structures / R. Steenbergen, M. Sýkora, D. Diamantidis, M. Holický, T. Vrouwenvelder // Structural Concrete. – 2015. – Vol.16(3). – P. 323 – 332.
 18. Кудзис А.П. Оценка надежности железобетонных конструкций / А.П. Кудзис. – Вильнюс: Моклас. – 1985. –156 с.
 19. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. – К.: Мінрегіон України. – 2016. – 80 с.
 20. Закс Ш. Теория статистических выводов / Ш. Закс. – М.: Мир. – 1975. – 776 с.
 21. Ароне Р.Г. Обеспеченность нормативных и расчетных сопротивлений в строительных сталях / Р.Г. Ароне, М.Р. Урицкий // Строительная механика и расчет сооружений. – 1970. – №3. – С. 35 – 39.
 22. Перельмутер А.В. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / А.В. Перельмутер, В.Н. Гордеев, А.И. Лантух-Лященко, А.В. Махинько, В.А. Пашинский, С.Ф. Пичугин. Под общей ред. А.В Перельмутера. – 4-е изд., перераб. – М.: Изд-во СКАД СОФТ, изд-во АСВ, изд-во ДМК Пресс. – 2014. – 596 с.
 23. EN 1998-3. Design of structures for earthquake resistance – Part 3: Assessment and retrofitting of buildings. – Brussels: Eurocode European Committee for Standardization. – 2018. – 91 p.

REFERENCES

1. ISO 2394:1998 (1998). General principles on reliability for structures. International Organization for Standardization, ISO, Geneva, Switzerland.



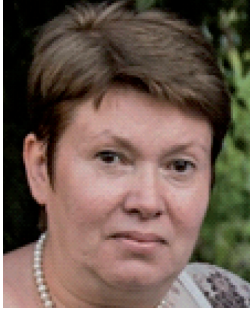
2. EN 1990 (2002). Basis of Structural Design. Brussels: Eurocode European Committee for Standardization.
3. DBN B.1.2-14: 2018. (2018). System for ensuring the reliability and safety of construction sites. General principles. K.: Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine [in Ukraine].
4. Pichugin S.F. (2011). Reliability of industrial building steel structures. M.: ASV [in Russian].
5. ISO 2394:2015 (2015). General principles on reliability of structures. ISO, Geneva, Switzerland.
6. DBN B.1.2-6: 2022 (2022). Basic requirements for buildings and structures. Mechanical resistance and stability. K.: Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine [in Ukraine].
7. ISO 13822 (2001). Basis for design of structures –Assessment of existing structures. ISO, Geneva, Switzerland.
8. Hingorani R., Tenner P. (2007). Structural safety requirements based on risks to person. Special Workshop on Risk Acceptance and Risk Communication. Stanford University, March 26-27.
9. Holický M., Diamantidis D., Sýkora M. (2018). Reliability levels related to different reference periods and consequence classes. *Beton und Stahlbetonbau*, Vol. 113(1), 22 –26.
10. Lu D, P. Yu. Song (2008). Global seismic reliability. Analysis of building structures based on system. Level Limit States. Beijing, China. Oct. 12 – 17.
11. Oehme P. (1990). *Schäden an Stahltrawerken: Statistische Schadensanalyse unter Deachtung juristischer Aspekte*. Berlin: Bauinformation.
12. Pichugin Sergiy, Dmytrenko Lina (2018). Building accident causes at a stage of construction and acceptance in operation. *International Journal of Engineering & Technology*. Vol. 7, No 3.2, 311 – 315. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14426
13. Holický, M. (2013). Optimisation of the target reliability for temporary structures. *Civil Engineering and Environmental Systems*. Vol. 30, No. 2, 87 – 96.
14. *Statistical Yearbook of Ukraine for 2020*. (2021). Kyiv: State Statistics Service of Ukraine [in Ukraine].
15. Fischer K., Viljoen C., Kähler J., Faber M.H. (2019). Optimal and acceptable reliabilities for structural design. *Structural Safety*. Vol. 76, 149 – 161.
16. Pichugin S.F. (2016). Reliability calculation of building structures. Poltava: ASMI [in Ukraine].
17. Steenbergen R., Sýkora M., Diamantidis D., Holický M., Vrouwenvelder T. (2015). Economic and human safety reliability levels for existing structures. *Structural Concrete*. Vol.16(3), 323 – 332.
18. Kudzis A.P. (1985). Reliability assessment of reinforced concrete structures. Vilnius: Mokslas.
19. DSTU B V.2.6-210:2016. (2016). Assessment of the technical condition of steel building structures in operation. K.: Ministry of the Region of Ukraine [in Ukraine].
20. Zaks Sh. (1975). Theory of statistical inference. M.: Mir.
21. Arone R.G., Uritsky M.R. (1970). Security of normative and design resistances in building steels. *Structural mechanics and calculation of structures*. №3, 35 – 39.
22. Perelmutter A.V., Gordeev V.N., Lantukh-Lyashchenko A.I., Makhinko A.V., Pashinsky V.A., Pichugin S.F. (2014). Loads and loadings on buildings and structures. Under the general editorship A.V. Perelmutter. 4th ed., revised. M.: SKAD SOFT, ASV, DMK Press.
23. EN 1998-3. (2018). Design of structures for earthquake resistance. Part 3: Assessment and retrofitting of buildings. Brussels: Eurocode European Committee for Standardization.

Стаття надійшла до редакції 12.02.2023 року



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-1-2023-4>

УДК 692.624.04/07



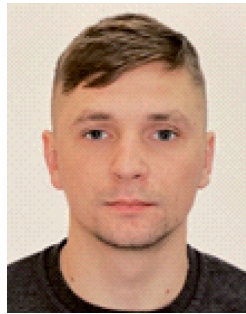
СЕРГІЙЧУК В.А.
Завідувач відділу
ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна
e-mail: vikserg6851@gmail.com
тел. +38 (050) 415-35-62
ORCID: 0009-0009-6915-3447



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



БЕЛОКОНЬ А.М.
Інженер I категорії
ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна
e-mail: abelokon1407@gmail.com
тел. +38 (097) 355-14-07
ORCID: 0000-0003-1840-2107



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

ОСОБЛИВОСТІ ОБСТЕЖЕННЯ ТА ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ, ПОШКОДЖЕНОГО ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ, ЩОДО ЙОГО ПРИДАТНОСТІ ДО ПОДАЛЬШОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

АНОТАЦІЯ

24 лютого 2022 р. відбулося повномасштабне вторгнення військ російської федерації на територію України. Наслідком стало руйнування та пошкодження великої кількості будівель і споруд, які зазнали ударно-вибухових та вогневих уражень, не характерних для подальшої експлуатації за призначенням. Одним із таких об'єктів, що зазнав значних пошкоджень, є житловий будинок по вул. Толстого, 122, в м. Чернігів. В статті проаналізовано наслідки руйнування житлового будинку, розглянуті особливості обстеження, визначення та оцінка технічного стану будівельних конструкцій, запропоновані технічні рішення для відновлення експлуатаційної придатності будинку.

В результаті пошкоджень внаслідок військових дій у житловому будинку відбулася пожежа, що призвела до руйнування несучих конструкцій 3-4-го поверхів житлового будинку. З метою оцінки технічного стану несучих і огорожувальних конструкцій та інженерних систем будинку виконано візуальне та інструментальне обстеження, за результатами якого складено схеми розташування пошкоджень і руйнувань конструкцій, відомість зафіксованих дефектів та пошкоджень об'єкта.

За результатами проведених випробувань зразків цегли, відібраних зі стін житлового будинку, було встановлено: середня міцність на згин



зразків цегли – 2,2 МПа (22,18 кгс/см²); середня міцність на стиск зразків цегли – 6,2 МПа (63,53 кгс/см²), що є нижче регламентованої марки згідно з табл. 5.3 [13]. Також було проведено випробування бетону залізобетонних плит перекриття методом пружного відскоку, що показало значення класу міцності бетону на стиск нижче регламентованого, згідно з таблицею 4.7 [19]. Клас міцності бетону на стиск у плитах перекриття нижче регламентованого (C12/15) для конструкцій із нормальним режимом експлуатації згідно з табл. 4.1 [19].

Перевірні розрахунки показали, що несуча здатність зовнішніх стін, пошкоджених внаслідок пожежі, не забезпечена, але несуча здатність всіх інших стін, які не зазнали вогневих пошкоджень, – забезпечена.

За класифікаційними ознаками встановлено, що будинок можна віднести до II-ї категорії пошкоджень згідно з [3]. У будинку наявні характерні пошкодження несучих та огорожувальних конструкцій, ступінь та характер яких свідчить про необхідність виконання робіт щодо часткового демонтажу частин об'єкта, або його окремих конструкцій (далі – частковий демонтаж) та подальшого відновлення, підсилення його окремих несучих та огорожувальних конструкцій. Загальний технічний стан будинку слід кваліфікувати як «не придатний до нормальної експлуатації» (категорія 3 згідно з [1]), оскільки в ньому наявні конструкції, які відносяться до 3-ї категорії технічного стану.

До загальних рекомендацій щодо відновлення експлуатаційної придатності і надійної та безпечної подальшої експлуатації відносяться: першочергове влаштування тимчасових стійок підсилення пошкоджених плит в квартирах; підсилення пошкодженої цегляної кладки простінків та дверних прорізів шляхом влаштування металевих об'ємів; демонтаж пошкоджених плит перекриття з влаштуванням нових монолітних. Перекриття над 4-м поверхом можна виконати з альтернативних дерев'яних або металевих конструкцій, відновити зруйновані перегородки в квартирах, відновити опорядження стін та стелі, а також відновити інженерні системи водопостачання (холодне, гаряче), водовідведення опалення, електропостачання та газопостачання в квартирах, які зазнали пошкоджень.

В інших приміщеннях, які не зазнали пошкоджень, проживання мешканців можливе.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: житловий будинок, технічний стан, інструментальні дослідження, перевірні розрахунки, технічні рішення щодо підсилення, відновлення будівельних конструкцій.

DETAILS OF THE SURVEY AND ASSESSMENT OF THE STATE OF RESIDENTIAL BUILDING DAMAGED DUE TO MILITARY ACTIONS. SUITABILITY FOR FURTHER OPERATION

ABSTRACT

On February 24, 2022, a full-scale invasion of the troops of the Russian Federation into the territory of Ukraine took place. The result was the destruction and damage of a large number of buildings and structures that suffered explosive and fire damage, not typical for further operation as intended. One of the objects that received significant damage is a residential building at 122 Tolstogo Street in Chernihiv. The article analyzes the destruction of a residential building, considers the features of the survey, determines the technical condition of building structures, and proposes technical solutions for restoring the usability of the building.

As a result of damage due to hostilities, a fire broke out in the house, which led to the destruction of the supporting structures of the 3rd and 4th floors of the residential building. Visual and instrumental examination was carried out to assess the technical condition of the supporting structures, building envelope and technical systems of the building with fixation of damages and defects with recommendations on the possibility of its further reliable operation for its intended purpose.

According to the results of the survey, diagrams of the location of damage and destruction of structures, a list of fixed defects and damage to the object were drawn up, instrumental methods of examination and verification calculations of the supporting structures of the building were performed.

Based on the results of tests of brick samples taken from the walls of a residential building, it was found that the average bending strength of brick samples is 2.2 MPa (22.18 kgf / cm²); the average compressive strength of brick samples is 6.2 MPa (63.53 kgf / cm²), which is lower than the regulated grade according to Table. 5.3 DSTU B V.2.7-61:2008.

The concrete of reinforced concrete floor slabs was also tested by the rebound resilience method, which as a result gave a value to the concrete compressive strength class lower than that regulated according to table 4.7 of DSTU B V.2.7-176:2009. The compressive strength class of concrete in floor slabs is lower than the regulated one (C12 / 15) for structures with normal operation according to Table. 4.1 [19].

Verification calculations showed that the load-bearing capacity of the external walls damaged as a result of the fire was not ensured, but the load-bearing capacity of all other walls that were not damaged was ensured.

According to the classification criteria, it was found that the building can be attributed to the II category of damage according to [3]. The building has damage to the load-bearing structures and building envelope, the degree and nature of which indicates the need to perform work on the partial dismantling of parts of the object or its individual structures (hereinafter referred to as partial dismantling) and subsequent restoration, strengthening of its individual load-



bearing structures and building envelope. The general technical condition of the house should be qualified as “not suitable for normal use” (category 3 according to [1]), since it contains structures belonging to the 3rd category of technical condition.

General recommendations for restoring operational suitability and reliable and safe further operation include: first of all, arrange temporary bearers for strengthening damaged slabs in apartments, reinforce damaged brickwork of walls and doorways by installing metal clips, dismantle damaged floor slabs and arrange monolithic. The ceiling above the 4th floor can be made of alternative wooden or metal structures, it is possible to restore the destroyed partitions in the apartments, restore the wall and ceiling finishes, as well as restore the technical systems of water supply (cold, hot), heating, electricity and gas supply in the affected apartments that were damaged. It is technically possible to live in other premises that have not received damage.

KEYWORDS: residential building, technical condition, instrumental examination, verification calculations, technical solutions for strengthening, restoration of building structures.

ВСТУП

На сьогодні війна на території України вже залишила (і продовжує залишати) жахливі наслідки – пошкоджені та зруйновані (повністю або частково) житлові та громадські будівлі. Перед державою вже зараз, не чекаючи завершення бойових дій, постає гостре питання швидкого відновлення пошкодженого житлового фонду. Для виконання робіт з оцінки технічного стану пошкоджених житлових будинків і масштабів їх пошкодження, а також оцінювання можливості їх відновлення, визначення переліку робіт з ремонту, відновлення або підсилення конструкцій (а також, за потреби, з демонтажу конструкцій будівлі) було залучено фахівців ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП НДІБК).

Внаслідок військових дій було пошкоджено житловий будинок по вул. Толстого, 122, у м. Чернігів.

Для визначення технічного стану житлового будинку та можливості його подальшої експлуатації за призначенням у жовтні-листопаді 2022 року співробітниками ДП НДІБК виконано візуальні та інструментальні обстеження з розробкою рекомендацій щодо виконання протиаварійних і ремонтних робіт.

МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є оцінка технічного стану несучих і огорожувальних конструкцій та інженерних систем житлового будинку з фіксацією пошкоджень та дефектів з рекомендаціями щодо можливості його подальшої надійної експлуатації за призна-

ченням.

Для досягнення цієї мети було поставлено наступні задачі досліджень:

- ознайомлення з наявною технічною документацією (проектною, виконавчою) та її аналіз;
- візуальні та інструментальні обстеження несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та інженерних систем з фіксацією дефектів і пошкоджень;
- оцінка технічного стану пошкоджених конструкцій, характеру і масштабів їх пошкодження;
- аналіз конструктивних рішень, перевірка основних геометричних параметрів несучих елементів;
- виконання інструментальних досліджень фактичної міцності матеріалів несучих конструкцій (бетону та цегли);
- перевірні розрахунки несучих та огорожувальних конструкцій, пошкоджених внаслідок пожежі;
- оцінювання можливості відновлення пошкоджених несучих та огорожувальних конструкцій;
- розробка рекомендацій щодо можливості забезпечення надійної експлуатації житлового будинку за призначенням після ліквідації пошкоджень та визначення переліку робіт з ремонту, відновлення або підсилення конструкцій, а також, за потреби, з демонтажу конкретних конструкцій.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Обстеження та визначення технічного стану житлового будинку виконувалося у відповідності до вимог [1, 3].

Інструментальні дослідження міцності бетону виконувались методом пружного відскоку, випробування на стиск і згин зразків цегли, відібраних зі стін житлового будинку, шляхом механічного випробування.

Перевірні розрахунки несучої здатності зовнішніх стін будинку виконані згідно з [4, 5].

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Об'єктом обстеження є житловий будинок по вул. Толстого, 122, в м. Чернігів. Будинок прямокутної форми в плані (рис. 1), чотирьохповерховий, має орієнтовні розміри в плані 66,0x12,5 м. Висота будинку – 14,0 м.

За конструктивною схемою будинок відноситься до безкаркасних споруд з несучими поздовжніми стінами. Геометрична незмінність та просторова жорсткість забезпечується сумісною роботою несучих стін та горизонтальних дисків залізобетонних перекриттів. Фундаменти залізобетонні стрічкові. Міжповерхові перекриття – залізобетонні плити

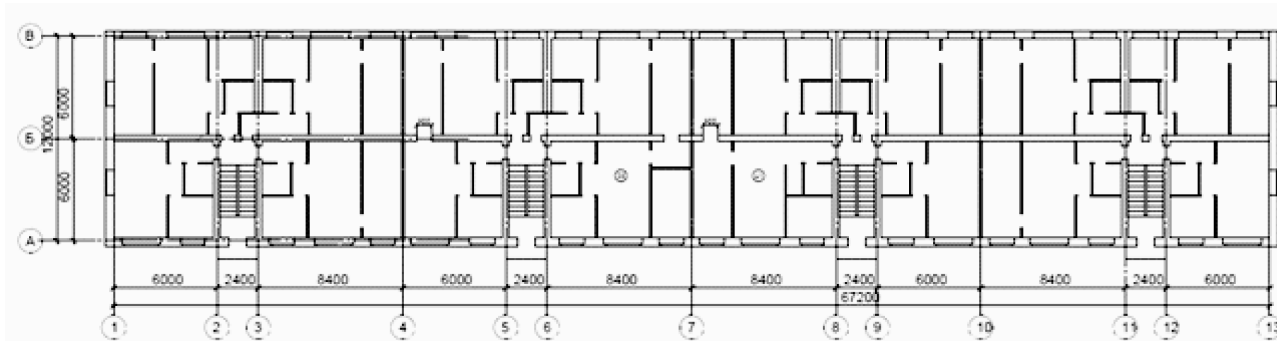


Рисунок 1 – План типового поверху житлового будинку по вул. Толстого, 122, в м. Чернігів

заводського виготовлення, які опираються на поздовжні несучі цегляні стіни. Зовнішні стіни виконані з керамічної цегли на цементно-піщаному розчині. Цегляна кладка виконана по ланцюговому типу, в перерізі наявна перев'язка всіх швів з розташованою вище цеглою. Товщина несучих стін складає 380 мм та 510 мм. Перегородки – дерев'яні, цегляні, товщина перегородок становить 65 мм (керамічна цегла встановлена на ребро). Дах – вальмовий, нахилені двоскатні дерев'яні крокви з дощатим решетуванням під покрівлю з азбестоцементних листів. Вимощення по периметру будівлі асфальтобетонне. Перемички – залізобетонні збірні. Сходові клітки – збірні залізобетонні марші та сходові площадки. Віконні заповнення – металопластикові та дерев'яні рами зі склінням. Дверні заповнення – дерев'яні та металопластикові. Підлога – цементно-піщана стяжка з покриттям з керамічної плитки, лінолеуму, паркету або ламінату. Внутрішні поверхні стін обштукатурені, обклеєні шпалерами, забарвлені клейовими і водоемульсійними фарбами. Стелі внутрішніх приміщень в окремих місцях опоряджені підвісними елементами і мають водоемульсійне забарвлення. Дворовий фасад без опорядження – цегляна кладка під розшивку. Житловий будинок підключено до централізованих мереж водопостачання і водовідведення, електропостачання, газопостачання і тепlopостачання.

РЕЗУЛЬТАТИ ВІЗУАЛЬНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Під час візуального обстеження було виконано детальний огляд будівельних конструкцій, проводились виміри геометричних параметрів перетинів конструктивних елементів. Огляд технічного стану будівельних конструкцій проводився у жовтні-листопаді 2022 року зсередини та зовні у всіх доступних для огляду місцях.

Під час візуального обстеження виявлені наступні характерні дефекти та пошкодження:

- відшарування опорядження стелі 2-го поверху кв. 37;

- розшарування, вогневе пошкодження кладки від пожежі на глибину до 20 мм, кіптява на поверхні конструкцій внаслідок пожежі (3-й поверх, кв. 28) (рис. 2);
- руйнування опорядження стін та стелі, розшарування, вогневе пошкодження кладки від пожежі на глибину до 20 мм, кіптява на поверхні конструкцій внаслідок пожежі (4-й поверх, кв. 32, 3-й поверх, кв. 42) (рис. 3);
- руйнування опорядження стін, розшарування цегляної кладки, кіптява на поверхні конструкцій внаслідок пожежі (4-й поверх, кв. 46, 63) (рис. 4);
- кіптява на поверхні конструкцій перекриття внаслідок пожежі, тріщини на плитах пере-



Рисунок 2 – Розшарування, вогневе пошкодження кладки від пожежі на глибину до 20 мм, кіптява на поверхні конструкцій внаслідок пожежі (3-й поверх, кв. 28)



Рисунок 3 – Руйнування опорядження стін та стелі, розшарування, вогневе пошкодження кладки від пожежі на глибину до 20 мм, кіптява на поверхні конструкцій внаслідок пожежі (4-й поверх, кв. 32)



Рисунок 4 – Руйнування опорядження стін, розшарування, вогневе пошкодження кладки від пожежі на глибину до 20 мм, кіптява на поверхні конструкцій внаслідок пожежі (4-й поверх, кв. 46)

криття (2-й поверх, кв. 5, 4-й поверх, кв. 32).

Враховуючи наявні пошкодження конструкцій (згідно з [1]), їх технічний стан слід кваліфікувати:

- цегляні стіни – 3 категорія (не придатні до нормальної експлуатації);
- перекриття – 3 категорія (не придатні до нормальної експлуатації);
- інженерні системи в квартирах, пошкоджених внаслідок пожежі, (кв. 5, 28, 32, 42, 46, 63)
- 3 категорія (не придатні до нормальної експлуатації).

За результатами проведеного обстеження складені схеми розташування пошкоджень і руйнувань конструкцій та відомість пошкоджень. Приклад схеми руйнувань і пошкоджень конструкцій будинку наведено на рисунках 5, 6.

З урахуванням даних, що наведені у відомості пошкоджень, квартири, які отримали значні пошкодження несучих та огорожувальних конструкцій внаслідок військових дій та виникнення пожежі, не могли експлуатуватись.

РЕЗУЛЬТАТИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

На досліджуваному об'єкті були проведені неруйнівні та лабораторні визначення міцності бетону та цегли.

а) Визначення міцності цегли

Зі стіни житлового будинку в пошкоджених місцях було відібрано 3 зразки керамічної цегли (партія № 1) для визначення міцності на стиск та згин з метою оцінки цегляної кладки несучих стін для подальшої експлуатації після відновлення будинку. Дослідження виконувалось у відповідності до [13 ÷ 17].

Для визначення геометричних параметрів та міцності цегли на стиск та згин було використано прес гідравлічний ПГ-100, випробувальну машину УМ-5, лінійку вимірювальну металеву довжиною 1000 мм, штангенциркуль ШЦ-1-150 та зважувальний прилад ТВЕ-1,5.

Під час підготовки до випробування було проведено візуальне обстеження зразків цегли, у результаті чого дефектів та пошкоджень, які впливають на якість випробу-

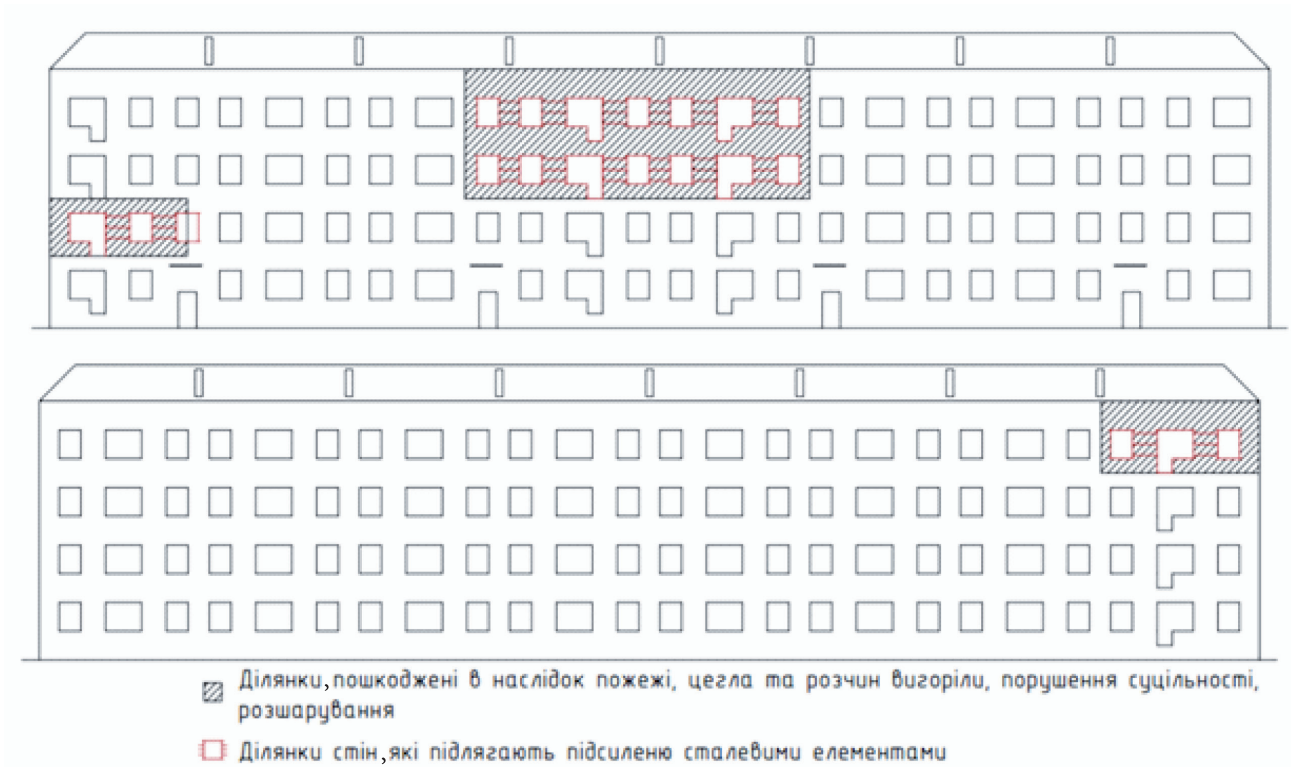


Рисунок 5 – Схема розміщення пошкоджених конструкцій на фасадах житлового будинку



Рисунок 6 – Схема розміщення пошкоджених конструкцій на планах 3-4-го поверхів житлового будинку



вань, не виявлено. Після візуального огляду та підготовки зразків виконувалося вимірювання геометричних параметрів, маси та середньої густини зразків (табл. 1), було визначено міцність цегли на згин на цілій цеглині, за схемою балки, яка вільно лежить на двох опорах і до якої посередині прогону прикладається зосереджене навантаження та визначено границю міцності при стиску, що складалося з двох половинок цегли. Результати випробувань на згин та стиск наведено у таблицях 2, 3.

За результатами проведених випробувань зразків цегли, що відібрані зі стін будинку, було встановлено:

- середня міцність на згин зразків цегли – 2,2 МПа (22,18 кгс/см²);

- середня міцність на стиск зразків цегли – 6,2 МПа (63,53 кгс/см²).

Зразки цегли за міцністю на стиск нижче регламентованої марки згідно з табл. 5.3 [13].

б) Визначення міцності бетону на стиск залізобетонних конструкцій

Неруйнівні випробування міцності бетону на стиск проводилися механічним неруйнівним методом пружного відскоку згідно з [18].

Під час випробувань використовувався молоток для випробувань бетону Schmidt типу С380 (№ 1L0753) з енергією удару бойка 2,207 Нм та межею абсолютної похибки визначення величини відскоку ± 1 од.

Випробування залізобетонних конструкцій вико-

Таблиця 1 – Геометричні параметри, маса та середня густина зразків цегли

№ партії	№ зразка	Розміри зразка, мм	Маса, г	Об'єм цегли, см ³	Середня густина одного зразка, кг/м ³
1	771/22	243x112x65	2912	1769,04	1646,09
	772/22	245x115x65	2980	1831,38	1627,19
	773/22	245x117x64	3080	1834,56	1678,88

Таблиця 2 – Результати випробувань зразків цегли на згин

№ партії	№ зразка	Руйнівне зусилля		Границя міцності на згин,					
				одного зразка		середня для зразків		найменша для окремого зразка	
		кН	кгс	МПа	кгс/см ²	МПа	кгс/см ²	МПа	кгс/см ²
1	771/22	2,59	264	1,6	16,74	2,2	22,18	1,6	16,74
	772/22	4,51	460	2,8	28,40				
	773/22	3,36	342	2,1	21,41				

Таблиця 3 – Результати випробувань зразків цегли на стиск

№ партії	№ зразка	Робоча площа, см ²	Руйнівне зусилля		Границя міцності на стиск					
					одного зразка		середня для зразків		найменша для окремого зразка	
			кН	кгс	МПа	кгс/см ²	МПа	кгс/см ²	МПа	кгс/см ²
1	771/22	103,04	57,86	5900	5,6	57,26	6,2	63,53	5,6	57,26
	772/22	120,75	70,61	7200	5,8	59,63				
	773/22	114,66	82,87	8450	7,2	73,70				



нувалося, в залежності від можливостей доступу, на нижній поверхні плит перекриття шляхом вертикального удару бойка склерометра в напрямку знизу вгору.

Середні значення міцності бетону на стиск залізобетонних конструкцій, що визначені методом пружного відскоку, наведені в таблиці 4.

У результаті випробувань бетону залізобетонних

Таблиця 4 – Середні значення міцності бетону на стиск залізобетонних плит перекриття

Маркування	Позначення конструкції	Критерій відскоку, H_i , при напрямі удару						Середнє значення критерію відскоку, Н	Середня міцність бетону на стиск, визначена методом пружного відскоку, f_{is} , Н	
		1	2	3	4	5	6		МПа	кгс/см ²
1/5	I під'їзд, 2 поверх, кв.5	34	32	43	35	29	39	35,3	17,85	182,0
2/5		29	34	33	34	33	29	32,0	14,52	148,0
3/5		31	30	31	41	42	34	34,8	16,68	170,0
4/5		30	29	39	35	31	-	32,8	14,52	148,0
2/32	II під'їзд, 4 поверх, кв.32	27	30	29	20	25	-	26,2	8,24	84,0
4/32		37	33	31	28	30	31	31,7	13,44	137,0
5/32		31	31	32	31	31	31	31,2	13,44	137,0
1/31	II під'їзд, 4 поверх, кв.31	29	31	31	33	33	-	31,4	13,44	137,0
6/31	II під'їзд, 3 поверх, кв.41	33	29	30	29	28	-	29,8	11,28	115,0
5/45	II під'їзд, 4 поверх, кв.45	38	30	32	33	43	29	34,2	16,68	170,0
6/45		31	29	31	33	25	-	29,8	11,28	115,0
1/46	II під'їзд, 4 поверх, кв.46	33	39	33	38	32	-	35,0	17,85	182,0
2/46		33	36	31	37	30	-	33,4	15,60	159,0
5/46		32	38	33	38	35	39	35,8	17,85	182,0
1/63	IV під'їзд, 4 поверх, кв.63	34	37	36	29	36	-	34,4	16,68	170,0
2/63*		19	19	20	21	22	-	20,2	-	-
6/63*		22	25	26	23	25	-	24,2	-	-
7/63		29	30	32	30	25	-	29,2	11,28	115,0
8/63		31	31	36	34	36	-	33,6	15,60	159,0

* – середнє значення критерію відскоку менше, ніж зазначено на діаграмі середньої міцності бетону на стиск молотка для випробувань бетону Schmidt типу С380.



плит перекриття в житловому будинку було визначено середню міцність бетону на стиск механічним неруйнівним методом пружного відскоку і клас міцності на стиск бетону, які наведено в таблиці 5.

Клас міцності бетону на стиск у плитах перекриття нижче регламентованого (С12/15) для конструкцій із нормальним режимом експлуатації згідно з табл. 4.1 [19].

РЕЗУЛЬТАТИ ПЕРЕВІРНИХ РОЗРАХУНКІВ

Перевірні розрахунки виконані з метою визначення можливості відновлення та забезпечення подальшої надійної експлуатації житлового будин-

ку. Навантаження і величини фізико-механічних характеристик матеріалів для розрахунків визначено на основі розрахункових величин навантажень і впливів згідно з [4, 5].

Перевірні розрахунки виконані для простінку між віконними прорізами 3-го поверху (фрагмент плану з розміщенням простінку наведено на рисунку 7) зовнішньої несучої стіни, в якому виявлені суттєві пошкодження цегляної кладки. Ширина простінку – 1,2 м, ширина віконних прорізів 1,85 і 1,05 м, висота 1,6 м. Товщина зовнішніх несучих стін 0,51 м в рівні 3-го поверху.

За результатами обстеження визначено, що для

Таблиця 5 – Міцність бетону на стиск та клас міцності на стиск бетону залізобетонних плит перекриття

Маркування	Місце знаходження конструкції	Середня міцність бетону на стиск		Клас міцності на стиск
		МПа	кгс/см ²	
1/5	I під'їзд, 2 поверх, кв.5	17,85	182,0	C8/10
2/5		14,52	148,0	C8/10
3/5		16,68	170,0	C8/10
4/5		14,52	148,0	C8/10
2/32*	II під'їзд, 4 поверх, кв.32	8,24	84,0	-
4/32		13,44	137,0	C8/10
5/32		13,44	137,0	C8/10
1/31	II під'їзд, 4 поверх, кв.31	13,44	137,0	C8/10
6/41*	II під'їзд, 3 поверх, кв.41	11,28	115,0	-
5/45	II під'їзд, 4 поверх, кв.45	16,68	170,0	C8/10
6/45*		11,28	115,0	-
1/46	II під'їзд, 4 поверх, кв.46	17,85	182,0	C8/10
2/46		15,60	159,0	C8/10
5/46		17,85	182,0	C8/10
1/63	IV під'їзд, 4 поверх, кв.63	16,68	170,0	C8/10
2/63		-	-	-
6/63		-	-	-
7/63*		11,28	115,0	-
8/63		15,60	159,0	C8/10

* – клас міцності бетону на стиск нижче регламентованого, згідно з таблицею 4.7 [18].



кладки стін будівлі використано керамічну цеглу та цементно-піщаний розчин. На основі проведених інструментальних досліджень з визначення фактичної міцності цегляної кладки на стиск прийнято:

- міцність цегли на стиск – 6,2 МПа;
- марка цементно-піщаного розчину – М 25.

Перевірний розрахунок цегляного простінку виконано відповідно до [9].

Навантаження на цегляний простінок від конструкцій покриття та перекриття в місці його обпирання становить: $N_{Ed} = 226,35$ кН.

За результатами перевірних розрахунків несуча здатність зовнішніх цегляних стін забезпечена для всіх стін житлового будинку, крім пошкоджених внаслідок вогневого впливу. Також враховано клас наслідків (відповідальності) СС2 та коефіцієнт зниження здатності згідно з табл. В.3.2 [1] для стін житлового будинку, пошкоджених внаслідок вогневого впливу: $224,7 \times 1,1 = 247,18$ кН $>$ $413,1 \times 0,5 = 206,55$ кН.

Отже, несуча здатність зовнішніх цегляних стін не забезпечена для стін житлового будинку, пошкоджених внаслідок вогневого впливу.

ПРИНЦИПОВІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПІДСИЛЕННЯ АБО РЕМОНТУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Для забезпечення подальшої безпечної та надійної експлуатації житлового будинку рекомендовано:

1. Першочергово влаштувати тимчасові стійки

підсилення пошкоджених плит перекриття. Схема розміщення пошкоджених плит перекриття, які підлягають заміні в квартирах №№ 5, 31, 32, 41, 45, 46, 63, наведена на рисунку 8.

2. Виконати підсилення пошкодженої цегляної кладки простінків та дверних прорізів шляхом влаштування металевих обойм. Схеми з підсилення наведено на рисунках 9-11.
3. Виконати демонтаж пошкоджених плит перекриття та влаштувати нові монолітні. Перекриття над 4-м поверхом можливо виконати з альтернативних дерев'яних або металевих конструкцій. Пошкоджені плити перекриття наведено на рисунку 8.
4. Відновити зруйновані перегородки.
5. Відновити опорядження стін та стелі.
6. Відновити інженерні системи водопостачання (холодне, гаряче) і водовідведення, опалення, електропостачання та газопостачання.

Роботи повинні виконуватися відповідно до проекту капітального ремонту з дотриманням вимог техніки безпеки та охорони праці.

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

З врахуванням результатів візуального та інструментального обстеження, а також результатів перевірних розрахунків, технічний стан конструкцій житлового будинку був оцінений згідно з нормативними документами [1, 2, 3].

Загальний технічний стан житлового будинку

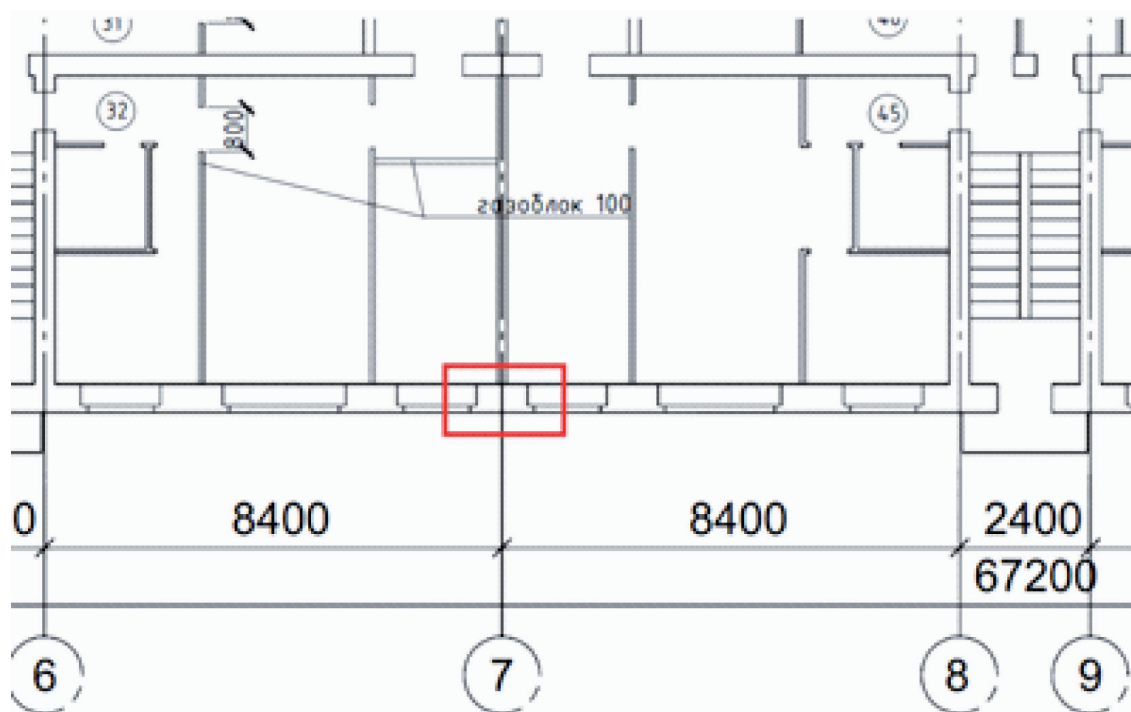


Рисунок 7 – Схема розміщення простінку 3-го поверху житлового будинку

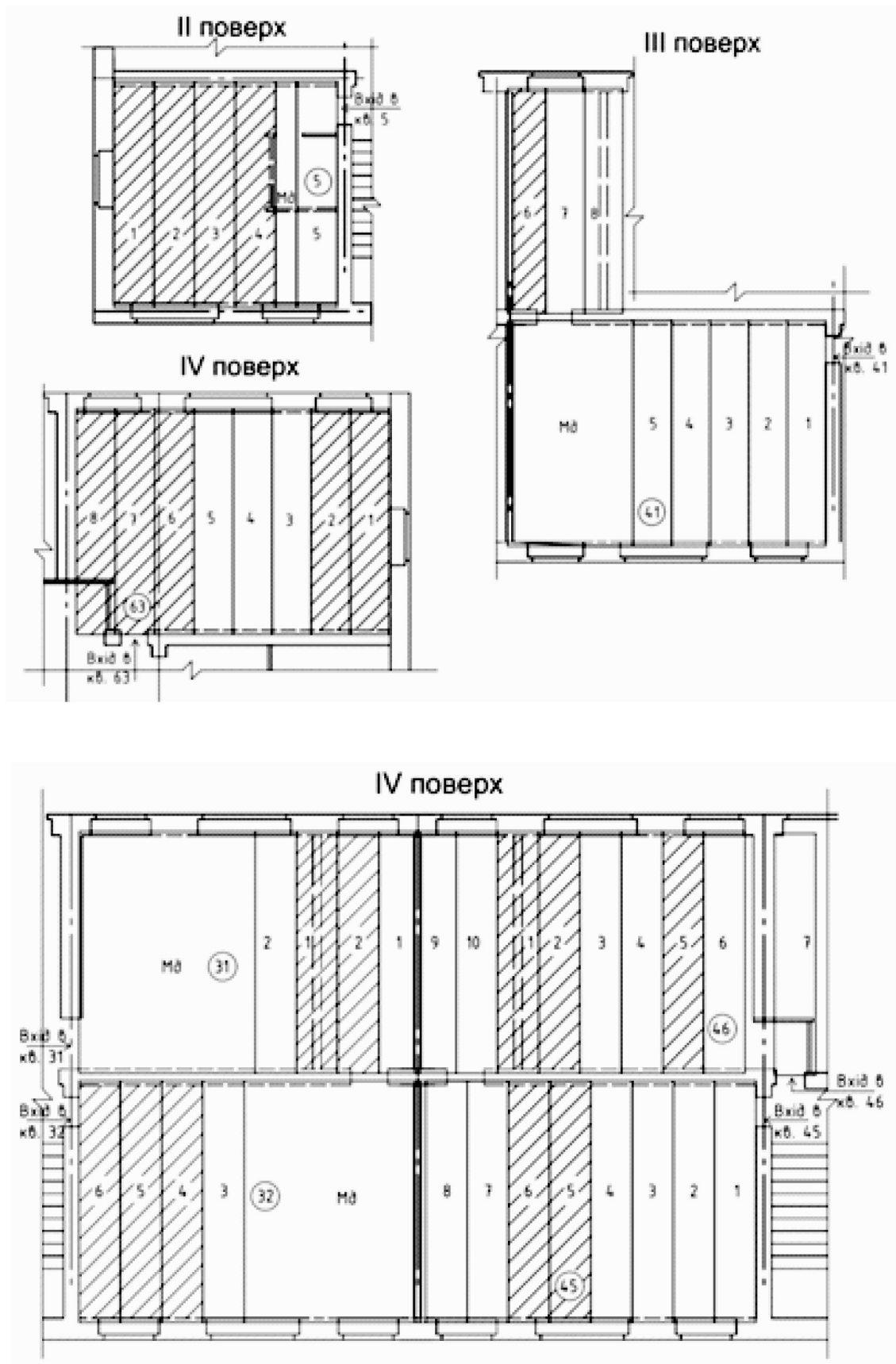
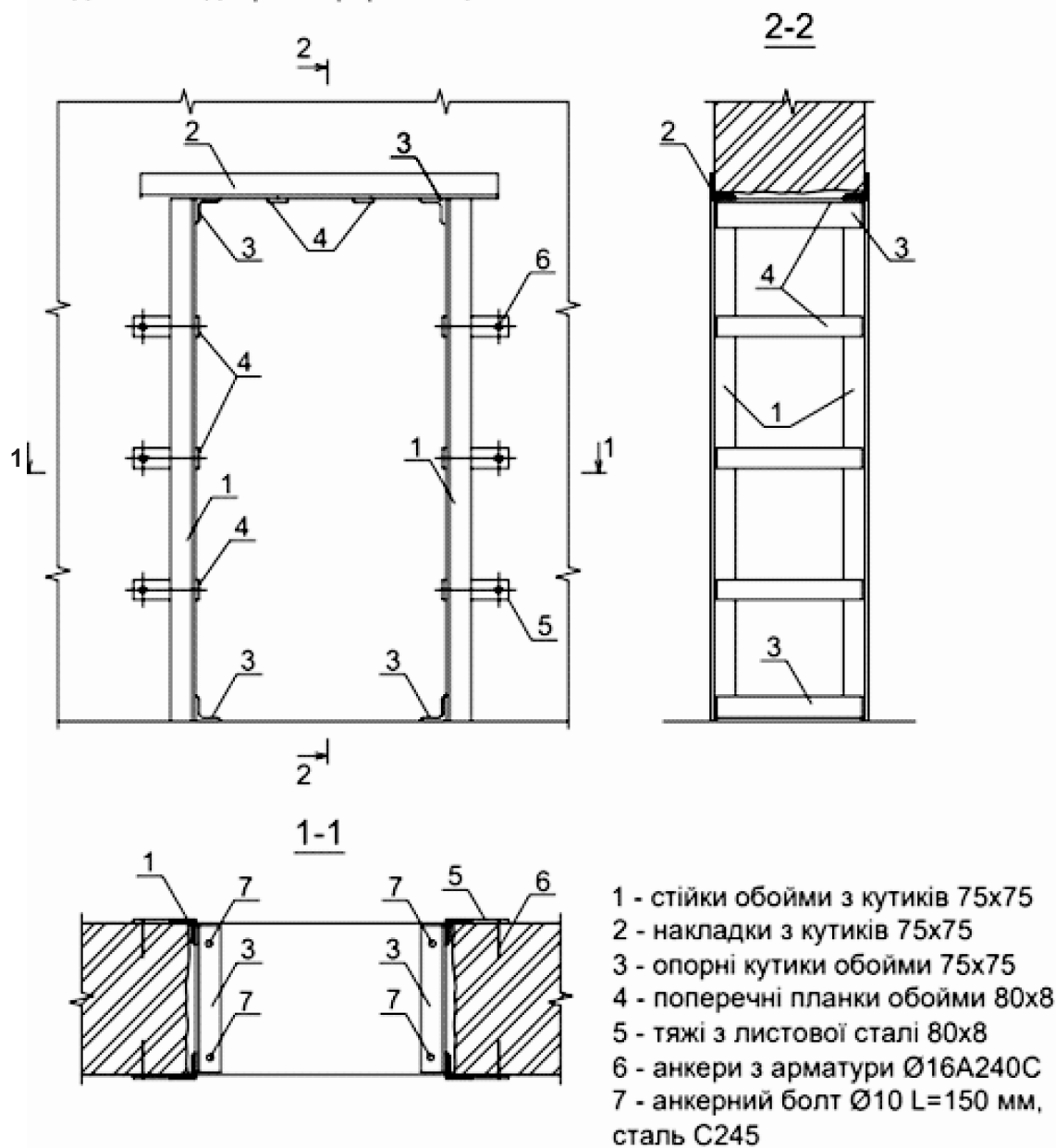


Рисунок 8 – Схема розміщення пошкоджених плит перекриття житлового будинку, які підлягають заміні в квартирах №№ 5, 31, 32, 41, 45, 46, 63 (пошкоджені плити заштриховані)



Підсилення дверних прорізів в цегляних стінах



Примітка:

1. Перед початком роботи виготовлення елементів підсилення уточнити розміри конструкцій в кожному конкретному місці.
2. При виконанні робіт з підсилення конструкцій, всі розміри уточнити по місцю.
3. Всі роботи виконувати у відповідності до вимог ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці та промислова безпека в будівництві. Основні положення".

Рисунок 9 – Схема підсилення дверних прорізів квартир №№ 5, 28, 32, 42, 46, 63

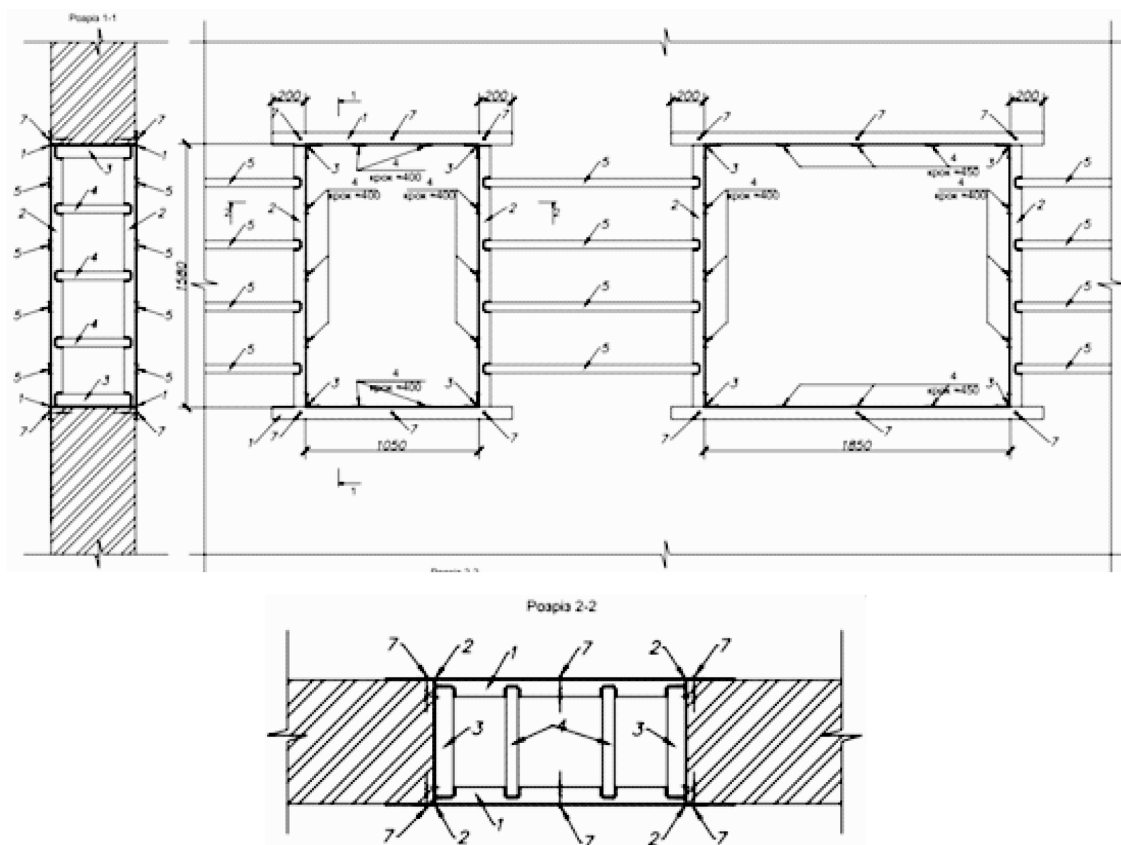
слід кваліфікувати як «непридатний до нормальної експлуатації» (категорія 3 згідно з [1]), оскільки в ньому наявні конструкції, які відносяться до 3-ї категорії технічного стану.

Технічний стан пошкодженого інженерного устаткування та мереж у житловому будинку – не

придатний до нормальної експлуатації.

Оскільки частина житлового будинку на 3-4-му поверхах не придатна для проживання, то її експлуатацію було призупинено до відновлення зруйнованих та пошкоджених конструкцій.

В інших приміщеннях, які не зазнали пошкод-



Специфікація елементів на підсилення віконного прорізу

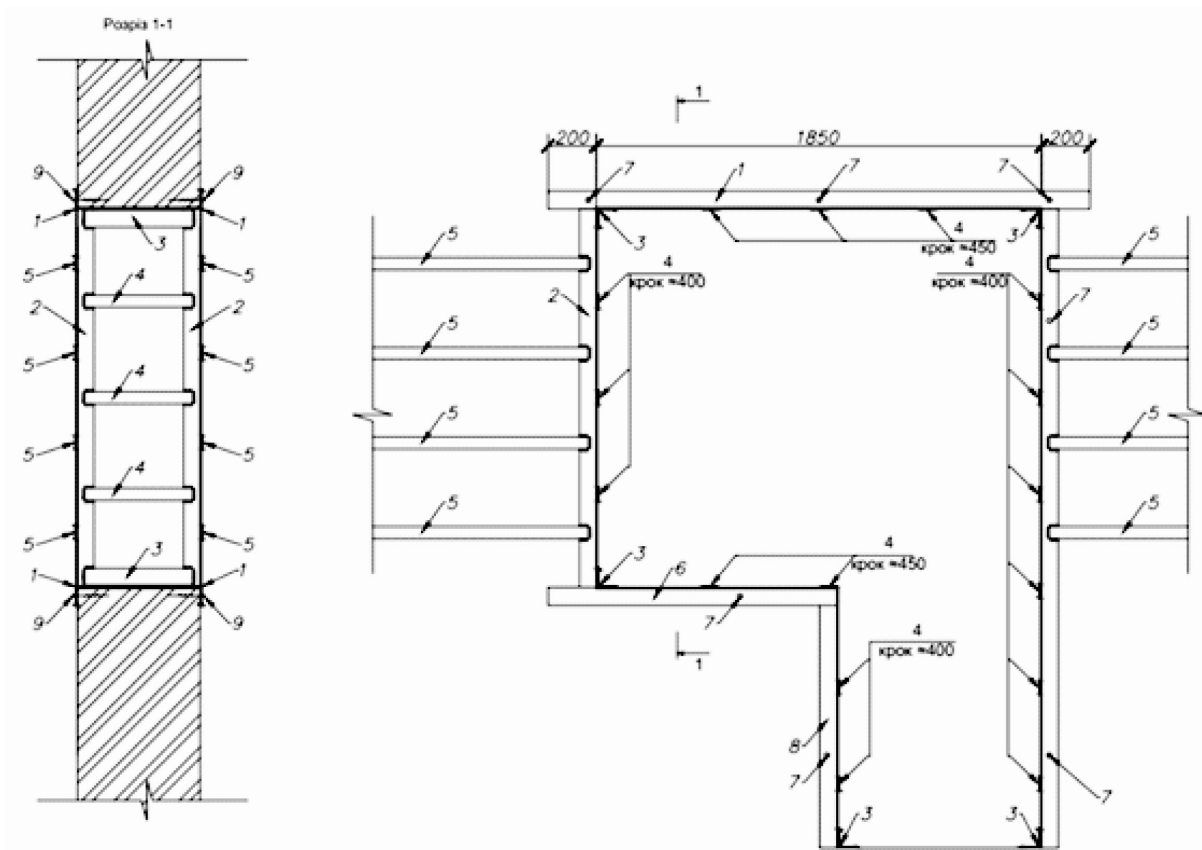
Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од., кг	Загальна маса од., кг
підсилення віконного прорізу					
1		Л75х75х6 ДСТУ 2251:2018 l=1450 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	4	9,99	39,96
2		Л75х75х6 ДСТУ 2251:2018 l=1570 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	8	10,82	86,56
3		Л75х75х6 ДСТУ 2251:2018 l=450 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	8	3,10	24,80
4		50х5 l=450 ДСТУ 8540:2015 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	22	0,88	19,36
5		50х5 l=1300 ДСТУ 8540:2015 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	24	2,55	61,20
6		Л75х75х6 ДСТУ 2251:2018 l=2250 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	4	15,5	62,00
7		анкерний болт Ø10 l=150 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	24	0,084	2,016

Рисунок 10 – Схема підсилення віконних прорізів квартир №№ 5, 28, 32, 42, 46, 63

жень, проживати технічно можливо з заміною та ремонтом пошкоджених вікон, балконів та дверей.

За класифікаційними ознаками житловий будинок можна віднести до II-ї категорії пошкоджень, оскільки наявні пошкодження несучих та огорожувальних конструкцій (категорій відповідальності конструкцій А та Б), ступінь та характер яких свідчить про необхідність виконання робіт щодо часткового демонтажу частин об'єкта або його окремих конструкцій, підсилення об'єкта або його окремих несучих та огорожу-

чих та огорожувальних конструкцій (категорій відповідальності конструкцій А та Б), ступінь та характер яких свідчить про необхідність виконання робіт щодо часткового демонтажу частин об'єкта або його окремих конструкцій, підсилення об'єкта або його окремих несучих та огорожу-



Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од., кг	Загальна маса од., кг
Підсилення прорізів балконних дверей та вікна					
1		└75x75x6 ДСТУ 2251:2018 І=2250 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	2	15,50	31,0
2		└75x75x6 ДСТУ 2251:2018 І=1570 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	2	10,82	86,56
3		└75x75x6 ДСТУ 2251:2018 І=450 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	5	3,10	15,50
4		└50x5 І=450 ДСТУ 8540:2015 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	16	0,88	14,08
5		└50x5 І=1300 ДСТУ 8540:2015 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	8	2,55	61,20
6		└75x75x6 ДСТУ 2251:2018 І=1250 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	2	8,61	17,22
7		└75x75x6 ДСТУ 2251:2018 І=2100 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	2	14,46	28,92
8		└75x75x6 ДСТУ 2251:2018 І=900 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	2	6,2	12,40
9		анкерний болт Ø10 І=150 сталь С245 ДСТУ 8539:2015	7	0,084	0,588

Рисунок 11 – Схема підсилення прорізів балконних дверей та вікон квартир №№ 5, 28, 32, 42, 46, 63

вальних конструкцій.

За результатами виконаних досліджень був зроблений загальний висновок, що експлуатаційна придатність житлового будинку може бути відновлена шляхом капітального ремонту після часткового демонтажу несучих аварійних

конструкцій та підсилення конструкцій стінового огороження.

ВИСНОВКИ

У статті розглянуті особливості обстеження, визначення технічного стану та принципові технічні



рішення підсилення або ремонту будівельних конструкцій житлового будинку, який зазнав руйнувань внаслідок агресії російської федерації, що спричинило пожежу у приміщеннях будинку. Візуальне та інструментальне обстеження виконано з метою фіксації пошкоджень та дефектів будівельних конструкцій для подальшого визначення відновлення та можливості надійної експлуатації за призначенням.

За результатами проведеного обстеження виконано схеми розташування пошкоджень і руйнувань конструкцій, а також відомість пошкоджень будівельних конструкцій та інженерних мереж будинку.

Виконання інструментального обстеження показало, що зразки цегли за міцністю на стиск нижче регламентованої марки згідно з табл. 5.3 [13] та клас міцності бетону на стиск у плитах перекриття нижче регламентованого (C12/15) для конструкцій із нормальним режимом експлуатації згідно з табл. 4.1 [19].

Згідно з перевірними розрахунками несуча здатність зовнішніх цегляних стін не забезпечена для стін житлового будинку, пошкоджених внаслідок вогневого впливу, тому прийняті рішення щодо виконання підсилення пошкоджених простінків.

Для забезпечення подальшої безпечної та надійної експлуатації житлового будинку було надано принципові технічні рішення щодо підсилення та ремонту.

Загальний технічний стан житлового будинку слід кваліфікувати як «не придатний до нормальної експлуатації» (категорія 3 згідно з [1]).

За класифікаційними ознаками згідно з [3] житловий будинок можна віднести до II-ї категорії пошкоджень, оскільки наявні пошкодження несучих та огорожувальних конструкцій (категорій відповідальності конструкцій А та Б), ступінь та характер яких свідчить про необхідність виконання робіт щодо часткового демонтажу частин об'єкта або його окремих конструкцій, підсилення об'єкта або його окремих несучих та огорожувальних конструкцій.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їхнього технічного стану. / Київ. ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 65с.
2. ДСТУ Б В.2.6.-210:2016 «Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються» / Мінрегіонбуд України, Київ-2016 -56 с.
3. Методика обстеження будівель та споруд пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних

актів. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України 28.04.2022 року №65. – 38 с.

4. ДБН В.1.2-14-2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ / Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006 – Київ. – 33 с.
5. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. / Київ: Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського, 2006. – I, 75 с.
6. ДБН В.2.1-10-2018 Основи та фундаменти будівель і споруд. Основні положення проектування / Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. – 36 с.
7. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 71 с.
8. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. / К., Мінрегіонбуд України. 2010. – 123 с.
9. ДБН В.2.6-162:2010 Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. Мінрегіонбуд України. Київ-2011. – 100 с.
10. ДБН В 2.6-161:2017 Дерев'яні конструкції. Основні положення, Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2017. – 108 с.
11. ДБН В.2.6-31:2016. Теплоізоляція будівель. / Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с.
12. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогини та переміщення. Вимоги проектування. / Мінбуд України. – К., 2006. – 40 с.
13. ДСТУ Б В.2.7-61:2008 Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови. / Мінрегіонбуд України. Київ-2009. – 45 с.
14. ДСТУ Б В.2.7-248:2011 Матеріали стінові. Методи визначення границь міцності при стиску і згині (ГОСТ 8462-85, MOD) / Мінрегіонбуд України. Київ-2012. – 18 с.
15. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). Прилади для лінійних та кутових вимірювань. Частина 1. Штангенциркулі. Проекти та метрологічні характеристики. / Київ. ДП «УкрНДНЦ», 2019.
16. ДСТУ 7270:2012 Метрологія. Прилади зважувальні еталонні. Загальні технічні вимоги, порядок та методи атестації. / Київ,



- Мінекономрозвитку України. 2013. – 58 с.
17. ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Виконання вимірювань, розрахунків та контроль точності геометричних параметрів. Настанова. / Мінрегіонбуд України. Київ-2009. – 101 с.
 18. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. / Мінрегіонбуд України. Київ-2009. – 24 с.
 19. ДСТУ Б В.2.7-176:2009 Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови. / Мінрегіонбуд України. Київ-2010. – 109 с.
 20. ДСТУ Б В.2.7-223:2009 Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій. / Мінрегіонбуд України. Київ-2010. – 17 с.

REFERENCES

1. DSTU-N B V.1.2-18:2016. (2017). Guidance for the inspection of buildings and structures for the determination and evaluation of their technical condition. Kyiv: DP "UkrNDNC".
2. DSTU B V.2.6.-210:2016. (2016). "Assessment of the technical condition of steel building structures in operation". Kyiv: Ministry of Regional Construction of Ukraine.
3. Methodology for inspecting buildings and structures damaged as a result of emergencies, military actions, and terrorist acts. Order of the Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine No. 65, April 28, 2022.
4. DBN V.1.2-14-2018. System of reliability and safety assurance for building objects. General principles of reliability and structural safety assurance for buildings, structures, building constructions, and foundations.
5. DBN V.1.2-2:2006. (2006). "Loads and impacts". Kyiv: Ministry of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of Ukraine.
6. DBN V.2.1-10-2018. (2018). Foundations of buildings and structures. Basic provisions of design.
7. DBN V.2.6-98:2009. (2009). Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions. Kyiv, Ukraine: Ukrarhbuildinform.
8. DSTU B B.2.6-156:2010. Concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete. Design rules. Kyiv: Ministry of Regional Construction of Ukraine.
9. DBN V.2.6-162:2010. (2011). Stone and reinforced stone structures. Basic provisions.

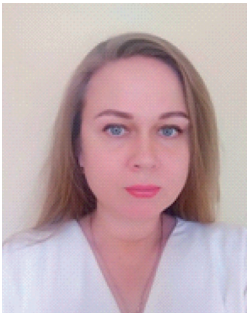
- Kyiv: Ministry of Regional Construction of Ukraine.
10. DBN V 2.6-161:2017. (2017). Wooden structures. Basic provisions. Ministry of Regional Construction of Ukraine. Kyiv: Ukrarhbuildinform.
 11. DBN V.2.6-31:2016. (2016). Thermal insulation of buildings. Minbud of Ukraine.
 12. DSTU B B.1.2-3:2006 Deflections and displacements. Design requirements. Kyiv: Minbud of Ukraine.
 13. DBN V.2.6-98:2009. Building and structures. Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions.
 14. DSTU B V.2.7-61:2008. Building materials. Specification for masonry units. (facing and rendered masonry)
 15. DSTU B V.2.7-248:2011. Wall materials. Methods for determining the strength limits under compression and bending (GOST 8462-85, MOD).
 16. Geometrical product specifications (GPS) — Dimensional measuring equipment — Part 1: Callipers; Design and metrological characteristics
 17. DSTU 7270:2012. Metrology. Standard weighing instruments. General technical requirements, procedure, and methods of certification.
 18. DSTU-N B V.1.3-1:2009 Performance of measurements, calculation and control of geometric parameters accuracy. Guidelines.
 19. DSTU B V.2.7-220:2009 Concretes. Determination of strength by non-destructive mechanical methods.
 20. DSTU B V.2.7-176:2009 Building materials. Concrete mixes and concrete. General technical conditions.
 21. DSTU B V.2.7-223:2009 Concretes. Methods for determining strength based on samples taken from structures.
 22. DBN V.2.6-98:2009 Concrete and Reinforced Concrete Structures. Basic Provisions.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2023 року



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-1-2023-5>

УДК 624.04; 538.9



ОЛЕКСИЄНКО О. Б.

Канд. техн. наук, в.о. завідувача відділу будівельної фізики та енергоефективності, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, тел. +38 (066) 93-84-096, e-mail: mb-elena@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5329-2217



ВЕРГУН Л. Ю.

Кандидат фіз.-мат. наук, науковий співробітник науково-дослідної лабораторії «Фізика рідин, полімерів та фазових переходів в них» фізичного факультету КНУ ім. Тараса Шевченка, м. Київ, Україна, тел. +38 (093) 044-23-30 e-mail: LienaVergun@univ.net.ua, ORCID 0009-0005-6086-6548

ВПЛИВ ВЕЛИЧИНИ ДІЙНОЇ АДГЕЗІЙНОЇ МІЦНОСТІ НА ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ НАНЕСЕННЯ ГЕРМЕТИЗУЮЧИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

АНОТАЦІЯ

Розглядається питання щодо оцінки якості зчеплення між герметиками та твердими будівельними матеріалами. Зазначається, що якість зчеплення між герметиком та твердою поверхнею залежить від структури зони контакту, яка утворюється в процесі тверднення. Зазначається також, що одним із важливих компонентів такої зони є структурні новоутворення з переважним вмістом Si (кремнієвмісні складові). Останні можуть бути причиною зчеплення домішкових молекул, які знижують ступінь адгезійної міцності. Під час взаємодії домішкових молекул як з твердою поверхнею, так із шаром герметика в процесі тверднення може відбуватися розпорядкування зони контакту. Під навантаженнями утворені розпорядкування змінюють механізми зчеплення між адгезивом і субстратом і, як наслідок, можуть бути причиною руйнування. Традиційним методом, на основі ДСТУ Б В.2.7-133:2007 «Матеріали герметизуючі полімерні отвердіваючі однокомпонентні. Методи випробування» було проведено визначення адгезійної міцності між герметиком та бетоном та визначено її величину. Для оцінки впливу кремнієвмісних структур на величину адгезійної

міцності запропоновано фізичну модель та показано вплив руйнівного навантаження на поверхневі області зони контакту. Для визначення імовірності утворення областей розпорядкувань в процесі затвердіння запропоновано визначати величину «дійсної адгезійної міцності», яка б враховувала ступінь утворення кремнієвмісних структур між твердою поверхнею та герметиком.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: герметики (герметизуючий матеріал), адгезійна міцність, кремнієвмісні складові, зчеплення, тверда поверхня.

EFFECT OF ACTUAL ADHESIVE STRENGTH ON DETERMINATION OF APPLICATION CONDITIONS FOR SEALING POLYMER MATERIALS

ABSTRACT

The authors herein consider the issue of evaluating the quality of adhesion between sealants and solid building materials. The authors specify that the quality of adhesion between the sealant and the solid surface depends on the structure of the contact area, which is formed during the curing process. The authors also indicate that one of the important components of the



contact area is structural neoplasms with a predominant content of Si (silicon-containing components). The latter can cause impurity molecules to adhere, which reduces the degree of adhesive strength. During the interaction of impurity molecules with both the solid surface and the sealant layer, the contact area can be disordered during the curing process. When loaded, the resulting disorders change the adhesion process between the adhesive and the substrate and, as a result, can cause destruction. Based on the traditional method specified by DSTU B V.2.7-133:2007 "Single-Component Sealing Polymer Curing Materials. Test Methods", the adhesive strength between the sealant and concrete and its values were determined. To assess the effect of silicon-containing structures on the value of adhesive strength, a physical model is proposed and the effect of destructive load on the surface of the contact area is demonstrated. To determine the probability of the formation of disorder areas during the curing process, the authors propose that the value of the "actual adhesive strength" should be determined so that the degree of formation of silicon-containing structures between the solid surface and the sealant is taken into account.

KEYWORDS: sealants (sealing material), adhesive strength, silicon-containing components, bonding, solid surface.

ВСТУП

Відповідно до роботи [1] одним із критеріїв характеристики герметизуючих матеріалів є адгезійна міцність між адгезивом (герметиком або клейовим шаром) та субстратом (твердою підкладкою – підкладками). Як відомо [2], адгезійна міцність визначає можливість зчеплення адгезиву і субстрату під різними режимами навантаження. Проведення випробувань щодо якості зчеплення герметизуючих матеріалів зі зразками твердих будівельних матеріалів (бетону або фібробетону) полягає у визначенні стійкості герметеків до деформацій та встановленні впливу умов їх нанесення на поверхні зразків на стійкість до серії знакозмінних циклів рівних за значеннями навантажень і змін температури [1].

Якість зчеплення між герметиком та поверхнею залежить від взаємодії між субстратом та адгезивом в процесі виникнення зони контакту. Під час такої взаємодії відбувається утворення структур, які під час навантажень змінюють міцність в цій зоні і, як наслідок, можуть бути причиною руйнування [3]. Зазначені взаємодії є причиною появи різноманітних дефектів, які спричиняють проникнення води, молекул кисню. Залежно від ступеня та глибини проникнення у структуру матеріалу останній може утворювати сукупність окремих шарів, які відрізняються між собою певними параметрами, в тому числі і адгезійною міцністю [4]. Відомо, що основним із складових будівельних

матеріалів є пісок, який містить кремнієвмісні компоненти, в тому числі діоксид кремнію SiO_2 [5]. На поверхні твердих речовин, що містять згадані кремнієвмісні компоненти, при контакті з полімерними матеріалами відбуваються перебудови, що супроводжуються розривом кількох містків Si-O-Si з подальшим зв'язуванням з полімерними ланцюгами [6].

Зважаючи на вищевикладене, метою даної статті є визначення величини адгезійної міцності, яка б характеризувала максимальну здатність до зчеплення між герметиком та поверхнею, без врахування можливих шарів з наявністю домішкових молекул.

МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Традиційним методом на основі [1] експериментально визначено адгезійну міцність між прямокутними зразками бетону та полімерним герметиком.

Пробу герметика було нанесено тонким шаром на поверхні двох пластинок з бетону, які виготовлені з цементу марки 400, піску і води у співвідношенні 1:3:0,45, за розмірами: довжина (50 ± 2) мм, ширина (50 ± 2) мм, висота (30 ± 2) мм; які потім було з'єднано між собою. Тверднення підготовленого зразка відбувалося упродовж 7 діб.

Загальний вигляд випробуваних зразків показано на рис. 1.

На рис.2. зображено загальний вигляд зразків під час випробування.

На рис.3 наведено зовнішній вигляд зразків після випробування.

Дослідження адгезійної міцності провадилося також, за експериментальною методикою наведеною в [7]. В даному методі за фізичну модель, що моделює адгезійну міцність між субстратом (бетоном) та адгезивом (затверділий герметик) для визначення виключно участі кремнієвмісних структур в процесі з'єднання, використовувались скляні пластини з нанесеною полімерною композицією. Полімерна клейова композиція складалася із двох компонентів — основи та твердника. Основою був полімер, синтезова-



Рисунок 1 – Загальний вигляд випробувальних зразків

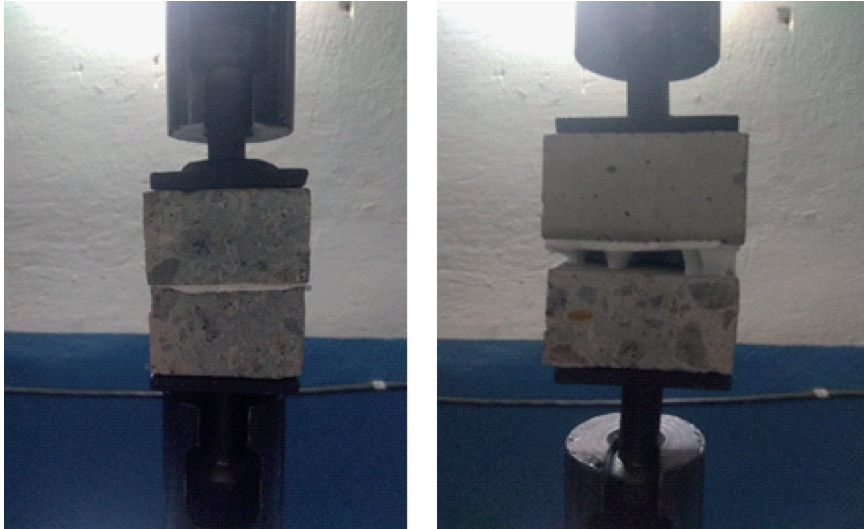


Рисунок 2 – Загальний вигляд зразків під час випробування

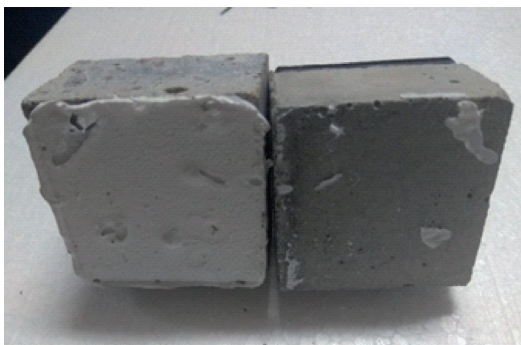


Рисунок 3 – Адгезійний розрив дослідного зразка після випробування

ний з полідіетиленглікольадипінату (ММ 800) та гексаметилендіізоціанату при співвідношенні 1:2. Тверднення клейової композиції проводили триметилолпропаном (ТМП) при 60°C протягом 8–10 годин з утворенням нерозчинних зшитих продуктів без виділення будь-яких летючих речовин [7].

Зразки являли собою прямокутні скляні пластини з нанесенням між цими пластинами шару

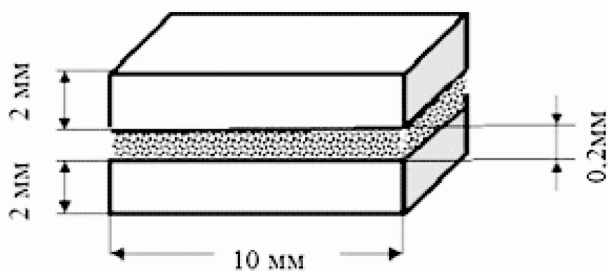
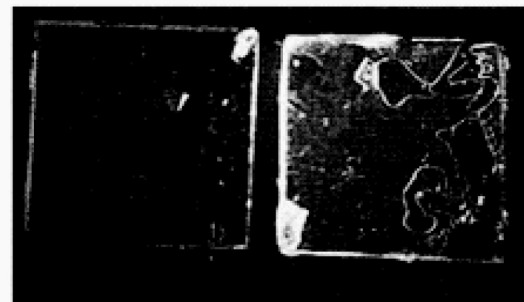


Рисунок 4 – Параметри досліджуваного зразка

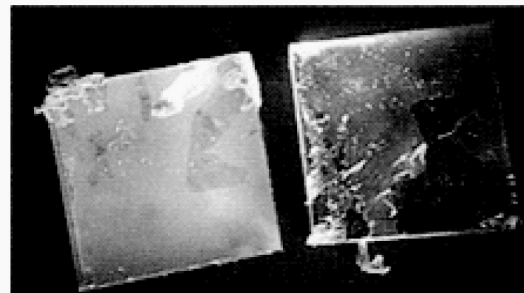
полімерної суміші. Параметри досліджуваного зразка наведені на рисунку 4. Однією із особливостей проведеного дослідження було визначення адгезійної міцності скляних пластин з гладкою та шорсткою поверхнею. На рис.5 наведено зовнішній вигляд дослідних зразків після руйнування.

В таблиці 1 наведено результати випробувань щодо адгезійної міцності між бетоном та герметиком, а також, для порівняння, результати роботи [7].

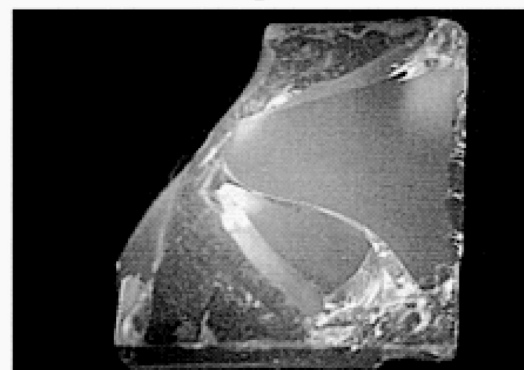
Як видно з наведеної



a



б



в

Рисунок 5 – Зовнішній вигляд дослідних зразків після руйнування [7] (а – зразок, що складався з скляних пластин з низьким ступенем шорсткості, б – зразок, що складався з пластин із низьким і високим ступенем шорсткості, в – зразок, що складався із скляних пластин із високим ступенем шорсткості).



Таблиця 1 - Експериментальні дані щодо адгезійної міцності полімерних сумішей із твердими підкладками: бетону та скла

Адгезійна міцність між бетоном та полімерним герметиком	Зсувна (адгезійна) міцність між скляними пластинами із низьким ступенем шорсткості та полімерною композицією	Зсувна (адгезійна) міцність між скляними пластинами із низьким та високим ступенем шорсткості та полімерним клеєм	Зсувна (адгезійна) міцність між скляними пластинами із високим ступенем шорсткості та полімерним клеєм
0,692 МПа±0,01	2,3МПа±0,2	3,5МПа±0,3	3,2МПа±0,3

поверхніми пропонується визначати величину дійсної адгезійної міцності шляхом створення шорсткості на твердій поверхні. Ця величина не враховує наявності кремнієвмісних поверхневих шарів і при порівнянні із адгезійною міцністю між необробленими поверхнями і герметиком може надати інформацію щодо розподілу «інертних» (неконтактуючих) ділянок твердої поверхні. Наявність таких ділянок в подальшому може суттєво впливати на експлуатаційні характеристики будівельних матеріалів.

таблиці, при наявності шорсткості на скляних пластинах зсувна адгезійна міцність значно вище порівняно із скляними пластинами із низьким ступенем шорсткості. Крім того, наявність двох пластин із високою шорсткістю не впливає на значення адгезійної міцності. Ця величина є однаковою в межах похибки, як для зразків із однією шорсткою пластиною, так і для зразків з двома шорсткими пластинами. Наявність шорсткості на обох пластинах, як це видно із рис. 5, в, приводить до повного руйнування зразка. Таким чином дійсною адгезійною міцністю між скляним зразком та полімерною композицією є величина 2,9 МПа (3,2МПа-0,3), оскільки це значення не враховує поверхневих кремнієвмісних шарів (або плівки SiO). Як видно з таблиці 1, наявність кремнієвмісного поверхневого шару зменшує величину адгезійної міцності в 1,3 рази.

Неврахування цих обставин при підборі герметиків може вплинути і на експлуатаційні характеристики будівельних матеріалів, які контактують із герметиком. Саме тому для визначення величини оксидних плівок на поверхні матеріалу слід проводити випробування як із твердими поверхнями без попередньої обробки, так і випробування із створенням шорсткості на поверхні випробувального зразка.

ВИСНОВКИ

Для перешкодження зношенню будівельних конструкцій в зоні контакту герметика з твердими

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДСТУ Б В.2.7-133:2007 Матеріали герметизуючі полімерні отвердівуючі одноконтентні. Методи випробування.
2. Tomáš Kalina, František Sedláček (2019) Design and Determination of Strength of Adhesive Bonded Joints. Manufacturing Technology. Vol. 19, No. 3, 409-413.
3. Vergun L.Yu., Zabashta Yu.F., Todosiychuk T.T, and other (2014) Evaluation of protective coating and inert surfaces adhesion. Functional Materials 21, No1, 64-68.
4. Булавін Л.А., Забашта Ю.Ф., Бровко О.О., Вергун Л.Ю. та ін.(2016) Вплив магнітного поля на розподіл домішкових молекул у структурі оптично-прозорих полімерних плівок. Полімерний журнал. 38№3, 205-210.
5. Flores-Vivian Ismael, Pradoto Rani G.K, Moini Mohamadreza, et all. (2017). The effect of SiO₂ nanoparticles derived from hydrothermal solutions on the performance of portland cement based materials. Frontiers of Structural and Civil Engineering 11(42) DOI: 10.1007/s11709-017-0438-2
6. Haukka S., Kytökivi A., Lakomaa E.-L., Lehtovirta U., Lindblad M., Lujala V., and Suntola T., Studies in Surface Science and Catalysis, edited by B. Delmon and J.T. Yates -Elsevier Science B.V., Amsterdam, 1995, Vol. 91, p. 957.
7. Булавін Л.А., Забашта Ю.Ф., Тодосійчук Т.Т. та ін. (2010). Метод визначення зсувної



адгезійної міцності захисних полімерних покриттів. Технологічні системи №2, 38-41.

REFERENCES

1. DSTU B.V2.7-133:2007. (2007). Single-Component Sealing Polymer Curing Materials. Test Methods
2. Kalina, T., & Sedláček, F. (2019). Design and determination of strength of adhesive bonded joints. *Manufacturing Technology*, 19(3), 409-413.
3. Vergun, L. Yu., Zabashta, Yu. F., Todosiychuk, T. T., & others. (2014). Evaluation of protective coating and inert surfaces adhesion. *Functional Materials*, 21(1), 64-68.
4. Bulavin L.A., Zabashta Yu.F., Brovko O.O., Vergun L.Yu., and others. (2016). Influence of magnetic field on distribution of impurity molecules in the structure of optically transparent polymer films. *Polymer Journal*, 38(3), 205-210.
5. Flores-Vivian, I., Pradoto, R. G. K., Moini, M., et al. (2017). The effect of SiO₂ nanoparticles derived from hydrothermal solutions on the performance of Portland cement-based materials. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 11(4), DOI: 10.1007/s11709-017-0438-2.
6. Haukka, S., Kytökivi, A., Lakomaa, E.-L., Lehtovirta, U., Lindblad, M., Lujala, V., & Suntola, T. (1995). *Studies in Surface Science and Catalysis*, edited by B. Delmon and J.T. Yates -Elsevier Science B.V., Amsterdam, 1995, Vol. 91, p. 957.
7. Bulavin, L.A., Zabashta, Y.F., Todosiychuk, T.T., & others. (2010). Method for determining the shear adhesive strength of protective polymer coatings. *Technological systems*, 2, 38-41.

Стаття надійшла до редакції 26.02.2023 року



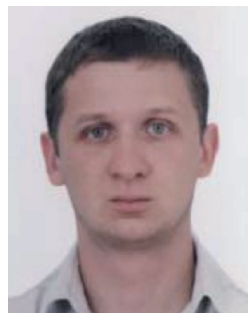
Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-1-2023-6>

УДК 699.82



ДМИТРИЄВ Д.А.

Канд. технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: dmitrievgts71@gmail.com, тел. +38 (097) 603-75-36, ORCID 0000-0001-7307-2150



СТЕПАНЧУК С.В.

Старший науковий співробітник, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: serij19071982@gmail.com, тел. +38 (097) 645-38-70, ORCID 0000-0002-5591-1827



КУРАШ С.Ю.

Старший науковий співробітник, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: zuvs2004@gmail.com, тел. +38 (050) 949-33-29, ORCID 0009-0001-5810-9258

ЗАХИСТ ЗАГЛИБЛЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ВІД ВПЛИВУ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА БУДІВЕЛЬНИЙ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ ПЕРІОДИ

АНОТАЦІЯ

Урбанізовані території є найбільш яскравим прикладом потужного і незбалансованого впливу на геологічне середовище техногенних факторів, які часто порушують гідрогеологічні та геоecологічні умови території.

На забудованих територіях спостерігаються значні зміни умов формування поверхневого і підземного стоку, порушується характер гідравлічного зв'язку поверхневих і підземних вод, а також водоносних горизонтів між собою. Якщо в природних умовах такі зміни носять еволюційний характер, то при будівництві вони мають стрибкоподібний характер.

Спорудження фундаментів будівель і споруд на палях, тунелів, а також підземних паркінгів в більшості випадків призводить до баражування потоку підземних вод та, як наслідок, до підтоплення. Підземний простір сучасного міста насичений водонесучими комунікаціями, які також

мають непередбачувані витоки. Інфільтрація вод з комунікацій може викликати значний підйом рівнів підземних вод верхнього водоносного горизонту у вигляді окремих горбів, що мають випадковий характер і важко піддаються прогнозуванню. Проектування і будівництво нових будівель та споруд підвищеної відповідальності в складних інженерно-геологічних умовах та в умовах ущільненої забудови потребує додаткових заходів, які повинні забезпечити можливість безпечного виконання будівельних робіт, обмежити вплив на оточуючі споруди і мережі та захистити новобудови та оточуючу забудову від прояву небезпечних інженерно-геологічних процесів. В останні роки були зафіксовані випадки не врахованих особливих умов на ділянках будівництва (інженерно-геологічні і гідрогеологічні умови, наявність ґрунтів з особливими властивостями, оточуюча забудова та інженерні мережі тощо),



що, в свою чергу, призводило до порушення умов експлуатації нових об'єктів. На даних об'єктах виконувалися додаткові роботи з відновлення експлуатаційної надійності, що призводило до значного подорожчання вартості будівництва.

Виходячи з вищевикладеного, при проектуванні і будівництві об'єктів, особливо з розвинутою підземною частиною, слід передбачати комплекс заходів щодо захисту від впливу підземних вод на будівельний та експлуатаційний періоди. Такі заходи повинні застосовуватися у відповідності до вимог чинних в Україні нормативних документів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: підземні води, фільтрація, коефіцієнт фільтрації, будівельне водозниження, дренаж, гідроізоляція.

PROTECTION OF DEEP STRUCTURES OF BUILDINGS AND STRUCTURES AGAINST THE EFFECT OF GROUNDWATER DURING CONSTRUCTION PERIOD AND LIFECYCLE

ABSTRACT

Urbanized territories are the most striking example of the powerful and unbalanced impact of anthropogenic factors on the geological environment, often violating the hydrogeological and geo-ecological conditions of the territory.

In the built-up areas, there are significant changes in the conditions for the formation of surface and underground runoff, the nature of the hydraulic connection of surface and groundwater, as well as aquifers with each other, is disrupted. If in natural conditions such changes are evolutionary in nature, then during construction they are spasmodic.

The construction of foundations of buildings and structures on piles, tunnels, as well as underground parking in most cases leads to a barrage of the flow of groundwater, and as a result, to the phenomenon of flooding. In addition, the underground space of a modern city is saturated with water-bearing communications, which, as a rule, have unpredictable leakages. Infiltration of water from communications can cause a significant rise in groundwater levels of the upper aquifer in the form of individual hills that are random and difficult to predict. The design and construction of new buildings and structures of increased responsibility in difficult engineering and geological conditions and conditions of dense building requires additional measures that should ensure the possibility of safe construction work, limit the impact on surrounding structures and networks, and protect new buildings and surrounding buildings from the manifestation of hazardous engineering and geological processes. In recent years, cases have been recorded when special conditions at construction sites were not taken into account (geological and hydrogeological conditions, the presence of soils with special properties, surrounding buildings and engineering networks), which in turn led to a violation

of the operating conditions of new facilities. At these facilities, significant amounts of additional work were carried out to restore operational reliability, which led to a significant increase in the cost of construction.

Based on the foregoing, in the design and construction of facilities, especially with a developed underground part, a set of measures should be taken to protect against the impact of groundwater during the construction and operational periods. Such measures should be applied by the requirements of the regulatory documents in force in Ukraine.

KEYWORDS: groundwater, filtration, coefficient of filtration, construction dewatering, water drainage, waterproofing.

ВСТУП

Велика кількість новобудов зводиться на ділянках зі складними інженерно-геологічними і гідрогеологічними умовами. Значні території мають природне підтоплення підземними водами внаслідок їх високого природного рівня, або за рахунок значних атмосферних опадів, або при проходженні повені в річках та озерах. Крім того, часто необхідно виконувати заглиблену частину новобудови виходячи з нормативних вимог щодо кількості паркомісць в умовах обмеженої площі забудови. Це призводить до того, що підземні приміщення знаходяться нижче рівня підземних вод, а також до значного ускладнення робіт нульового циклу, що потребує виконання комплексу робіт щодо їх захисту.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблемі захисту споруд від підземних вод присвячено багато досліджень та публікацій. В статті [1] наведений аналіз стану нормативних документів, які визначають вимоги до інженерного захисту територій, на яких можливе виникнення небезпечних інженерно-геологічних процесів, та варіанти їх захисту. При розташуванні ділянок будівництва на підтоплених територіях, крім інженерно-геологічних вишукувань, слід виконувати гідрогеологічні вишукування, а також математичне моделювання. На основі отриманих результатів обираються варіанти заходів, які повинні забезпечити нормальні умови виконання робіт та безпечну експлуатацію новобудови. Варіанти захисту підземних частин будівель наведені в публікаціях [2, 3]. Слід зауважити, що зазвичай розглядається лише одна чи дві складові проблеми підтоплення, хоча слід вирішувати її комплексно.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Виконання аналізу інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов ділянок будівництва, розробки технічних рішень або проектів захисту



котлованів та заглиблених конструкцій передбачено вимогами [4÷8]. Ці будівельні норми поширюються на проектування споруд і заходів з інженерного захисту територій, будівель і споруд від шкідливої (руйнівної) дії небезпечних геологічних процесів.

При здійсненні інженерного захисту від руйнівних впливів небезпечних геологічних процесів необхідно керуватися відповідними законодавчими і нормативними актами України і виконувати його з урахуванням вимог законів України «Про основи містобудування», «Про охорону навколишнього природного середовища», Земельного, Водного та Лісового кодексів України, «Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд», будівельних норм, санітарних норм і правил, гігієнічних нормативів, місцевих екологічних умов і обмежень, єдиної державної системи запобігання та реагування на аварії, катастрофи й інші надзвичайні ситуації.

Основною задачею даного дослідження є попередження або захист будівель від підтоплення і затоплення на прикладі об'єкту, що розташований в м. Київ на лівому березі річки Дніпро.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Адміністративно, ділянка досліджень розташована в м. Київ у Деснянському районі. Ділянка представляє собою: частково зруйнований, частково діючий ринок; огорожену автостоянку; незабудовану територію з залишками будівель. На даний час на ділянці дослідження частково виконане огороження котловану, палове поле та

відкопування котловану.

Новобудова (торгово-розважальний центр) – будівля прямокутної конфігурації в плані, розміри між крайніми осями 403,4×109м. Висота поверхів від 3,45 до 10 метрів.

В конструктивному відношенні будівля вирішена в монолітному залізобетонному каркасі, без деформаційних швів.

Для конструкцій нижче 0,000 виконується їх гідроізоляція. В швах бетонування передбачаються гідрошпонки.

У відповідності з [8] споруда має клас наслідків (відповідальності) СС3.

Огородження котловану, в залежності від величини перепаду відміток ґрунту, виконується з буронабивних паль Ø820 та Ø 620 мм, з прокатних двотаврів І 30К1, з прокатних двотаврів І 24К1. В якості забірки виконуються Jet-палі Ø400 та Ø600 мм.

Огородження котловану розташоване в наступних ґрунтах: ІГЕ-1 – насипні та техногенні ґрунти - асфальт, бетон, щебінь, тротуарна плитка, супіски та піски маловологі, різнозернисті, коричневі, бурі, світло-бурі, жовті гумусовані з будівельним сміттям, залишки ґрунтово-рослинного шару з коренями рослин та дерев; ІГЕ-2 – пісок дрібний до пилуватого середньої щільності до щільного, маловологий до насиченого водою, від темно-коричневого до буруватого, світло-жовтий до світло-сірого, зустрічаються прошарки пилуватих пісків та супісків; ІГЕ-3 – пісок середньозернистий до крупнозернистого, щільний, рідше - середньої щільності, насичений водою, світло-сірий, кварцовий. В нижній частині зустрічаються гравійні про-

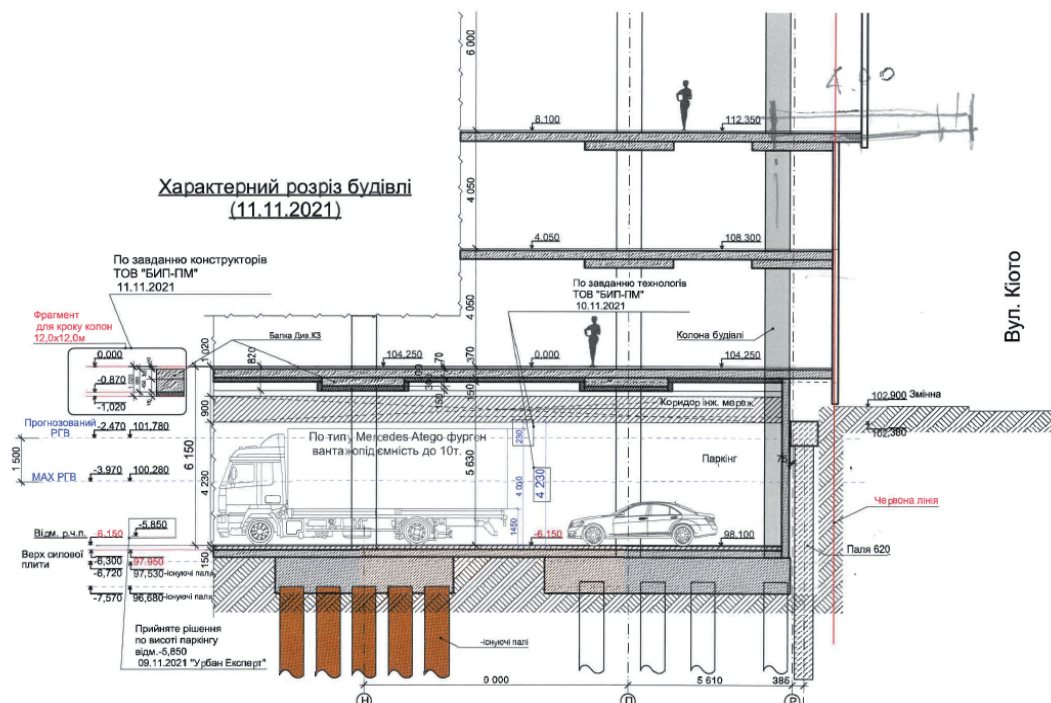


Рисунок 1 – Характерний розріз по висі торгово-розважального центру



шарки з жорсткою та щебенем кристалічних порід.

Характерний розріз торгово-розважального центру наведений на рисунку 1. Посадка паль огороження котловану $\varnothing 620$ і 820 мм на інженерно-геологічний розріз наведена на рисунку 2.

Постійні водоотоки на території відсутні. Але у періоди інтенсивного сніготанення та випадіння рясних злив у пониженнях рельєфу можливе утворення тимчасових локальних зон накопичення поверхневих вод.

В геологічній будові ділянки в межах дослідженої глибини приймають участь відклади четвертинного віку – сучасні та верхньочетвертинні, які залягають на розмитій поверхні еоценових відкладів. Верхня частина розрізу ділянки будівництва представлена техногенними насипними неоднорідними ґрунтами.

Категорія ґрунтів за сейсмічними властивостями – III.

Ділянка досліджень знаходиться в межах борту річної долини з помірними нахилами на південний захід. Ділянка зазнала значного техногенного втручання та має цілком антропогенний рельєф.

Загальний нахил території – на південний захід, в напрямку до річки Дніпро. Відмітки поверхні землі в районі ділянки будівництва та прилеглої території складають від $100,00$ м до $105,00$ м. Внаслідок антропогенного втручання рельєф ділянки фактично понижується у зворотній бік від річки Дніпро з південного заходу на північний схід.

Гідрогеологічні умови ділянки досліджувалися на глибину до $25,0$ м. Роботи виконувалися в лютому-березні 2018 року в період характерного інтенсивного сніготанення з поступовим зро-

станням рівня підземних вод до їх сезонного максимуму. Через аномальні погодні умови рівень ґрунтових вод на період досліджень знаходився на сезонному зимовому мінімумі.

Гідрогеологічні умови ділянки характеризуються наявністю безнапірного ґрунтового водоносного горизонту, поширеного по всьому розрізі. Глибина залягання рівня ґрунтових вод в межах ділянки на період проведення вишукувань становила $4,0...6,0$ м від поверхні землі (відмітки $96,0...99,0$ м).

Суглинки на ділянці слугують локальним водотривким шаром, проте, через незначну потужність, не мають значного впливу на режим підземних вод. Розкрита потужність водоносного горизонту складає близько $19,0...21,0$ м.

Величина можливого підйому рівня підземних вод може становити не більше $1,5$ м від зафіксованого.

На території досліджень можливе утворення локальних тимчасових зон водонасичення типу верховодки. Також можливе утворення верховодки та підтоплення території у пониженнях рельєфу в результаті випадіння значних опадів або витікання з водонесучих комунікацій.

Інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови ділянки досліджень є, в цілому, складними для ведення будівельних робіт, додатково ускладнені неоднорідними ґрунтами, високими рівнями ґрунтових вод та техногенним впливом.

На основі результатів інженерно-геологічних вишукувань були визначені фільтраційні параметри підземного потоку на ділянці будівництва, а саме: питома фільтраційна витрата, середній коефіцієнт

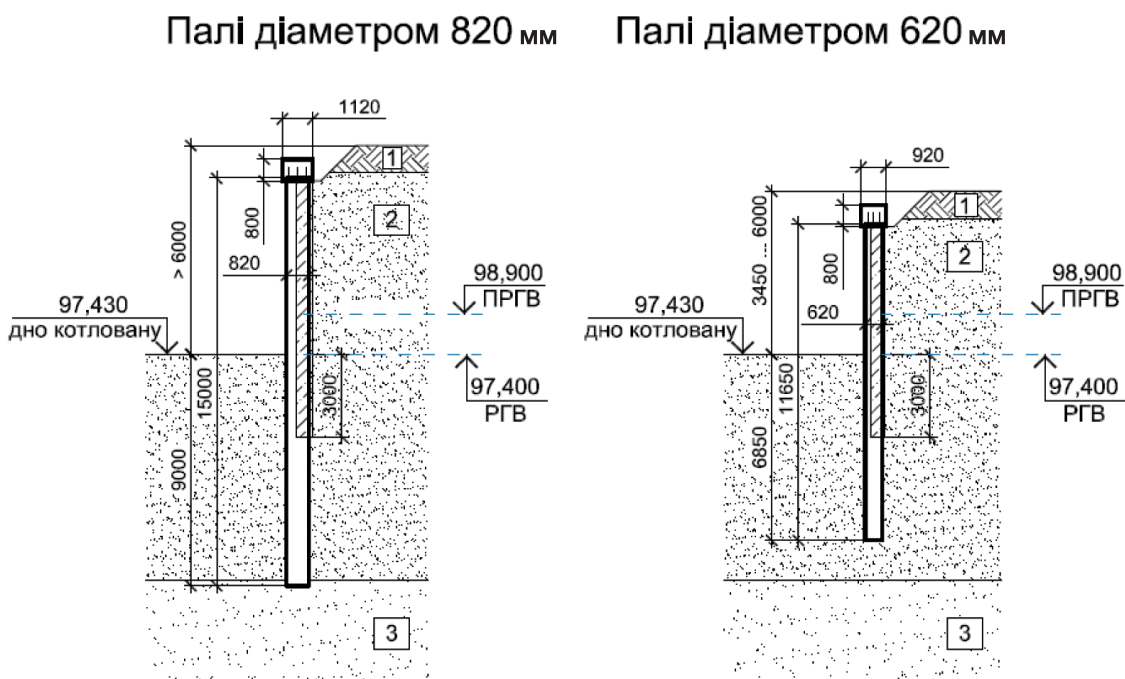


Рисунок 2 – Посадка паль огороження котловану $\varnothing 620$ і 820 мм на інженерно-геологічний розріз



фільтрації ґрунтів, градієнт фільтраційного напору, загальна фільтраційна витрата, середні швидкості фільтраційного потоку.

Перевірка фільтраційної міцності ґрунту проводилася в місцях виходу фільтраційного потоку в котлован. Огородження котловану прийнято з Jet-паль діаметром 0,62 і 0,82 м, при їх заглибленні на 1,0 м нижче дна котловану. На ділянці будівництва можливе виникнення фільтраційних деформацій. Для оцінки можливості виникнення в піщаному ґрунті ІГЕ-2 фільтраційних деформацій ґрунту (механічної суфозії) визначали фільтраційну міцність ґрунту на ділянці будівництва.

Котлован на майданчику будівництва розташований в пісках дрібних – ІГЕ-2, ІГЕ-3. Наявність піску поблизу огороження і в рівні дна котловану може призвести до виникнення суфозії, яка може викликати винос ґрунту основи в котлован.

У сипучих ґрунтах можливі фільтраційні деформації (механічна суфозія), які залежать від характеристик ґрунтів, градієнтів напору і їх напрямку. Значення критичного градієнту напору $I_{cr,m}$ рекомендується визначати при

$$K_{60/10} = \frac{d_{60}}{d_{10}} \geq 10, \quad (1)$$

де d_{60} , d_{10} – діаметри часточок, дрібніше яких у ґрунті міститься відповідно 60 і 10% по масі часточок, а також при вмісті часток розміром $D < 1,00$ мм у межах 10-30% по масі.

При оцінці місцевої фільтраційної міцності ґрунту необхідно виконати умову

$$I_{est,m} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot I_{cr,m}, \quad (2)$$

де $I_{est,m}$ – діючий середній градієнт напору в озрахунковій області фільтрації;

$I_{cr,m}$ – критичний середній градієнт напору;

γ_n – коефіцієнт надійності по відповідальності споруд, який для споруд класу наслідків ССЗ рівний 1,25 згідно з [8].

За результатами виконаних розрахунків для попередження виникнення суфозії було рекомендовано збільшити довжину Jet-паль на 2,0 м.

Для визначення притоку підземних вод в котлован спочатку визначались параметри фільтраційного потоку в зоні його виходу в котлован: швидкості фільтраційного потоку та питомі фільтраційні витрати. Можливий приток води в котлован при підвищеному рівні ґрунтових вод складає $Q = 11497,52 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Для оцінки впливу зведення будівлі багатофункціонального торговельно-розважального центру з паркінгом на гідрогеологічний режим прилеглої території виконане чисельне моделювання руху підземних вод. Розрахунки виконувалися за допомогою програмного комплексу MODFLOW, який забезпечує розрахунки тривимірного фільтраційного потоку, балансу водних мас та масопереносу і дозволяє визначати всі необхідні параметри потоку й масиву ґрунту.

Розрахунки по визначенню впливу нового будівництва на зміну гідрогеологічного режиму прилеглої території виконувалися для рівня підземних вод, зафіксованого під час вишукувань і при його максимальному підвищенні, яке складає 1,5 м.

Розглядалась просторова задача руху фільтраційного потоку. На рисунку 3 наведена

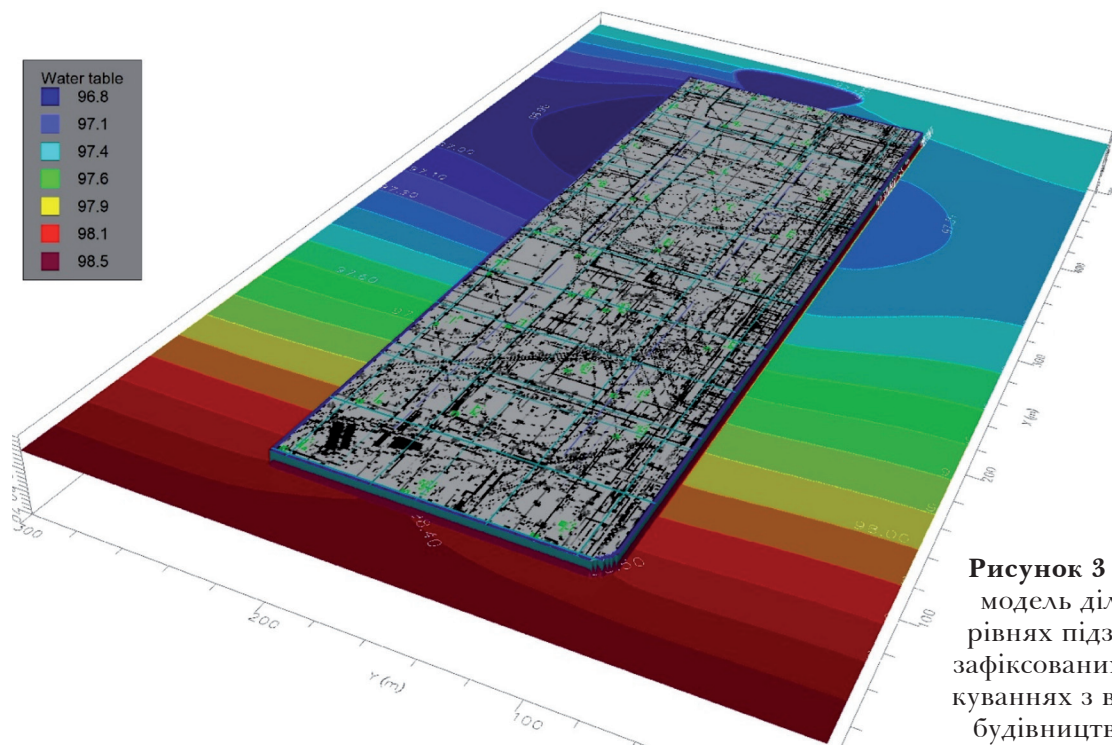


Рисунок 3 – Об’ємна модель ділянки при рівнях підземних вод, зафіксованих при вишукуваннях з врахуванням будівництва торгово-розважального центру



об'ємна модель ділянки при рівнях підземних вод, зафіксованих при вишукуваннях з врахуванням будівництва торгово-розважального центру.

За результатами розрахунків була визначена можливість виникнення баражного ефекту та відстань, на яку він розповсюджується.

На основі виконаного аналізу інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов ділянки будівництва були надані рекомендації щодо виконання заходів з попередження підтоплення котловану під час будівництва та захисту заглиблених конструкцій новобудови під час експлуатації.

У будівельний період слід виконувати будівельне водозниження. Виконання будівельного водозниження за допомогою відкритих каналів і зумпфів, з яких вода буде відводитися до міської каналізаційної мережі, на даній ділянці можливе лише для відведення опадів. Для забезпечення осушення котловану від ґрунтових вод слід виконувати примусове водозниження, наприклад, за допомогою глибоких свердловин або голкофільтрів.

Однотимчасне відкопування всього котловану не доцільне, так як його основа складена з ґрунтів, які мають значні коефіцієнти фільтрації, що буде призводити до потрапляння до котловану значної витрати ґрунтових вод. Низ свердловин або голкофільтрів слід встановлювати нижче відміток дна котловану, що може призвести до зниження положення кривої депресії, та, як наслідок, можуть виникнути фільтраційні деформації у вигляді механічної суфозії, винос ґрунту в котлован та виникнення деформацій будівель, споруд та інженерних мереж поруч з майданчиком будівництва.

При використанні голкофільтрів розробка котловану повинна виконуватися невеликими захватками (ділянками) таким чином, щоб зниження рівня ґрунтових вод поруч з ділянкою будівництва не призвело до виникнення нерівномірних деформацій основи та до пошкоджень будівель, споруд, дорожніх покриттів та інженерних мереж, що розташовані поруч. Крім того, з котловану будуть відводитися в зливову систему значні обсяги води, яка буде відкачуватися з котловану.

При цьому, після виконання робіт нульового циклу на одній ділянці (влаштування пальового поля, ростверків, гідроізоляції, вертикальних елементів) слід виконати заходи недопущення потрапляння ґрунтових вод при виконанні робіт нульового циклу на наступній ділянці. Визначення кількості і розмірів захваток визначаються в Проекті виконання робіт (ПВР), виходячи з можливостей виконавця робіт.

За результатами розрахунків «баражний ефект» після зведення торгово-розважального центру буде незначним як при рівнях ґрунтових вод, зафіксованих при вишукуваннях, так і при їх прогнозованому підвищенні. Це підвищення рівня ґрунтових вод знаходиться в межах їх сезон-

них коливань. Якщо при виконанні вертикального планування та інженерного захисту будуть виконані заходи з поверхневого водовідведення, а водонесучі мережі будуть виконані з дотриманням усіх нормативних вимог та з гарантованою надійністю щодо неможливості витоків з них, тоді можна буде розглянути варіант щодо відмови від виконання дренажу на експлуатаційний період. В такому варіанті підземні конструкції повинні бути розраховані з врахуванням тиску ґрунтових вод та їх сезонного коливання.

ВИСНОВКИ

1. Ділянка будівництва характеризується складними інженерно-геологічними і гідрогеологічними умовами. Гідрогеологічні умови ділянки характеризуються наявністю безнапірного ґрунтового водоносного горизонту в піщаних ґрунтах.
2. За сукупністю факторів територія вишукування відноситься до II категорії складності інженерно-геологічних умов – середньої складності.
3. За результатами виконаних фільтраційних розрахунків визначені основні фільтраційні параметри підземних вод.
4. Уточнена відмітка заглиблення низу Jet-паль за умови попередження виникнення механічної суфозії.
5. Отримані значення витрати підземних вод, які будуть потрапляти в котлован.
6. За результатами розрахунків з оцінки впливу будівництва на можливу зміну гідрогеологічного режиму отримано, що максимальна величина підвищення рівнів підземних вод перед підземною частиною будівлі («баражний» ефект) складатиме 0,15...0,2 м. Радіус підвищення рівнів ґрунтових вод спостерігається на відстані до 25 м перед підземною частиною торгово-розважального центру. На ділянці будівництва при виконанні будівельних робіт буде відбуватися підтоплення підземної частини будівлі під час її будівництва та експлуатації.
7. Виконання дренажу на даній ділянці не є обов'язковим, так як основа складена піщаними ґрунтами зі значними коефіцієнтами фільтрації, тому основний захист підземної частини виконується за рахунок влаштування якісної гідроізоляції.
8. Комплекс робіт з визначення можливості підтоплення новобудови та розробки рекомендацій щодо її захисту, який було виконано на даній ділянці будівництва, повинен виконуватися для об'єктів з розвинутою підземною частиною в аналогічних інженерно-геологічних і гідрогеологічних умовах.



БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Червинский Я.И., Шуминский В.Д., Дмитриев Д.А. Требования к инженерной защите при освоении территорий, на которых возможно проявление опасных инженерно-геологических процессов. - Наука та будівництво. 2013, вип. 79.
2. Dmitriev D., Vasilchuk S., Yaremchuk M., Petrovanchuk Y. Experience of geosynthetic materials use in drainage system device - Academic journal. Series: Industrial machine building, civil engineering. Issue 2 (51)/, 2018, p. 24-30.
3. Faure Y.H. and al. Experimental and Theoretical Methodology to Validate New Geocomposite Structure for Drainage, Geotextiles and Geomembranes vol., 2013, p. 397- 412.
4. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд: ДБН В.1.2-14:2018 [Чинна від 2019-01-01]. - К.: Мінрегіон України, ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій ім. В.М.Шимановського», 2018. - 36 с. - (Державні будівельні норми).
5. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення: ДБН В.1.1-45:2017 [Чинна від 2017-10-01]. - К.: Мінрегіон України, ДП «Укрархбудінформ», 2017. - 23 с. - (Державні будівельні норми).
6. Інженерні положення для будівництва: ДБН А.2.1-1-2008 [Чинна від 2008-07-01]. - К.: Мінрегіон України, УкрНДІПНТВ, 2008. - 76 с. - (Державні будівельні норми).
7. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення: ДБН В.1.1-25-2009 [Чинна від 2011-01-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, Укр «УкрВОДГЕО», 2009. - 52 с. - (Державні будівельні норми).
8. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018 [Чинна від 2019-01-01]. - К.: Мінрегіон України, ДП «НДІБК», 2017. - 23 с. - (Державні будівельні норми).
3. Faure, Y.H., et al. (2013). Experimental and theoretical methodology to validate new geocomposite structure for drainage. Geotextiles and Geomembranes, 397-412.
4. DBN V.1.2-14:2018. (2019). General principles of ensuring the reliability and structural safety of buildings and structures. Kyiv: Ministry of Regions of Ukraine, Shimanovsky Ukrainian Institute of Steel Construction.
5. DBN V.1.1-45:2017. (2017). Buildings and Structures in Complex Engineering-Geological Conditions. General Provisions: Kyiv, Ministry of Regions of Ukraine: Ukrarkhbuildinform.
6. DBN A.2.1-1-2008. (2008). Engineering conditions for construction. Kyiv: Ministry of Regions of Ukraine, UkrNDIINT.
7. DBN V.1.1-25-2009. (2011). Engineering protection of territories and buildings against flooding and inundation. Kyiv: Ministry of Regions of Ukraine, "UkrVODGEO".
8. DBN V.2.1-10:2018. Bases and foundations of buildings and structures. Substantive provisions. (2019). Kyiv: Ministry of Regions of Ukraine, NIISK.

Стаття надійшла до редакції 10.03.2023 року

REFERENCES

1. Chervinsky, Y.I., Shuminsky, V.D., & Dmitriev, D.A. (2013). Requirements for engineering protection in the development of territories where hazardous engineering-geological processes may occur. Science and Construction, 79.
2. Dmitriev, D., Vasilchuk, S., Yaremchuk, M., & Petrovanchuk, Y. (2018). Experience with geosynthetic materials use in drainage system devices. Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering, 2(51), 24-30.