

УДК 69.059.2:69.03:624.012.45

**ВИКОРИСТАННЯ ТРУБОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ У РЕКОНСТРУКЦІЇ
ЗРУЙНОВАНИХ ПЕРЕКРИТТІВ ВЕЛИКОПАНЕЛЬНИХ БУДИНКІВ**

Кандидати техн. наук Ф. І. Казімагомедов, К. І. Вяткін,
старш. викл. Н. В. Мороз, фах. М. М. Селезньов

**THE USE OF CONCRETE-FILLED STEEL TUBE STRUCTURES
IN THE RECONSTRUCTION OF DESTROYED FLOOR SLABS IN LARGE-PANEL
BUILDINGS**

PhD (Tech.) F. Kazimagomedov, PhD (Tech.) K. Viatkin, Sr. lecturer N. Moroz,
Specialist M. Seleznov

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.213.2025.341963>



***Анотація.** У статті проаналізовано основні пошкодження перекриттів великопанельних будівель унаслідок артилерійських обстрілів. Запропоновано метод реконструкції пошкоджених перекриттів великопанельних залізобетонних житлових будинків на прикладі зруйнованих споруд у місті Харкові. Метод полягає у створенні субкаркаса з труобетонних конструкцій, заповнених спеціально підібраним складом*

(фібробетон і модифікатор бетону), на який заливають основне перекриття. Використання класичного залізобетонного перекриття або металевого субкаркаса призводить до суттєвого збільшення товщини перекриття порівняно з тими, що застосовують у великопанельному будівництві. Це зумовлено особливостями монтажу безпосередньо на будівельному майданчику, які відрізняються від заводських умов. Запропонований у статті субкаркас демонструє, що застосування таких конструкцій дає змогу значно зменшити перерізи несучих елементів.

Ключові слова: труобетон, реконструкція, відновлення, перекриття, великопанельна будівля, конструкції.

Abstract. The full-scale military invasion of Ukraine by the Russian Federation in February 2022 caused widespread damage to civilian infrastructure, including large-panel residential buildings constructed primarily in the late Soviet period. These structures are prevalent in urban districts like Saltivka, a densely populated area of Kharkiv located near the state border. Due to their modular design and proximity to frontline hostilities, many of these buildings experienced either partial or complete destruction, particularly affecting floor slabs.

This study investigates the restoration of floor systems in damaged large-panel buildings and proposes a practical, innovative reinforcement method based on tubular concrete (concrete-filled steel tubes) enhanced with a specialized infill composition. The solution involves constructing a steel subframe integrated with a modified concrete core that includes steel fiber and mineral additives to improve mechanical performance. Structural analysis and experimental tests demonstrated that this configuration significantly improves the stiffness and strength characteristics of floor elements while allowing for a reduction in slab thickness. Compared to traditional solutions, the proposed system offers up to 50 % less deformation than empty steel sections and about 30 % better performance than standard concrete-filled tubes.

From a construction standpoint, the design allows for efficient assembly within existing buildings, maintaining room height and minimizing the impact on architectural ergonomics. Additional central beams redistribute loads more effectively, transforming the floor into a system supported along its entire perimeter, which reduces bending moments and enhances load-bearing capacity.

This method addresses critical challenges in post-war reconstruction by providing a cost-effective, scalable approach to residential rehabilitation. Its compatibility with prefabricated panel housing makes it particularly valuable in regions where restoring living space quickly and safely is essential. The findings confirm that tubular concrete elements with optimized infill materials can serve as a reliable alternative to traditional slab replacement techniques in the context of modern structural retrofitting.

Keywords: concrete-filled tubes, structural rehabilitation, floor restoration, large-panel construction, load-bearing systems, reconstruction.

Вступ. Після початку повномасштабного вторгнення Російської Федерації в лютому 2022 року майже всі міста України зазнали ракетних і артилерійських обстрілів, що призвело до повного або часткового руйнування житлового фонду. Особливо значних ушкоджень зазнали прикордонні міста, зокрема місто Харків [1]. Найбільше

постраждали так звані «спальні» райони, імовірно, через їхню близькість до державного кордону з країною-агресором. Ці райони забудовували переважно після 1980 року, а основну частину житлового фонду в них складають великопанельні будинки.

Великопанельні будівлі (ВПБ) мають як певні недоліки, так і суттєві переваги.

Серед мінусів — не завжди вдале планування квартир, невелика висота приміщень, значні тепловтрати та інші архітектурні обмеження. Проте головною перевагою таких конструкцій є можливість швидкого зведення завдяки застосуванню заводських залізобетонних елементів.

Високі просторово-конструктивні жорсткості великопанельних будинків досягають за рахунок малого кроку внутрішніх несучих стін, а також надійності з'єднувальних вузлів між вертикальними та горизонтальними елементами заводського виготовлення, які мають достатню міцність.

Ми провели детальне обстеження кількох пошкоджених великопанельних будівель, розташованих на Салтівці — одному з найбільших житлових районів Харкова (рис. 1). Цей район зазнав значних пошкоджень через близьке розташування до державного кордону — приблизно 20 км. На початку повномасштабного вторгнення поблизу нього відбувалися активні бойові дії. Усі досліджувані будинки були класифіковані як аварійні. Незважаючи на індивідуальний характер пошкоджень у кожному конкретному випадку, їх вдалося згрупувати за типовими ознаками.



Рис. 1. Типові руйнування ВПБ

Було виділено три основні групи пошкоджень:

1. Повне руйнування, яке не підлягає відновленню.
2. Часткове руйнування, спричинене прямими влучаннями снарядів. У більшості випадків пошкоджені елементи можуть бути відновлені в межах капітального ремонту.
3. Незначні пошкодження, спричинені осколковою дією, — відколи, тріщини,

подряпини. Такі дефекти усувають під час поточного ремонту.

У статті розглядаємо тільки перекриття ВПБ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні існує багато класичних, а також сучасних (інноваційних) методів відновлення пошкоджених панельних будинків (рис. 2). Застосування ідентичних панелей наразі є неможливим, оскільки заводи з їх виготовлення вже не

функціонують через застарілість технологій і відсутність необхідних обсягів виробництва.

Тому до класичних методів можна віднести використання монолітного залізобетону або металевих каркасів [2], що призводить до збільшення товщини перекриття, а отже, зменшення висоти

приміщення, яка і без того є невеликою в таких будинках.

Деякі дослідники [3] пропонують застосовувати високоміцні матеріали (бетон і арматуру), що, безсумнівно, дає змогу зменшити переріз елементів, проте суттєво підвищує вартість перекриття. Крім того, слід урахувати дефіцит цих матеріалів.



Рис. 2. Приклад відновлення ВПБ

Існують методи із застосуванням сталобетонних балок [4, 5], однак вони значно збільшують загальну товщину перекриття.

Автори окремих досліджень також пропонують використання класичного трубобетону [6, 7], проте через високу деформативність такої конструкції використання трубобетонного сердечника, на нашу думку, є менш доцільним.

Також велика кількість досліджень [8, 9] рекомендують для реконструкції використовувати BIM-технології для аналізу та результатів. Безумовно, це сучасна методика, і ми її дотримуємося.

Визначення мети та завдання дослідження. У процесі вибухового впливу на конструкції ВПБ пошкоджені не лише окремі елементи, такі як перекриття чи стіни, а і їхні зварні з'єднання. Через особливості проектування майже всі стіни у ВПБ є несучими, що потенційно може призводити до серйозних руйнувань усієї будівлі навіть із втратою однієї з несучих конструкцій. На щастя, такі випадки трапляються нечасто завдяки значному запасу міцності та жорсткості споруд. Це дає змогу сусіднім елементам компенсувати втрату функцій пошкодженого елемента через перерозподіл навантаження.

Суть запропонованого методу відновлення перекриття полягає у створенні металевго субкаркаса на місці зруйнованих плит перекриття з подальшим влаштуванням монолітної плити. Така конструкція відновлює несучу здатність втраченої панелі та передає навантаження на стіни, відновлюючи тим самим цілісність системи ВПБ.

Нами, а також іншими дослідниками, було вдосконалено конструкцію типу «трубобетон» [10-13]. Трубобетон — це сталева труба, заповнена бетоном. Завдяки об'ємному обтиску бетону стінками труби його міцнісні та деформаційні характеристики суттєво покращені, що відкриває широкі можливості для застосування таких елементів. Основною перевагою трубобетону є висока міцність і знижена деформативність, що дає змогу зменшити поперечні розміри конструкцій. Це особливо актуально для ВПБ, де всі конструктивні елементи мають мінімально допустимі габарити, зумовлені заводським виготовленням. У польових умовах досягти таких розмірів традиційними методами майже неможливо, що призводить, зокрема, до зменшення корисної площі квартири після її відновлення.

Зменшення перерізу є особливо важливим із відновленням перекриттів, адже стандартна товщина перекриття у ВПБ становить 140–160 мм. Отримати аналогічну товщину монолітної плити в умовах великого приміщення з відношенням сторін більше двох досить складно, оскільки в такому випадку плита працює як балка на двох опорах — у короткому напрямку. Збільшення товщини перекриття призводить до зменшення висоти відновлених приміщень, що негативно впливає як на архітектурну складову, так і ергономіку житла. Також це ускладнює вирішення вузлів стикування старих і нових перекриттів із несучими стінами.

Ми пропонуємо створити субкаркас із трубобетонних конструкцій, заповнених спеціально розробленим складом [11, 12],

щоб ще більше зменшити поперечні розміри сталевих елементів.

Основна частина дослідження. Як приклад розглянемо типову велику кімнату (вітальню) у ВПБ (серія 111-162-1п, 2п, 3п) розмірами 5250 × 3250 мм.

По периметру кімнати пропонується встановлення трубобетонних стійок. Ці стійки можуть займати всю висоту стіни або лише її верхню частину у вигляді консолей. Кріплять їх за допомогою шпильок; у деяких випадках можна заглибити в стіну або ж використовувати як несучий каркас замість стіни.

Поверх стійок монтують субкаркас, що буде опорою для майбутньої плити перекриття. Цей субкаркас спрощує монтаж і збільшує площу спирання. Можливий також варіант конструктивного рішення, за якого субкаркас і плита перекриття знаходяться на одному рівні. Балки до стін кріплять також шпильками. У разі потреби кількість стійок можна збільшити для забезпечення необхідної жорсткості конструкції.

Важливим елементом такої системи є додаткова балка, розташована по центру прольоту кімнати. Завдяки їй змінюється схема роботи всієї плити перекриття: вона починає працювати як плита, оперта по контуру. Це призводить до значного зменшення згинальних моментів у плиті, що позитивно впливає на несучу здатність та економічність конструкції.

Схематично цей приклад показано на рис. 3, без детального опрацювання вузлів.

Нами було проведено експеримент із визначення деформацій трубобетонної балки, заповненої як стандартним бетоном класу С16/20 (Вар. В-2), так і спеціально розробленим складом (Вар. В-3), а також порожньою трубою без заповнення (Вар. В-1).

Спеціальний склад включає бетон С16/20 з додаванням 1,5 % металевої фібри та 15 % модифікатора на основі шламу мокрого газоочищення виробництва феросиліцію, а також суперпластифікатора СП-1.

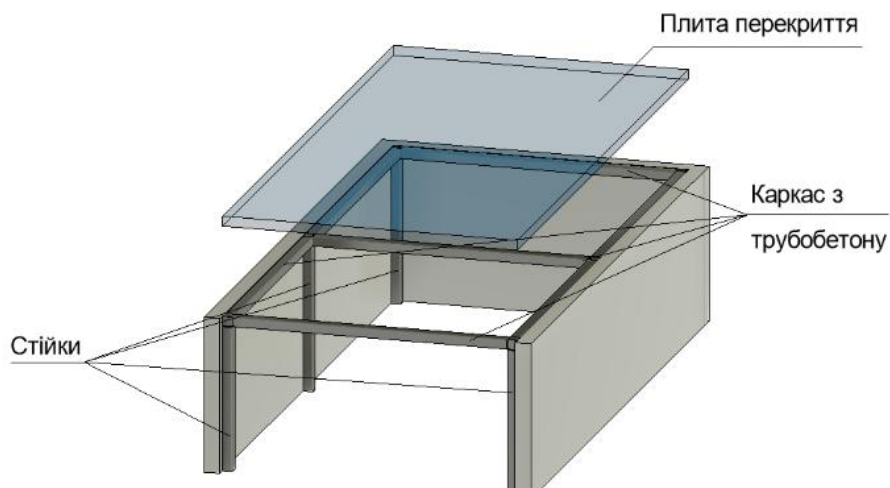


Рис. 3. Схема перекриття

Для дослідження виготовляли конструкції з такими параметрами (кожен зразок по три одиниці):

- поперечний переріз: $100 \times 100 \times 3$ мм (труба квадратна, $t_{\text{стілки}} = 3$ мм);
- довжина: 1300 мм.

Випробування проводили на гідравлічному пресі з прольотом 1200 мм,

навантаження прикладали у третинах прольоту, створюючи зону чистого згину (фото і схему експерименту подано на рис. 4, 5).

Результати вимірювань деформацій наведено в табл. 1, 2.

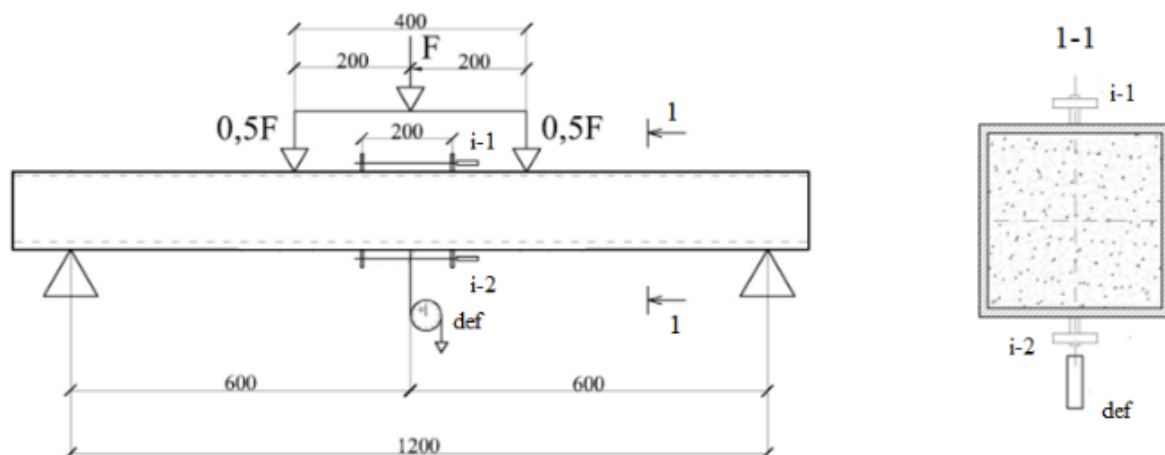


Рис. 4. Схема експериментального дослідження



Рис. 5. Згинальний елемент трубобетону після випробування

Таблиця 1

Максимальні прогини балок у серії експериментів

Серія зразків	Максимальний прогин f , мм	Відповідне навантаження F , кН	Середнє значення Δf , мм
B1-1	10,06	90	9,83
B1-2	9,8	75	
B1-3	9,63	75	
B2-1	9,5	86	10
B2-2	10,7	95	
B2-3	9,8	89	
B3-1	9	97	9,33
B3-2	10,2	10,8	
B3-3	8,79	95	

Таблиця 2

Значення поздовжніх деформацій

Згинальний момент M , кНм	Деформації $\varepsilon_a \cdot 10^{-5}$					
	B-1		B-2		B-3	
	i-1	i-2	i-1	i-2	i-1	i-2
6	16	-20	13	-16	7	-9
10	30	-50	20	-30	12	-17
12	40	-72	25	-37	16	-20
14	70	-120	30	-50	18	-24
20	-	-	170	-180	30	-42
26	-	-	-	-	70	-99

Як впливає з таблиці, застосування запропонованої методики майже на 50 % ефективніше, ніж використання виключно металевих конструкцій, і на 30 % ефективніше, ніж класичний трубобетон.

Змоделюємо вибране перекриття (рис. 3) у програмному комплексі «Ліра». Як плити використаємо пластину з

параметрами бетону товщиною 150 мм, як запропонований субкаркас – стрижень із заданою жорсткістю, обумовленою експериментальними дослідженнями [11, 12], що відповідають трубобетонній балці В-3. У результаті розрахунку знайдено максимальні навантаження на перекриття і прогини (рис. 6, 7).

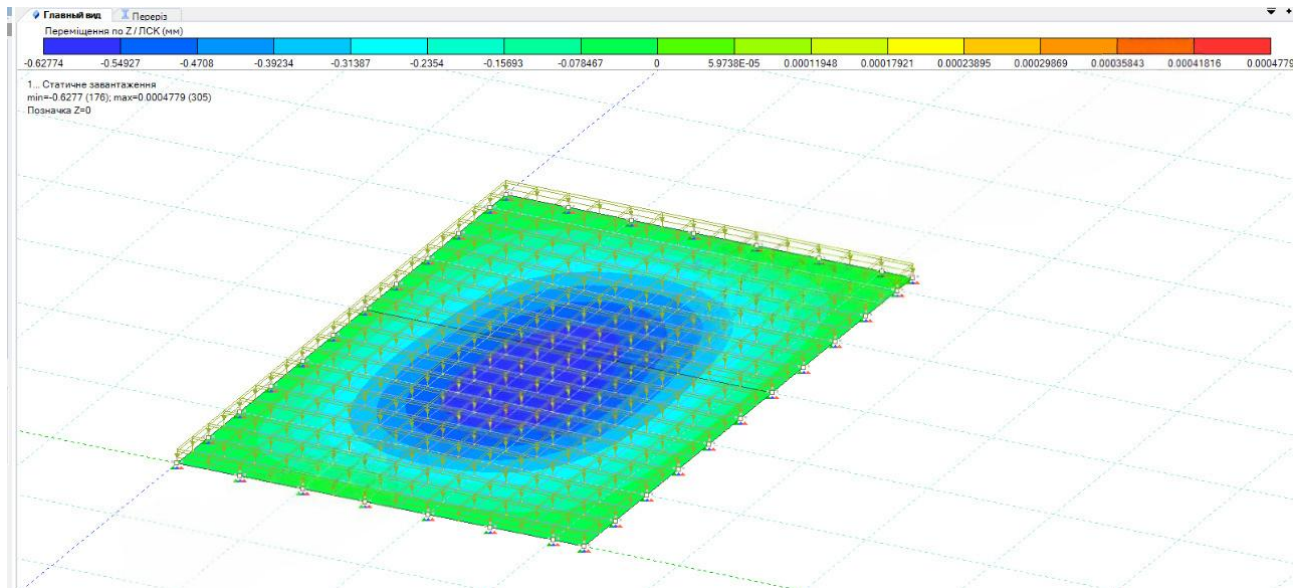


Рис. 6. Прогин запроєктованого перекриття

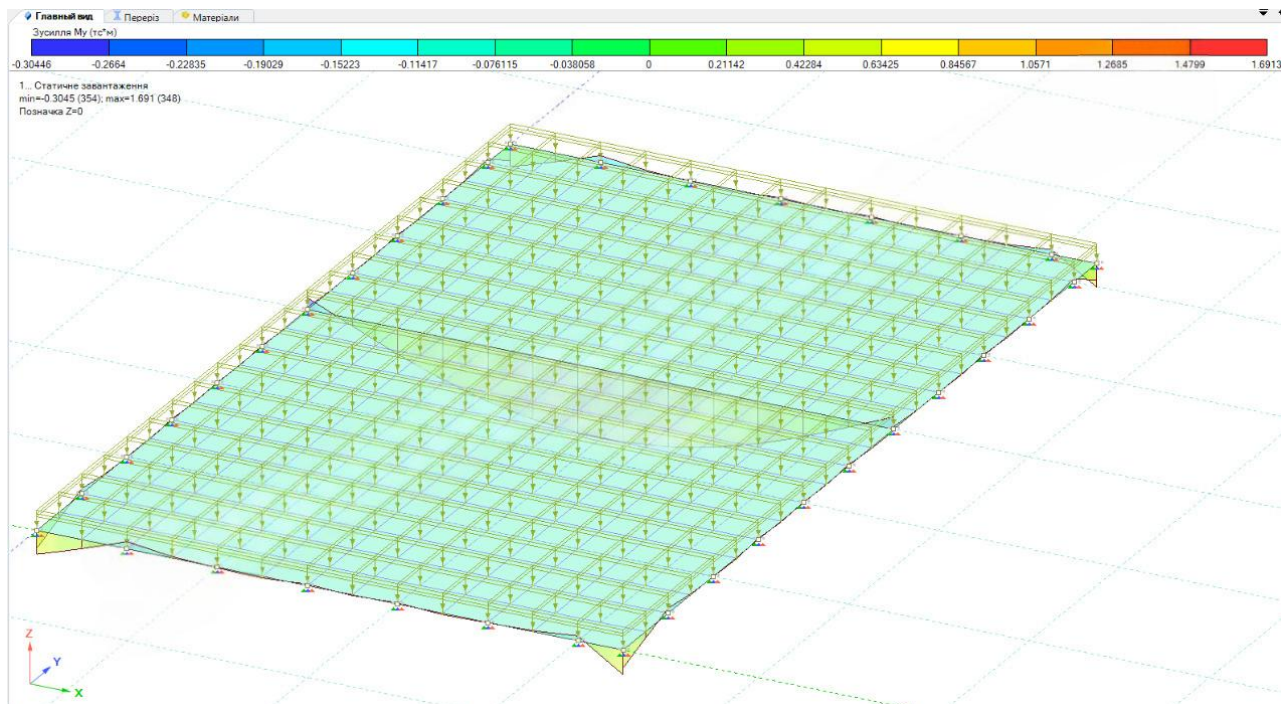


Рис. 7. Згинальний момент запроєктованого перекриття

Отримані результати свідчать про можливість використання такого рішення для відновлення перекриття, максимально допустимий прогин не перевищує допуски [14] $3250/200 = 16 \text{ мм} > 6 \text{ мм}$.

Також нами запропоновано варіант реалізації перекриття з використанням трубобетонної балки та залізобетонної плити перекриття (рис. 8). На схемі показані трубобетонні балки, на які врізана

залізобетонна плита перекриття, щоб знизити товщину загального перекриття. Для більшої жорсткості арматурні стрижні плити приварюють до трубобетонної балки. Такі варіанти схематичні, у них потрібно детальніше розібрати вузли, а також показники звукоізоляції таких перекриттів. Як пропозиція, низ такого перекриття можна закрити натяжною стелею.

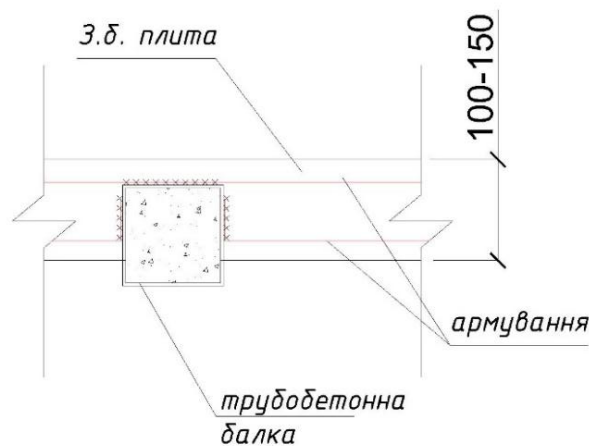


Рис. 8. Схема реалізації перекриття

Висновки. Отримання результатів показує перспективність використання трубобетонних конструкцій. Створений субкаркас має значну перспективу для реконструкції перекриттів, насамперед за рахунок більшої жорсткості за мінімального перерізу, що є особливо актуальним для ВПБ через особливості його конструкцій.

Отже, нами запропоновано економічний і досить ефективний метод відновлення експлуатаційних характеристик перекриття ВПБ. Його застосування дасть змогу у стислий термін відремонтувати пошкоджені житлові будинки, що сприятиме оперативному розв'язанню проблеми розселення людей у післявоєнний період.

Список використаних джерел

1. Chernii V. As a result of the shelling, about 600 residential buildings in Kharkiv were destroyed and cannot be rebuilt. 50 schools were bombed. Terekhov URL: <https://censor.net/ua/n3325026> (дата звернення: 24.05.2025).
2. Semko O., Hasenko A., Filonenko O., Mahas N. Civil building frame-struts steel carcass optimization by efforts regulation. *Academic Journal Industrial Machine Building Civil Engineering*. 2020. № 1(54). С. 47–54. DOI: 10.26906/znp.2020.54.2269.
3. Deng Z., Sun T., Li J. Flexural performance of ultra-high performance concrete-filled high-strength steel tube beams. *Journal of Tianjin University Science and Technology*. 2021. Vol. 54. P. 1111–1120. DOI: 10.1016/j.jcsr.2017.01.017.

4. Zhanbin. Flexural behavior of composite beams with concrete filled steel tube flanges and honeycombed steel webs. *Frontiers in Materials*. 2022. Vol. 9. DOI: 10.3389/fmats.2022.991584.
5. Popovych M. M., Kliuchnyk S. V. Features of the stressed-strain state of a steel-reinforced-concrete span structure with preliminary bending of a steel beam. *Science and Transport Progress*. 2022. № 1(97). P. 80–87. DOI: 10.15802/stp2022/265333.
6. Shaik H., Rizwan S., Dadapeer A.B.S. A detailed experimental study on the flexural behaviour of concrete filled steel tube beams. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*. 2018. P. 196–203. DOI: 10.1061/41142(396)19.
7. Farhan K. A., Shallal M. A. Experimental behaviour of concrete-filled steel tube composite beams. *Archives of Civil Engineering*. 2020. Vol. 66. P. 235–251. DOI: 10.24425/ace.2020.131807.
8. Zhao P., Liu X., Liang Z. Destruction feature extraction of prefabricated residential building components based on BIM. *Scientific Programming*. 2022. P. 1-12. DOI: 10.1155/2022/5798625.
9. Левченко Н. М., Бейнер П. С., Бейнер Н. В. Реконструкція будівель з використанням BIM технологій при відновленні міст в Україні. *Металознавство та термічна обробка металів*. 2022. № 4. С. 64–70. DOI: 10.30838/J.PMHTM.2413.271222.64.912.
10. Mahdi H., Shallal M. The effect of filling materials on the behaviour of filled steel tube composite beam. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1895. № 1. Article 012057. DOI: 10.1088/1742-6596/1895/1/012057.
11. Izbash M., Kazimagomedov F., Izbash Y. Improving strength and deformation characteristics of concrete-filled steel tubular elements in bending. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. 2022. Vol. 1(5). P. 57–64. DOI: 10.46299/j.isjea.20220105.07.
12. Казімагомедов Ф. І. Ефективні трубобетонні згинальні елементи: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Харків: УкрДАЗТ, 2015. 20 с.
13. Ватуля Г. Л., Любяк О. В., Черногіль В. Б. Моделювання роботи трубобетонних елементів при короткочасному та тривалому навантаженні. *Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп.* Харків: УкрДУЗТ, 2017. Вип. 170. С. 32–41. DOI:10.18664/1994-7852.170.2017.111273.
14. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. Чинний від 2020-06-01. Київ: Мін-во розвитку та тер. України, 2020. 70 с.

Казімагомедов Фіраз Ібрагімович, кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. ORCID iD: 0000-0003-4978-4654. Тел.: +38 (097) 030-96-54. E-mail: firaz1988@gmail.com.

Вяткін Костянтин Ігорович, кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. ORCID iD: 0000-0002-3002-5669. E-mail: vyatkin.k.i@gmail.com.

Мороз Наталія Валеріївна, старший викладач кафедри міського будівництва, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. ORCID iD: 0000-0001-6093-9376. E-mail: moroz-nv@ukr.net.

Селезньов Михайло Михайлович, фахівець. ORCID iD: 0009-0003-6645-0565. E-mail: seleznyovmm@icloud.com.

Kazimagomedov Firaz, PhD (Tech.), Associate Professor, Associate Professor Department of Urban Construction, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. ORCID iD: 0000-0003-4978-4654. Tel.: +38 (097) 030-96-54. E-mail: firaz1988@gmail.com.

Viatkin Kostiantyn, PhD (Tech.), Associate Professor, Associate Professor Department of Urban Construction, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. ORCID iD: 0000-0002-3002-5669. E-mail: vyatkin.k.i@gmail.com.

Moroz Natalia, Senior Lecturer, Department of Urban Planning, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. ORCID iD: 0000-0001-6093-9376. E-mail: moroz-nv@ukr.net.

Seleznov Mykhailo, Specialist. ORCID iD: 0009-0003-6645-0565. E-mail: seleznyovmm@icloud.com.

Статтю прийнято 18.09.2025 р.