



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

УДК 699.841; 620.179.16



**НЕМЧИНОВ Ю.І.**

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



**МАР'ЄНКОВ М.Г.**

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



**ГЛУХОВСЬКИЙ В.П.**

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



**БАБІК К.М.**

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

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

### АНОТАЦІЯ

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

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

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

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



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

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

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

### **ABSTRACT**

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

In the process of design, construction and operation of buildings and structures, it is often necessary to solve problems of ensuring the reliability of structures, reducing negative impacts on existing buildings and the environment, minimizing environmental risks, etc. To solve problems and technically complex issues not stipulated by building codes, measures are taken to provide scientific and technical support (STS) to construction projects at all stages of their life cycle. When designing buildings and structures with a significant (СС3) consequent class in seismic areas, scientific and technical support (STS) is mandatory.

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

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

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

### **ВСТУП**

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

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

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

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

### **ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ**

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



Україні станом на 2013 рік.

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

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

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

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

## **СЕЙСМІЧНА НЕБЕЗПЕКА ТА СЕЙСМІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ**

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

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

жень і створення баз сейсмологічних даних для досліджуваних територій;

- побудова карт сейсмічного районування.

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

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

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

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

## **ПІДВИЩЕННЯ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

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

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

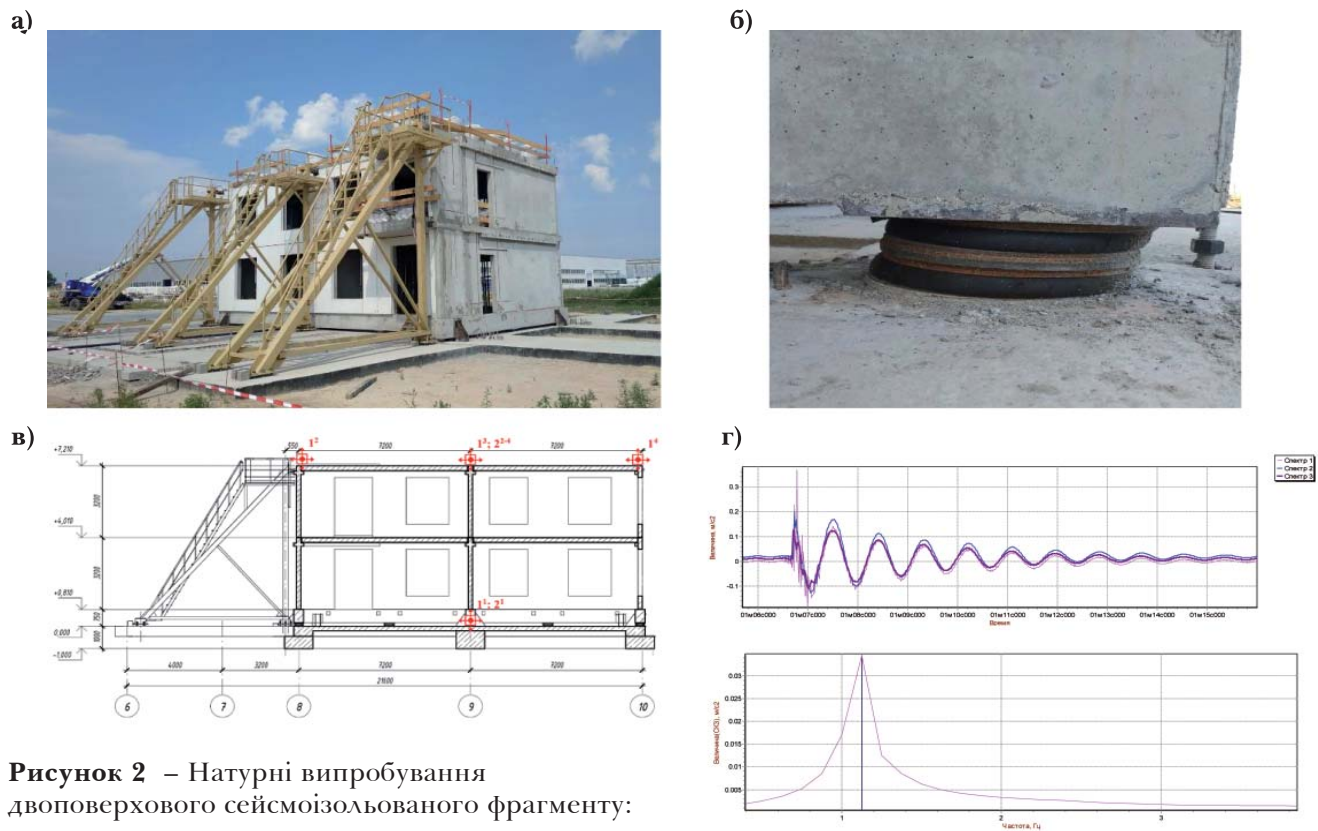


Умови розміщення, архітектурні та конструктивні рішення будівель і споруд в багатьох випадках не відповідають засадам сейсмостійкого будівництва та окремим положенням будівельних норм [2]. Роботи з НТС передбачають, насамперед, уточнення сейсмічності майданчиків будівництва за результатами СМР; виконання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

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



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



**Рисунок 2** – Натурні випробування двоповерхового сейсмоізованого фрагменту:

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



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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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



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

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

### РОЗВИТОК НОРМАТИВНОЇ БАЗИ

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



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

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

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

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

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

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

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

ня і будівництва та експлуатації і ліквідації.

## ВИСНОВКИ

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

2. Для вирішення питань забезпечення та підвищення сейсмостійкості необхідне вдосконалення і розвиток експериментальної бази наукових установ за рахунок застосування нових засобів експериментальної перевірки сейсмостійкості споруд, таких як: сейсмічні платформи, вібраційні машини для проведення натурних динамічних випробувань просторових фрагментів та секцій будівель, встановлення сейсмічних станцій для реєстрації землетрусів тощо.

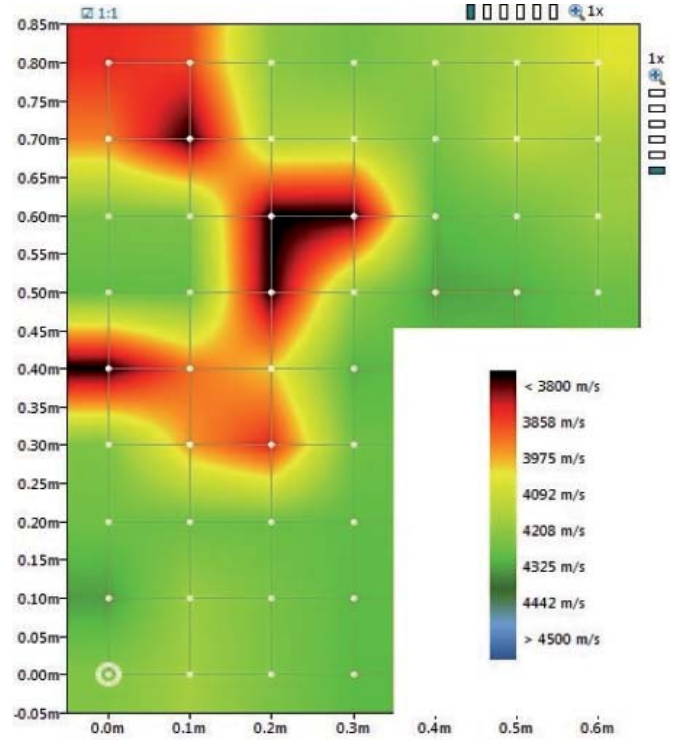
3. Актуальним залишається питання підготовки та прийняття Національної програми «Сейсмобезпека будівель, споруд та території України» [1], в рамках якої пропонується провести дослідження та розробити науково-обґрунтовані пропозиції щодо:

- оцінки сейсмостійкості існуючих будівель і споруд, що експлуатуються в сейсмічних районах України (на прикладі об'єктів соціальної сфери; об'єктів забезпечення потреб населення та ліквідації наслідків сейсмічних подій; протиселевих, протизсувних, протилавінних споруд тощо);
- оцінки сейсмостійкості різних конструктивних схем на основі натурних динамічних випробувань та розроблення науково-обґрунтованих пропозицій до відповідних нормативних документів;
- розроблення нової або вдосконалення існуючих методик розрахунку ризиків руйнування конструкцій при дії сейсмічних навантажень.

4. Важливим є розробка механізму отримання частини економічного ефекту від впровадження результатів наукової діяльності з метою вдосконалення експериментальної



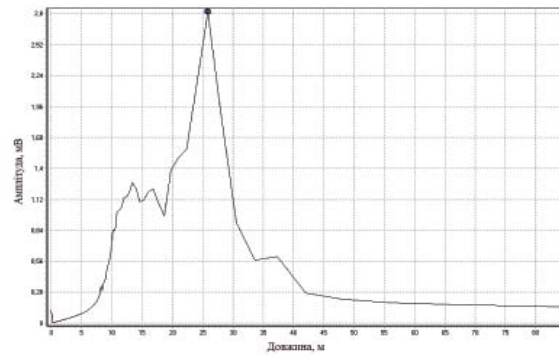
а)



б)



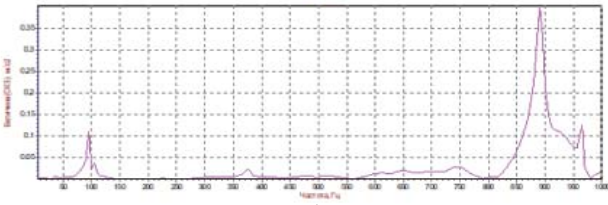
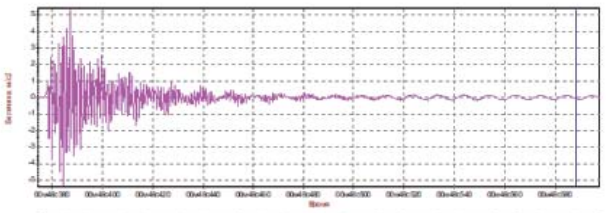
в)



г)



д)



е)

**Рисунок 6** – Приклади застосування неруйнівних методів:

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



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

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

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

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





- житлових будинків від сейсмічних навантажень та динамічних впливів залізничного транспорту. Наука та будівництво. 2019. № 20(2). С. 19-30. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v20i2.92>
18. Мар'єнков М.Г., Болотов Ю.К., Дирда В.І., Лисиця М.І. (2021). Сейсмоізоляція багатопверхових будинків складної конфігурації із пальовим ростверком. Наука та будівництво. 2021. № 29(3). С. 57-64. <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-7>
  19. Лучко, Й.Й., Мар'єнков, М. Г., Бабік, К. М. (2021) Вібродинамічний моніторинг ґрунту та конструкцій при влаштуванні шпунтового огороження котловану в умовах щільної міської забудови». СучТехнБудів. 2021. № 30 (1). С. 52–64. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2021-1-52-64>
  20. Немчинов Ю.І. (2021). Будівельна наука та забезпечення сейсмічної безпеки в Україні з урахуванням рекомендації Єврокодів. Наука та будівництво. 2021. № 29(3). С. 3-14. <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-1>
  21. Немчинов Ю.І., Мар'єнков, М. Г., Бабік, К. М., Єгупов К.В., Кендзера О.В., Шеховцов І.В., Петраш С.В. (2019). Нормативні акти в сфері сейсмостійкого будівництва нового покоління. Зміна № 1 ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України». Наука та будівництво. 2019. № 19(1). С. 4-17. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v19i1.62>
  22. Мар'єнков, М., Немчинов, Ю., Бабік, К. (2023). Особливості нової редакції ДБН В.1.1-12:202X «Будівництво у сейсмічних районах. Основні положення». Наука та будівництво. 2023. № 36(2). <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-4>
  23. ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 «Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 1. Загальні правила, сейсмічні дії, правила щодо споруд (EN 1998-1:2004, IDT)». Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2011. 11 с.
  24. ДСТУ-Н Б EN 1998-3:2012 «Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 3. Оцінка стану та відновлення будівель (EN 1998-3:2012, IDT)». Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.

## REFERENCES

1. Nemchynov, Yu.I. (2020). Natural and Man-Made Hazards: Accidents and Their Consequences. Kyiv: State Enterprise "NDIBK"
2. DBN V.1.1-12:2014. (2014). Construction in Seismic Areas of Ukraine. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
3. State Research Institute of Building Constructions. (2020). Strategic Development Plan for 2020-2025. Retrieved from <http://www.niisk.com/pro-nas/strateg-chn-ts-l/>
4. Nemchynov, I., Khavkin, O., Marienkov, M., & Babik, K. (2014). Seismic-Resistant Construction in Ukraine: State of Experimental and Theoretical Research and Development of Normative Framework. Science and Construction, 1(1), 16-21.
5. Kendzera, O., Nemchynov, I., Yegupov, K., Marienkov, M., Yegupov, V., & Semenova, Y. (2021). Methodological Aspects of Seismic Zoning. Science and Construction, 29(3), 15-23. <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-2>
6. DSTU-N B V.1.1-28:2010. (2011). Scale of Seismic Intensity. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
7. Zülfikar, A.C., Fercan, N.Ö.Z., Tunç, S., et al. (2017). Real-time Earthquake Shake, Damage, and Loss Mapping for Istanbul Metropolitan Area. Earth Planets Space, 69(9). <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0579-x>
8. Ianoş, I., Merciu, G.-L., Merciu, C., & Pomeroy, G. (2017). Mapping Accessibility in the Historic Urban Center of Bucharest for Earthquake Hazard Response. Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions [Preprint]. <https://doi.org/10.5194/nhess-2017-13>
9. Silacheva, N.V., Kulbayeva, U.K., & Kravchenko, N.A. (2018). Probabilistic Seismic Hazard Assessment of Kazakhstan and Almaty City in Peak Ground Accelerations. Geodesy and Geodynamics, 9(2), 131-141. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2017.11.002>
10. DBN V.1.2-5:2007. (2007). Scientific and Technical Support for Construction Projects. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
11. Dorofeev, V.S., Yegupov, K.V., Soroka, M.M., & Murashko, O.V. (2019). Issues of Scientific Support for the Design of High-Rise Buildings in the City of Odessa. Science and Construction, 19(1), 38-45. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v19i1.66>
12. Marienkov, M., Babik, K., Bohdan, D., Nedzvedska, O., Glukhovskiy, V., & Samoylenko, S. (2019). Substantiation of the Seismic Resistance of a High-Rise Building Based on Instrumental and Dynamic Research Results. Science and Construction, 19(1), 66-71. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v19i1.70>
13. Nemchynov, I., Tarasyuk, V., Marienkov, N., Zharko, L., Bohdan, D., Syrotin, O., Panchyk,



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

Стаття надійшла до редакції 29.08.2023