

УДК 692

DOI: 10.30838/UJCEA.0333.270526.116.1248

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ СПОСОБУ СПОРУДЖЕННЯ ЗОВНІШНІХ СТІН БУДІВЕЛЬ МОНОЛІТНО-КАРКАСНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

НЕСЕВРЯ П. І.<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
НЕЧЕПУРЕНКО Д. С.<sup>2\*</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
ДАНИЛЕНКО І. О.<sup>3</sup>, асп.

<sup>1</sup> Кафедра технологій будівельного виробництва, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 770-79-21, e-mail: [nesevrya.pavlo@pdaba.edu.ua](mailto:nesevrya.pavlo@pdaba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0003-2371-7381>

<sup>2\*</sup> Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 380-27-74, e-mail: [nechepurenko.daria@pdaba.edu.ua](mailto:nechepurenko.daria@pdaba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-9292-4790>

<sup>3</sup> Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 279-76-38, e-mail: [danylenko.ihor@365.pdaba.edu.ua](mailto:danylenko.ihor@365.pdaba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0003-1055-1503>

**Анотація. Постановка проблеми.** Збільшення частки висотних будівель, що побудовані за технологією монолітно-каркасного будівництва з кожним роком більшає. Основними перевагами будівель монолітно-каркасної конструкції, перед цегляними, збірно-монолітними та панельними багатоповерхівками є: висока швидкість будівництва, оптимальні витрати праці на будівництво, вільне планування квартир, оптимальна вартість житла, полегшена конструкція, правильна геометрія і висока міцність залізобетонних конструкцій, відсутність усадки залізобетонних конструкцій. Одним з етапів зведення будівлі за монолітно-каркасною технологією є зведення зовнішніх несучих стін. Наразі основними матеріалами для зведення зовнішніх несучих стін є: цегла, газоблок, керамоблок. Деякі з цих матеріалів відносно важкі, деякі недостатньо міцні. Слід зазначити, що технологія за якою виконують спорудження зовнішніх несучих стін, вимагає ручної праці мулярів. Ручна праця не відповідає стратегії механізації будівельних робіт, витрати на заробітну плату мулярів, на пряму мають вплив на вартість одиниці об'єму зовнішньої стіни багатоповерхівки монолітно-каркасної конструкції. **Мета статті:** оглянути теоретичні положення та практичні рекомендації щодо обґрунтованого вибору технологій заповнення зовнішніх стін монолітно-каркасних споруд, окреслити межі дослідження розробки алгоритму доцільності вибору матеріалів заповнення відносно окремих факторів вибору, окреслити межі дослідження можливості використання технологій будівельного 3D-друку у процесі заповнення зовнішніх стін монолітно-каркасних будівель та фактори вибору даної технології при заповненні. **Об'єкт дослідження.** Технологія зведення несучих зовнішніх стін монолітно-каркасних будівель та визначення межі використання технологій будівельного 3D-друку для виконання заповнення зовнішніх стін монолітно-каркасних будівель. **Предмет дослідження.** Процеси заповнення зовнішніх стін монолітно-каркасних споруд, проблеми та методи вирішення існуючих проблем заповнення зовнішніх стін монолітно-каркасних будівель. **Висновок.** На основі проведеного аналізу, розглянуто та обґрунтовано альтернативу ручної праці – технологію будівельного 3D-друку, а також визначено умови, при яких доцільно використовувати цю технологію у процесі спорудження зовнішніх несучих стін монолітно-каркасних будівель.

**Ключові слова:** технологія монолітно-каркасного будівництва; зовнішні несучі стіни; технології будівельного 3D-друку; технології заповнення зовнішніх стін монолітно-каркасних споруд; технологія зведення несучих зовнішніх стін монолітно-каркасних будівель

## PROBLEM STATEMENT ON THE EXTERIOR WALL ERECTION METHODS IN REINFORCED CONCRETE FRAME BUILDINGS

NESEVRIA P.I.<sup>1</sup>, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,  
NECHEPURENKO D.S.<sup>2\*</sup>, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,  
DANYLENKO I.O.<sup>3</sup>, PhD Stud.

<sup>1</sup> Department of Construction Technologies, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (066) 770-79-21, e-mail: [nesevrya.pavlo@pdaba.edu.ua](mailto:nesevrya.pavlo@pdaba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0003-2371-7381>

<sup>2\*</sup> Department of Construction Technologies, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (095) 380-27-74, e-mail: [Nechepurenko.daria@pdaba.edu.ua](mailto:Nechepurenko.daria@pdaba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-9292-4790>

<sup>3</sup> Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (097) 279-76-38, e-mail: [danylenko.ihor@365.pdaba.edu.ua](mailto:danylenko.ihor@365.pdaba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0003-1055-1503>

**Abstract. Problem statement.** The share of high-rise buildings constructed using cast-in-place reinforced concrete frame technology is steadily increasing in Ukraine. Compared with brick, precast-monolithic, and panel systems, reinforced concrete frame buildings offer several advantages: high construction speed, optimized labor input, flexible apartment layouts, favorable cost efficiency, reduced structural weight, accurate geometry, high strength of reinforced concrete elements, and the absence of shrinkage. One of the key stages in erecting such buildings is the construction of exterior non-load-bearing walls. Currently, brick, aerated concrete blocks, and ceramic blocks are the main materials used for this purpose; however, some of them are relatively heavy, while others lack sufficient strength. It should also be noted that the technology used for erecting these walls relies heavily on manual bricklaying. Manual labor contradicts the overall strategy of mechanizing construction processes, and wages for masons directly increase the cost of one cubic meter of exterior wall in reinforced concrete frame buildings. **Purpose of the article.** To review theoretical principles and practical recommendations for the justified selection of technologies for filling exterior walls in reinforced concrete frame buildings; to outline the scope of research concerning the development of an algorithm for choosing appropriate wall-filling materials based on influencing factors; and to determine the feasibility of applying construction 3D-printing technologies in the process of erecting exterior non-load-bearing walls, including the factors affecting such a choice. **Object of the research.** The technology of erecting exterior non-load-bearing walls in cast-in-place reinforced concrete frame buildings and the determination of conditions for applying construction 3D-printing technologies for wall infill. **Subject of the research.** The processes of exterior wall infill in reinforced concrete frame buildings, along with the associated challenges and methods for addressing current issues of wall construction. **Conclusion.** Based on the conducted analysis, construction 3D-printing technology has been examined and justified as an alternative to manual bricklaying. The study identifies the conditions under which the use of 3D-printing is expedient in the erection of exterior non-load-bearing walls in reinforced concrete frame buildings.

**Keywords:** reinforced concrete frame construction technology; exterior non-load-bearing walls; construction 3D-printing technologies; technologies for filling exterior walls of reinforced concrete frame buildings; technology for erecting exterior non-load-bearing walls in reinforced concrete frame buildings

**Постановка проблеми.** Збільшення частки висотних будівель, що побудовані за технологією монолітно-каркасного будівництва з кожним роком більшає. Основними перевагами будівель монолітно-каркасної конструкції, перед цегляними, збірно-монолітними та панельними багатоповерхівками є: висока швидкість будівництва, оптимальні витрати праці на будівництво, вільне планування квартир, оптимальна вартість житла, полегшена конструкція, правильна геометрія і висока міцність залізобетонних конструкцій, відсутність усадки залізобетонних конструкцій. Одним з етапів зведення будівлі за монолітно-каркасною технологією є зведення зовнішніх несучих стін. Наразі основними матеріалами для зведення зовнішніх несучих стін є: цегла, газоблок, керамоблок. Деякі з цих матеріалів відносно важкі, деякі недостатньо міцні. Слід зазначити, що технологія за якою виконують спорудження зовнішніх несучих стін,

вимагає ручної праці мулярів. Ручна праця не відповідає стратегії механізації будівельних робіт, витрати на заробітну плату мулярів, на пряму мають вплив на вартість одиниці об'єму зовнішньої стіни багатоповерхівки монолітно-каркасної конструкції.

**Формулювання мети статті.** Метою дослідження є оглянути теоретичні положення та практичні рекомендації щодо обґрунтованого вибору технологій заповнення зовнішніх стін монолітно-каркасних споруд, окреслити межі дослідження розробки алгоритму доцільності вибору матеріалів заповнення відносно окремих факторів вибору, окреслити межі дослідження можливості використання технологій будівельного 3D-друку у процесі заповнення зовнішніх стін монолітно-каркасних будівель та фактори вибору даної технології при заповненні.

**Об'єкт дослідження** – технологія зведення несучих зовнішніх стін монолітно-каркасних будівель та визначення

межі використання технологій будівельного 3D-друку для виконання заповнення зовнішніх стін монолітно-каркасних будівель.

**Предмет дослідження** – процеси заповнення зовнішніх стін монолітно-каркасних споруд, проблеми та методи вирішення існуючих проблем заповнення зовнішніх стін монолітно-каркасних будівель.

**Результати досліджень.** Розглядаючи новобудови України, можна зазначити, що у всіх обласних центрах України віддають перевагу монолітно-каркасній технології зведення багатоповерхових будівель. Ринок новобудов, побудованих за монолітно-каркасною технологією, невпинно розвивається, а отже вдосконалення одного з

етапів зведення монолітно-каркасних будівель, такого, як заповнення зовнішніх стін, залишається актуальним.

Ручна праця мулярів забезпечує створення зовнішніх стін, що у час розвитку засобів механізації не є довершеною технологією виконання цих робіт. Основними матеріалами, що використовуються у процесі зведення зовнішніх несучих стін, є цегла, газоблок, керамоблок.

Після проведення огляду новобудов обласних центрів України, що планувались ввести в експлуатацію у 2025 році, було визначено у відсотковому значенні вибір матеріалу зовнішніх несучих стін [1] (табл. 1).

Таблиця 1

**Статистика вибору матеріалів для несучих зовнішніх стін у новобудовах обласних центрів України (за даними огляду 2025 р.)**

Назва матеріалу заповнення зовнішніх стін	Кількість	У відсотковому співвідношенні
Газоблок (газобетон)	116	33 %
Цегла	127	36 %
Керамоблок	102	29 %

Найпоширенішим матеріалом для заповнення зовнішніх несучих стін монолітно-каркасних багатоповерхових будівель є цегла (рис. 1, *a*), на другому місці

газоблок (рис. 1, *б*), на третьому місці керамоблок (рис. 1, *в*) і четверте місце посідають навісні скляні системи [2–4].

*a**б**в*

*Рис. 1. Монолітно-каркасні будівлі з заповненими зовнішніми несучими стінами:*

*a* – зовнішні стіни монолітно-каркасної будівлі із цегли (ЖК «Стрітенський» м. Полтава, Україна);

*б* – зовнішні стіни монолітно-каркасної будівлі із газоблоків (ЖК «West Hall» м. Дніпро, Україна);

*в* – зовнішні стіни монолітно-каркасної будівлі із керамоблока (ЖК «City House» м. Львів, Україна)

Серед альтернативи ручної праці мулярів існують технології 3D-друку, що активно знаходять своє застосування у будівельній галузі. Наразі технології будівельного 3D-друку поширені у будівництві приватних

будинків. Одним з таких прикладів є будівництво приватного будинка із застосуванням будівельного 3D-принтера, виробництва компанії COBOD [5] (рис. 2).



Рис. 2. Зведення приватного будинку із застосуванням будівельного 3D-принтера компанії COBOD

Прикладом одного з перших будівельних об'єктів, що були надруковані в Україні є школа у м. Львів (рис. 3). Будівля школи є добудованою, залишилося влаштування

території коло будівлі. Ввести в експлуатацію школу, що була надрукована за технологією будівельного 3D-друку планують до кінця 2025 року [6].



Рис. 3. Один з перших надрукованих будівельних об'єктів, надрукованих 3D-принтером в Україні – школа (м. Львів, Україна)

Впровадження технологій будівельного 3D-друку при зведенні приватних будинків створює передумови для визначення доцільності впровадження цих технологій у процес спорудження висотних монолітно-каркасних будівель.

Еколого-економічні переваги переходу на 3D-друк будівельних об'єктів у контексті INDUSTRIU 4.0 було детально розглянуто раніше [7]. Автори дійшли висновку, що 3D-друк має значний потенціал для розвитку будівельної галузі України, оскільки дозволяє підвищити екологічність та енергоефективність будівель, скоротити витрати часу та ресурсів на зведення об'єктів, а також забезпечує більш доступне та швидке будівництво. Дослідження показало, що застосування 3D-друку сприяє зниженню собівартості одиниці площі будівельної конструкції та скороченню термінів окупності інноваційного будівельного бізнесу. Крім того, впровадження цих технологій створює передумови для розвитку

висококваліфікованого персоналу та підвищення ефективності будівельного процесу в цілому, що робить 3D-друк перспективним інструментом модернізації української будівельної галузі.

Результати наукових досліджень, що направлені на розробку наукових основ створення вітчизняної архітектурно-конструктивно-технологічної системи будівництва методом 3D-друку представлені у монографії «Архітектурно-конструктивно-технологічна система 3D-друку будівельних об'єктів» [8].

Огляд конструкцій 3D-принтера та огляд технологічних рішень було розглянуто у наукових статтях [9–12].

Основними проблемами використання даної технології у процесі зведення монолітного каркасу монолітно-каркасних багатоповерхових будівель є: недостатня міцність стін, колон, надрукованих будівельним 3D-принтером, відсутня конструкція 3D-принтера здатна друкувати будівельну суміш з арматурний пояс.

Однак ці недоліки не завадять використанню технології 3D-друку у спорудженні зовнішніх несучих стін, міцність яких зможе задовольнити технологія 3D-друку.

У монолітно-каркасних будівлях зовнішні несучі стіни, надруковані будівельним 3D-принтером, складаються з наступного: надруковані нез'ємні опалубки, зовнішня і внутрішня, з легкого бетону, між якими є простір. Даний простір рекомендується заповнювати рідкими утеплюючими матеріалами, після застигання яких буде утворений тепло та звукопоглинаючий прошарок, між двома надрукованими стінами.

Данна технологія покликана замінити ручну працю мулярів, що теоретично збільшить швидкість спорудження зовнішніх стін, зменшить вартість одиниці об'єму зовнішньої стіни, покращить якість та фізико-механічні властивості стіни.

Однак ця технологія потребує високоякісного обладнання – будівельного 3D-принтеру, технічного персоналу для обслуговування даної будівельної машини, розроблення будівельних норм для використання цієї технології у процесі зведення монолітно-каркасних багатоповерхових будівель.

### Висновки

Слід зазначити, що відсутність методу вибору матеріалу заповнення зовнішніх стін є відкритим питанням, а наукове дослідження цього питання покращить та полегшить роботу проектних організацій та

збільшить правильність вибору заповнюючого матеріалу, в залежності від вихідних параметрів та призначення багатоповерхової будівлі.

Вирішення проблеми вдосконалення методу спорудження зовнішніх стін монолітно-каркасних будівель, дозволяє підвищити технологічність виконання будівельних робіт, зменшення відсотка ручної праці при зведенні багатоповерхівок монолітно-каркасної конструкції. До того ж, впровадження технологій будівельного 3D-друку покликано зменшити вартість певного об'єму зовнішньої несучої стіни та збільшення фізико-механічних властивостей.

Однак, запропонована технологія, що передбачає використання будівельного 3D-принтера, потребує висококваліфікованого персоналу для технічного обслуговування будівельної машини та розробки будівельних норм на виконання даних робіт.

Отже, запропонована ідея вимагає вивчення, розробки технічного обладнання, прорахунок вартості певного об'єму надрукованої несучої стіни монолітно-каркасної будівлі будівельним 3D-принтером та порівняння з традиційними методами спорудження зовнішніх несучих стін, за технологією ручної кладки, стандартними матеріалами заповнення (цегла, газоблок, керамоблок). Доцільність дослідження спорудження зовнішніх несучих стін є цілком обґрунтованою, на тлі зростаючого поширення технологій будівельного 3D-друку.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нерухомість України. ЛУН. URL: <https://lun.ua/?srsltid=AfmBOopSJGTN5jcNnWT-ZJUtHg3qawteZYMNEz3c3dHz38vyPxaDJjGm>
2. ЖК «Стрітенський». ЛУН. URL: <https://surl.li/nwedgr>
3. ЖК «West Hall». ЛУН. URL: [https://lun.ua/uk/%D0%B6%D0%BA-west-hall-%D0%B4%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE?srsltid=AfmBOop8trxdDQDheUG8vUqeDe8K1\\_RMZNx7sxi\\_-lhWjswJZ5NUL2m1](https://lun.ua/uk/%D0%B6%D0%BA-west-hall-%D0%B4%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE?srsltid=AfmBOop8trxdDQDheUG8vUqeDe8K1_RMZNx7sxi_-lhWjswJZ5NUL2m1)
4. ЖК «City House». ЛУН. URL: [https://lun.ua/uk/%D0%B6%D0%BA-city-house-%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D1%96%D0%B2?srsltid=AfmBOorjtyrhXtjRWlv64\\_E5BjJ9G\\_Q-BaZ\\_SAqztLF-h3M-4C1RYrvo](https://lun.ua/uk/%D0%B6%D0%BA-city-house-%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D1%96%D0%B2?srsltid=AfmBOorjtyrhXtjRWlv64_E5BjJ9G_Q-BaZ_SAqztLF-h3M-4C1RYrvo)
5. World leader in 3D construction printing solutions. Cobod. URL: <https://cobod.com>
6. Завершують фасадні роботи : що відомо про будівництво 3D-школи у Львові. Суспільне Львів. URL: <https://suspilne.media/lviv/1018365-zaversuut-fasadni-roboti-so-vidomo-pro-budivnictvo-3d-skoli-u-lvovi/>
7. Шатов С. В., Маценко О. М., Скрипка Є. О., Даниленко І. О. Еколого-економічні переваги переходу на 3D-друку будівельних об'єктів у руслі INDUSTRY 4.01. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. № 1 (001). С. 124–131. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/bitstream/123456789/6476/1/SHATOV.pdf>

8. Савицький М., Айріх Ш., Халаф І. та ін. Архітектурно-конструктивно-технологічна система 3D-друку будівельних об'єктів : колективна монографія за заг. ред. д-ра техн. наук, проф. М. Савицького. Дніпро : ФОП Удовиченко О. М., 2019. 233 с. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/4000>
9. Іванов-Костецький С., Гуменник І., Воронкова І. Шляхи застосування технологій 3D-друку у створенні сучасних об'єктів архітектури. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2022/may/27954/9.pdf>
10. Orysenko Olexandr, Nesterenko Mykola, Shokalo Artem, Nesterenko Tetiana. Design of 3D printers analysis for construction and architecture. URL: [https://znp.nupp.edu.ua/files/archive/ua/57\\_2021/15.pdf](https://znp.nupp.edu.ua/files/archive/ua/57_2021/15.pdf)
11. Гавронська І. Г., Ковальський В. П. Перспектива розвитку інноваційних технологій 3D-друку в будівництві та його особливості. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/42247/20663.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
12. Комишев Д. Г., Белятинський А. О. Інноваційні технології в будівництві : 3D-друк будівель, мобільні програми та штучний інтелект. URL: [https://www.researchgate.net/publication/381061921\\_INNOVACIJNI\\_TEHNOLOGII\\_V\\_BUDIVNICTVI\\_3D-DRUK\\_BUDIVEL\\_MOBILNI\\_PROGRAMI\\_TA\\_STUCNIJ\\_INTELEKT](https://www.researchgate.net/publication/381061921_INNOVACIJNI_TEHNOLOGII_V_BUDIVNICTVI_3D-DRUK_BUDIVEL_MOBILNI_PROGRAMI_TA_STUCNIJ_INTELEKT)

## REFERENCES

1. *Nerukhomist' Ukrayiny* [Real estate in Ukraine]. LUN. URL: <https://lun.ua/?srsltid=AfmBOopSJGTN5jcNnWT-ZJUthg3qawteZYMNEzcc3dHz38vyPxaDjGm> (in Ukrainian).
2. ZHK "Stritens'kyi" [Streetenskyi Residential Complex]. LUN. URL: <https://surl.li/nwedgr> (in Ukrainian).
3. ZHK "West Hall" [West Hall Residential Complex]. LUN. URL: [https://lun.ua/uk/%D0%B6%D0%BA-west-hall-%D0%B4%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE?srsltid=AfmBOop8trxdDQDheUG8vUqeDe8K1\\_RMZNx7sxi\\_-lhWjswJZ5NUL2m1](https://lun.ua/uk/%D0%B6%D0%BA-west-hall-%D0%B4%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%BE?srsltid=AfmBOop8trxdDQDheUG8vUqeDe8K1_RMZNx7sxi_-lhWjswJZ5NUL2m1) (in Ukrainian).
4. ZHK "City House" [City House Residential Complex]. LUN. URL: [https://lun.ua/uk/%D0%B6%D0%BA-city-house-%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D1%96%D0%B2?srsltid=AfmBOorjtyrhXtjRWlv64\\_E5BjJ9G\\_Q-BaZ\\_SAgztLF-h3M-4C1RYrvo](https://lun.ua/uk/%D0%B6%D0%BA-city-house-%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D1%96%D0%B2?srsltid=AfmBOorjtyrhXtjRWlv64_E5BjJ9G_Q-BaZ_SAgztLF-h3M-4C1RYrvo) (in Ukrainian).
5. World leader in 3D construction printing solutions. Cobod. URL: <https://cobod.com>
6. *Zavershuyut' fasadni roboty : shcho vidomo pro budivnytstvo 3D-shkoly u Lvovi* [Facade work is being completed : what is known about the construction of a 3D school in Lviv]. Suspilne Lviv. URL: <https://suspilne.media/lviv/1018365-zaversuut-fasadni-roboti-so-vidomo-pro-budivnictvo-3d-skoli-u-lvovi/> (in Ukrainian).
7. Shatov S.V., Matsenko O.M., Skrypka Yev.O. and Danylenko I.O. *Ekoloho-ekonomichni perevahy perekhodu na 3D-druk budivel'nykh ob'yektiv u rusli INDUSTRY 4.01* [Environmental and economic advantages of switching to 3D-printing construction objects in the INDUSTRY 4.01 FIELD]. *Ukrayins'kyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture]. 2021, no. 1 (001), pp. 124–131. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/bitstream/123456789/6476/1/SHATOV.pdf> (in Ukrainian).
8. Savytskyi M., Ayrich Sh., Khalaf I.Z. and oth. *Arkhitekturno-konstruktivno-tekhnologichna systema 3d-druku budivel'nykh ob'yektiv : kolektyvna monografiya za zah. red. d-ra tekhn. nauk, prof. M. Savyts'koho* [Architectural, structural and technological system for 3D printing of construction objects : collective monograph under the general editorship of Dr. Tech. Sciences, Prof. M. Savytskyi]. Dnipro : FOP Udovichenko O.M., 2019, 233 p. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/4000> (in Ukrainian).
9. Ivanov-Kostetsky S., Gumennyk I. and Voronkova I. *Shlyakhy zastosuvannya tekhnolohiy 3D-druku u stvorenni suchasnykh ob'yektiv arkhitektury* [Ways of application of 3D-printing technologies in the creation of modern architectural objects]. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2022/may/27954/9.pdf> (in Ukrainian).
10. Orysenko Olexandr, Nesterenko Mykola, Shokalo Artem and Nesterenko Tetiana Design of 3D-printers analysis for construction and architecture. URL: [https://znp.nupp.edu.ua/files/archive/ua/57\\_2021/15.pdf](https://znp.nupp.edu.ua/files/archive/ua/57_2021/15.pdf)
11. Gavronska I.G. and Kovalskyi V.P. *Perspektyva rozvytku innovatsiy nykh tekhnolohiy 3D-druku v budivnytstvi ta yoho osoblyvosti* [Prospects for the development of innovative 3D-printing technologies in construction and its features]. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/42247/20663.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (in Ukrainian).
12. Komyshev D.G. and Belyatynsky A.O. *Innovatsiy ni tekhnolohiy i v budivnytstvi : 3D-druk budivel', mobil'ni prohramy ta shtuchnyy intelekt* [Innovative technologies in construction : 3D-printing of buildings, mobile applications and artificial intelligence]. URL: [https://www.researchgate.net/publication/381061921\\_innovacijni\\_tehnologii\\_v\\_budivnictvi\\_3d-druk\\_budivel\\_mobilni\\_programi\\_ta\\_stucnij\\_intelekt](https://www.researchgate.net/publication/381061921_innovacijni_tehnologii_v_budivnictvi_3d-druk_budivel_mobilni_programi_ta_stucnij_intelekt) (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 26.02.2026.

Прийнято після рецензування: 15.04.2026.

Дата публікації: 29.05.2026.