

DOI: 10.32347/2076-815x.2025.90.14-22

УДК 72.02

к.т.н., доцент **Дмитренко А.Ю.**,
ab.Dmytrenko_AU@nupp.edu.ua, ORCID: 0000-0003-4757-5218,
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
Чорний О.О.,
4.design.kyiv@gmail.com, ORCID: 0009-0009-1563-3228,
Київський національний університет будівництва і архітектури

МЕТОДИКА АРХІТЕКТУРНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ, ЩО ЗВОДЯТЬСЯ З ВИКОРИСТАННЯМ 3D ДРУКУ

Російсько-українська війна спричинила руйнування понад 13% житлового фонду України, позбавивши сотні тисяч людей – як у прифронтових регіонах, так і глибокому тилу. Таким чином, проблема забезпечення населення доступним житлом (і супутньою соціальною інфраструктурою) актуальна зараз і зберігатиме актуальність упродовж найближчих. Років. Застосування нових технологій, зокрема 3D друку, з одного боку, є одним із варіантів забезпечення країни дешевим екологічним житлом (переважно індивідуальним малоповерховим), а з іншого – потребує певної адаптації під себе у методиці архітектурного проєктування відповідно до специфіки проєктованих об'єктів. Стаття присвячена розгляду цих специфічних змін у методиці проєктування.

Ключові слова: методика використання; 3D друк; архітектурне проєктування.

Постановка проблеми. Упровадження інноваційних технологій в архітектурному проєктуванні та будівництві стало особливо актуальним напрямком для України у період повномасштабної російсько-української війни, коли (станом на квітень 2025 р.) 13% житлового фонду було пошкоджено або повністю зруйновано, сотні тисяч людей втратили домівки [1]. Серед них – і вимушені переселенці з прифронтових районів з обов'язковою евакуацією, і мешканці тилкових міст, які втратили житло в результаті попадання дрона або ракети. Хоча держава запустила програму «Відновлення» і пропонує компенсацію за втрачене житло [2], проблема залишається нерозв'язаною через брак фінансових та матеріальних ресурсів. Як показав досвід, переселенці неохоче переселяються до осередків тимчасового житла модульного типу через їх непривабливий вигляд, відсутність місць прикладення праці, закладів дошкільної та загальної середньої освіти, віддаленість від центру, сфери обслуговування, погану транспортну доступність. Відомі приклади, коли до

таких осередків не підведені комунікації або вони не розраховані на проживання в зимовий період.

Іноземний досвід свідчить про відсутність терміну «житло для переселенців»: українських біженців переселяють до звичайного житла. Так само Грузія і Азербайджан свого часу стикнулися із сотнями тисяч внутрішніх вимушених переселенців. Для всіх цих людей було збудоване звичайне житло в існуючих житлових міських районах.

Не варто забувати і про основну проблему соціальної інтеграції. Як свідчить закордонний досвід, спроба створити локальні житлові осередки з певних груп населення завжди закінчується невдачею (житловий комплекс Прюїтт – Іго в Сент-Луїсі, США, демонтований на початку 1970-х). Спроби створити якісні окремі житлові осередки тимчасового житла для переселенців перешкоджають їх соціальній інтеграції в суспільство. Ця ж сама проблема стосується спроб створення відокремлених котеджних містечок серед лісу для ветеранів з інвалідністю. Отже, будь-які спроби сепарації певних соціальних груп не сприяють їх соціалізації. Саме тому більшість переселенців, які знайшли роботу, винаймають чи купують звичайні квартири чи індивідуальні будинки в містах і селах.

Очевидно, що використання специфічних технологій зведення об'єктів вимагає певних змін в методиці їх проєктування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При підготовці статті було опрацьовано відповідні наукові публікації і інтернет-ресурси, які висвітлюють новітні інноваційні підходи в архітектурному проєктуванні і відбудові зруйнованих війною будівель України. Всі опрацьовані джерела було проаналізовано за двома напрямками:

- публікації, присвячені відбудові зруйнованих війною об'єктів України [3 – 8];
- іноземний досвід відбудови після Другої світової війни [9];
- досвід архітектурного проєктування і будівництва із застосуванням 3D друку [10, 11];

Аналіз наукових публікацій, присвячених війні в Україні, довів, що тема відбудови за допомогою 3D друку є майже не висвітленою з огляду на ті можливості, які вона відкриває для відбудови України, що засвідчило актуальність наукового дослідження цього напрямку для сучасного архітектурного проєктування в Україні.

Метою публікації є аналіз особливостей методики архітектурного проєктування житла, зведення якого передбачається з використанням 3D друку, що може пришвидшити зведення житла для внутрішньо переміщених осіб і ветеранів з родинами.

Основна частина. Переваги застосування 3D друку в сучасному будівництві. Попри те, що для України використання 3D друку в сучасному будівництві є новаторським підходом, в розвинених країнах світу ця технологія використовується вже понад 10 років.

Ця технологія використовується досить широко для створення архітектурних об'єктів методом пошарового нанесення матеріалів. До переваг такої технології варто віднести скорочення часу, зменшення вартості роботи і кількості відходів при зведенні об'єкту, можливість створювати цікаві форми, зменшення необхідної кількості робітників, що особливо привабливе для тих умов, в яких зараз перебуває Україна. Попри здешевшення технології, 3D друк дозволяє друкувати будинки унікальних обрисів, архітектурні якості яких не є нижчими від об'єктів, зведених методами традиційного будівництва, надруковані будинки мають новаторський модерністський вигляд.

Хоча сама технологія 3D друку зародилася ще у 1980-х роках, проте її застосування для зведення будівель фіксується лише у 2014 р. За перші сім років застосування технології в будівництві з 2014 до 2021 року світовий ринок 3D друку налічував 13,84 млрд. доларів, а сукупний прогнозований річний темп зростання становитиме з 2022 до 2030 року 21 %. Станом на 2021 рік в світі працювало 2,2 мільйони 3D принтерів і очікується, що в 2030 році їх кількість збільшиться до 21,5 мільйонів, тобто більш як в десять разів [10].

Технологія використання 3D друку пройшла декілька стадій: спочатку це був друк деталей і стін, тоді як фундаменти, конструкції перекриттів і даху виконували традиційними способами, згодом таким способом почали друкувати всі елементи будівлі включно з фундаментами. Слід зауважити, що навіть на первісному етапі розвитку цього напрямку 3D технології дозволили будувати стіни як постійну опалубку з меншими витратами цементу.

До переваг 3D друку як будівельної технології відносяться:

- заощадження витрат на будівництво;
- скорочення термінів будівництва;
- зменшення помилок при проєктуванні;
- можливість збільшення кількості житла при скороченні термінів їх побудови;
- зменшення кількості працівників (що особливо актуальне для України в умовах нестачі кадрів);
- досягнення балансу у співвідношенні «цікава приваблива форма – економічність-екологічність і енергоефективність»;
- висока естетичність новаторських форм;
- функціональність, яка закладається ще на стадії проєкту;

– екологічність (друк з вторинних, натуральних чи органічних матеріалів, відсутність транспортування матеріалів і викидів в атмосферу при проведенні робіт).

Першим в Європі надрукованим на 3D принтері будинком став бетонний будинок з недорогого бетону у Гольстебро в Данії загальною площею 37 м², створений 3DCP Group. Показово, що цей об'єкт був надрукований повністю – від фундаменту до даху.

Для умов України може бути корисним американський досвід зведення дешевого житла засобами 3D друку (компанія ICON). Такі будинки площею від 55 до 75 м² зводились за допомогою будівельного 3D принтера Vulcan. Вартість одного подібного будинку оцінюється у 10 тис. доларів, а при масштабуванні виробництва вартість можна зменшити до 4 тис. доларів.

Технології 3D друку. Такий 3D друк виконують в кілька стадій:

– на стадії архітектурного проектування завантажують 3D модель об'єкту до комп'ютера в будь-якому CAD форматі;

– в комп'ютері спеціальна програма перетворює характеристики об'єкта на код, пристосований для друку об'єкта в натурі;

– великий 3D принтер з використанням автоматичних технологічних процесів формує елементи будівлі з цементної основи, полімерів або переробленого пластику;

– суха суміш змішується з водою і іншими складниками і в рідкому стані подається до принтера, де шарово друкуються складові об'єкта.

Така технологія вимагає участі всього двох працівників: оператора принтера та робітника, що встановлює армування, перемички тощо.

Відомі приклади реалізованих 3D об'єктів. Серед реалізованих в світі надрукованих будівель наведемо декілька найбільш відомих і висвітлених в багатьох джерелах.

1. House Zero (розробники архітектурне бюро Lake Flato, виконавець компанія ICON) площею 186 м², що має три спальні, дві ванні кімнати, відзначається модерністським виглядом з ребристою текстурою і екологічністю.

2. Tecla (розробники архітектурне бюро Mario Cucinella Architects, виконавець WASP) площею 60 м². Будинок виготовлено з матеріалів, при виготовленні яких викиди CO₂ в атмосферу є незначними. Будинок висотою 4,2 м відзначається оригінальністю об'ємно-просторової композиції з двох з'єднаних куполоподібних об'ємів з зовнішньою ребристою стіною. Будинок був побудований за 200 годин і стіна друкувалась з незвичного матеріалу – з 350 шарів надрукованої глини.

3. BioHome3D (розробник – Центр передових конструкцій і композитів Університету штату Мен), площею 56 м². На відміну від більшості будинків, для друку яких використовується цементний розчин з полімерними добавками, цей будинок надрукований з біоматеріалів – деревних волокон та біосмол.

4. East 17th Street Residences (розробник архітектурне бюро Logan Architecture, виконавець ICON) – два будинки з двома спальнями і два – з чотирма спальнями, кожен будинок друкувався протягом 5 – 7 днів з традиційного цементно-полімерного розчину.

5. Досвід використання 3D друку в будівництві в Україні є неоднозначним. Створений за допомогою цієї технології новий корпус школи № 23 у Львові, призначений для розміщення 100 учнів молодших класів, зараз знаходиться на стадії внутрішнього опорядження [11]. Як виявилось на практиці, незважаючи на високу швидкість і якість зведення основних несучих конструкцій за допомогою 3D друку з бетону з полімерними добавками, роботи з утеплення, прокладання внутрішніх інженерних комунікацій та опорядження виконуються за традиційними технологіями, що практично нівелює вигоду у часі за рахунок застосування передової технології. Таким чином, лише комплексне застосування передових технологій забезпечує суттєве скорочення термінів будівництва.

Особливості методики архітектурного проєктування об'єктів, що зводяться за допомогою 3D друку. Очевидно, що використання специфічної технології будівництва потребує специфічної методики проєктування. Передусім це врахування розмірів 3D принтера при проєктуванні об'єкта, проєктування заокруглених кутів зовнішніх стін, врахування специфічної текстури стін, де чітко простежуються горизонтальні шари бетону. Це обумовлює і певні характерні відмінності у архітектурно-композиційній організації об'єкта: переважання горизонтальних членувань, плавні обриси плану при загальній його досить простій формі. Технологія 3D друку добре суміщується із BIM-технологіями у проєктуванні та будівництві.

Висновки. Аналіз існуючого досвіду будівництва об'єктів на основі 3D друку свідчить, що це новий прогресивний метод будівництва, який заощаджує вартість будівництва, скорочує терміни будівництва і одночасно забезпечує вимоги екологічності, функціональності, естетичності.

Досвід реалізованих за кордоном проєктів свідчить, що найбільш ефективним напрямком такого 3D друку на сьогодні є індивідуальне житло.

Можна спрогнозувати, що саме цей напрям 3D друку виявиться найбільш затребуваним зараз і при післявоєнному відновленні України, враховуючи ще і те, що з часом почнуть повертатись з-за кордону біженці і їх також треба буде забезпечувати житлом. Аналіз площ таких будинків доводить, що це по суті

сучасні українські двокімнатні квартири середньої площі, в яких живе більшість сімей України. У той же час слід звернути увагу на комплексне застосування новітніх технологій, яке в такому випадку дає результат у вигляді суттєвого скорочення термінів будівництва і рідвищення його якості.

На наш погляд, саме створення таких житлових осередків засобами 3D друку допоможе позбавитись поширеного зараз в обігу терміну «житло для переселенців», «тимчасове житло».

У той же час використання цієї новітньої технології потребує певного пристосування до неї методики архітектурного проєктування, яка має враховувати розміри 3D принтера та технологічні особливості його роботи.

Список джерел

1. World Bank; Ukraine, Government of; European Union; Nations, United. Ukraine - Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4): February 2022 - December 2024 (English). Washington, D.C.: World Bank Group. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099022025114040022> (дата звернення: 02.09.2025).
2. Відновлення. Програма допомоги від держави. Для власників житла — пошкодженого або зруйнованого через бойові дії. URL: <https://erecovery.diiia.gov.ua/> (дата звернення: 02.09.2025).
3. Ivashko Y., Tovbych V., Hlushchenko A., Belinskyi S., Kobylarczyk J., Kuśnierz-Krupa D., Dmytrenko A. Preparing for the post-war reconstruction of historical monuments in Ukraine: Considerations in regard of the ongoing Polish post-WWII experience and international law on the protection and conservation of historical monuments. *Muzeológia a kultúrne dedičstvo*. Vol.10, no. 1, 2023. P. 53-71. DOI:10.46284/mkd.2023.11.1.4
4. Ivashko Y., Mykhailovskyi D., Tovbych V., Kobylarczyk J., Kuśnierz-Krupa D., Dmytrenko A., Kharaborska Y., Sandu A.V. Problems of Plants Revitalization in the East of Ukraine After the War. *International Journal of Conservation Science*. Volume 14, Issue 2, 2023. P. 551-562. DOI: 10.36868/IJCS.2023.02.12
5. Ivashko Y., Dmytrenko A., Pawłowska A., Lisińska-Kuśnierz M., Krupa M., Tišliar P., Hlushchenko A., Serafin A., Shpakov A. Destruction of the Architectural Heritage as a Result of War: The Experience of Reconstruction (Conservation and Logistical Aspects) *International Journal of Conservation Science*. Volume 15, 2024, pp. 17-30. DOI: 10.36868/IJCS.2024.SI.02
6. Ivashko Y., Dmytrenko A., Belinskyi S., Pabich M., Kuśnierz-Krupa D., Kobylarczyk J., Bednarz L., Kuzmina H., Kovtiukh N.. The Influence of Colonial Policy on the Destruction of National Cultural Identity and Ways of Overcoming its Consequences. *International Journal of Conservation Science*. Volume 15, 2024, pp. 31-42. DOI: 10.36868/IJCS.2024.SI.03
7. Ivashko Y., Dmytrenko A., Molodid O., Ivashko O., Molochko V., Belinskyi S., Bigaj P. The Destruction of the Established Urban Environment of Borodianka and Irpen as a Result of the

Russian-Ukrainian War. *International Journal of Conservation Science*. Volume 15, issue 2, 2024, pp. 785-800. DOI: 10.36868/IJCS.2024.02.03

8. Kozłowski T., Ivashko Y., Belinskiy S., Dmytrenko A., Ivashko O. Teoretyczne i prawne zasady odbudowy zabytków architektonicznych w Ukrainie, które ucierpały w trakcie agresji rosyjskiej. *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału Polskiej Akademii Nauk w Krakowie*. Tom / Volume L(2022). P. 391-408. DOI: 10.24425/tkuia.2022.144859

9. Nadolny A., Ivashko Y., Słuchocka K., Sandu I.G., Bigaj P. In-fill Development Architecture, As Element of Post Second War Reconstruction of City of Poznan. Case Study of Joseph Stübben's Extension Plan of the City from Years 1902-1918. "International Journal of Conservation Science" Volume 14, Issue 1, 2023, P. 57-74. DOI: 10.36868/IJCS.2023.01.05

10. Бутко К. Скорочення витрат, економія часу та зменшення відходів – чи може 3D – друк змінити архітектуру житлових будинків / *Pragmatika*, 27 лютого 2023. URL: <https://pragmatika.media/skorochennia-vytrat-ekonomiia-chasu-ta-zmenschennia-vidkhodiv-chy-mozhe-3d-druk-zminyty-arkhitekturu-zhytlovykh-budynkiv/> (дата звернення: 02.09.2025).

11. Піняжко В. У львівській школі, яку збудували за 3D-технологіями, тривають внутрішні роботи. Громадське-Львів, 2025 р., 3 липня, 15:03. URL: <https://suspilne.media/lviv/1057705-3d-tehnologii-u-lvivskij-skoli-na-vulici-varsavskij-trivaut-vnutrisni-roboti/> (дата зв: 02.09.2025).

PhD, Associate Professor **Dmytrenko Andrii**,
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"
Chornyi Olexii, Kyiv National University of Construction and Architecture

METHODOLOGY OF ARCHITECTURAL DESIGN OF OBJECTS CONSTRUCTED USING 3D PRINTING

The Russian-Ukrainian war has left many Ukrainian families homeless. Some refugees have gone abroad, while others have moved to safer regions of Ukraine. However, it is not only people from the frontline areas who have lost their homes; drones and missiles are destroying housing stock in rear cities every day. That is why the problem of providing housing for both displaced persons and residents of rear towns who have lost their homes is particularly acute. Veterans and their families also need modern housing. Given the projected amount of housing needed and economic problems, one option for cheap modern ecological housing is 3D printing in architectural design and construction, which is already widely used around the world.

The advantages of 3D printing today include the following:

- saving on construction costs;
- reducing construction times;

- reducing design errors;
- the possibility of increasing the number of homes while reducing their construction times;
- reducing the number of employees (which is especially relevant for Ukraine in conditions of staff shortage);
- achieving a balance in the ratio "interesting attractive form - economy-environmental friendliness and energy efficiency";
- high aesthetics of innovative forms;
- functionality, which is laid down at the project stage;
- environmental friendliness (printing from secondary, natural or organic materials, no transportation of materials and emissions into the atmosphere during work).

The experience of projects implemented abroad shows that the most effective direction of such 3D printing today is individual housing.

It can be predicted that this direction of 3D printing will be the most in demand now and during the post-war reconstruction of Ukraine,

At the same time, the use of this new technology requires a certain adaptation of the architectural design methodology, which must take into account the dimensions of the 3D printer and the technological features of its operation.

Keywords: usage methodology; 3D printing; architectural design.

REFERENCES

1. World Bank; Ukraine, Government of; European Union; Nations, United. Ukraine - Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4): February 2022 - December 2024 (English). Washington, D.C.: World Bank Group. Retrieved September 2, 2025, from <http://documents.worldbank.org/curated/en/099022025114040022> {in English}
2. Recovery. State assistance program. For owners of housing damaged or destroyed due to hostilities. [Prohrama dopomohy vid derzhavy. Dlia vlasnykiv zhytla – poshkodzhenoho abo zruinovanoho cherez boivoi dii]. Retrieved September 2, 2025, from <https://erecovery.diia.gov.ua/> {in Ukrainian}
3. Ivashko Y., Tovbych V., Hlushchenko A., Belinskyi S., Kobylarczyk J., Kuśnierz-Krupa D., Dmytrenko A. (2023). Preparing for the post-war reconstruction of historical monuments in Ukraine: Considerations in regard of the ongoing Polish post-WWII experience and international law on the protection and conservation of historical monuments. *Muzeológia a kultúrne dedičstvo*, 10 (1), 53-71. DOI:10.46284/mkd.2023.11.1.4 {in English}
4. Ivashko Y., Mykhailovskyi D., Tovbych V., Kobylarczyk J., Kuśnierz-Krupa D., Dmytrenko A., Kharaborska Y., Sandu A.V. (2023). Problems of Plants

Revitalization in the East of Ukraine After the War. *International Journal of Conservation Science*, 14 (2), 551-562. DOI: 10.36868/IJCS.2023.02.12 {in English}

5. Ivashko Y., Dmytrenko A., Pawłowska A., Lisińska-Kuśnierz M., Krupa M., Tišliar P., Hlushchenko A., Serafin A., Shpakov A. (2024). Destruction of the Architectural Heritage as a Result of War: The Experience of Reconstruction (Conservation and Logistical Aspects) *International Journal of Conservation Science*, 15 (S.I.), 17-30. DOI:10.36868/IJCS.2024.SI.02. {in English}

6. Ivashko Y., Dmytrenko A., Belinskyi S., Pabich M., Kuśnierz–Krupa D., Kobylarczyk J., Bednarz L., Kuzmina H., Kovtiukh N. (2024). The Influence of Colonial Policy on the Destruction of National Cultural Identity and Ways of Overcoming its Consequences. *International Journal of Conservation Science*, 15 (S.I.), 31-42. DOI:10.36868/IJCS.2024.SI.03. {in English}

7. Ivashko Y., Dmytrenko A., Molodid O., Ivashko O., Molochko V., Belinskyi S., Bigaj P. (2024). The Destruction of the Established Urban Environment of Borodianka and Irpen as a Result of the Russian-Ukrainian War. *International Journal of Conservation Science*, 15 (2), 785-800. DOI: 10. 36868/IJCS.2024.02.03 {in English}

8. Kozłowski T., Ivashko Y., Belinskyi S., Dmytrenko A., Ivashko O. (2022). Teoretyczne i prawne zasady odbudowy zabytków architektonicznych w Ukrainie, które ucierpały w trakcie agresji rosyjskiej. *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału Polskiej Akademii Nauk w Krakowie*, L, 391-408. DOI: 10.24425/tkuia.2022.144859. {in English}

9. Nadolny A., Ivashko Y., Śluchocka K., Sandu I.G., Bigaj P. (2023). In-fill Development Architecture, as Element of Post Second War Reconstruction of City of Poznan. Case Study of Joseph Stübben's Extension Plan of the City from Years 1902-1918. *International Journal of Conservation Science*, 14 (1), 57-74. DOI: 10.36868/IJCS.2023.01.05. {in English}

10. Butko K. Cutting costs, saving time and reducing waste – can 3D printing change the architecture of residential buildings [Skorochennia vytrat, ekonomiyi chasu ta zmenshennia vidkhodiv – chy mozhe 3D – druk zminyty arkhitekturu zhytlovykh budynkiv] / Pragmatika, February 27, 2023. Retrieved September 2, 2025, from <https://pragmatika.media/skorochennia-vytrat-ekonomiia-chasu-ta-zmenshennia-vidkhodiv-chy-mozhe-3d-druk-zminyty-arkhitekturu-zhytlovykh-budynkiv/>. {in Ukrainian}

11. Piniashko V. Internal work continues at a Lviv school built using 3D technology. [U lvivskii shkoli, yaku zbuduvaly za 3D-tekhnologiiamy, tryvaiut vnutrishni] / Hromadske-Lviv, 2025, July 3, 3:03 p.m. Retrieved September 2, 2025, from <https://suspilne.media/lviv/1057705-3d-tehnologii-u-lvivskij-skoli-na-vulici-varsavskij-trivaut-vnutrisni-roboti/>. {in Ukrainian}