

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.67.285-296>

УДК 721.021.2

Субін-Кожевнікова Альона Сергіївна,

*кандидат архітектури, старший викладач
кафедри будівництва, міського господарства та архітектури,
Вінницький національний технічний університет*

subinkozhevnikova@vntu.edu.ua

<http://orcid.org/0000-0001-9560-0364>

Хороша Оксана Іванівна,

*кандидат архітектури, старший викладач
кафедри будівництва, міського господарства та архітектури,
Вінницький національний технічний університет*

korosha@vntu.edu.ua

<http://orcid.org/0000-0002-7790-4978>

Олійниченко Валерій Олександрович,

*здобувач вищої освіти гр. БМ-22мс,
Вінницький національний технічний університет*

valerioliinyhenko@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0003-1656-4161>

ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АРХІТЕКТУРІ

Анотація: предметом розгляду даної статті є особливості використання адитивних технологій в архітектурі, що в перспективному майбутньому матиме значний вплив на революційний розвиток будівельної галузі.

Досліджуючи перспективи адитивних технологій (3D-друку) в архітектурі, дана публікація має на меті визначити його трансформаційний потенціал у вирішенні житлових потреб, сприянні сталому розвитку українських міст та стимулюванні інноваційного розвитку будівельної галузі. Розглядаючи особливості використання 3D-друку в будівництві, його різноплановість використання, обґрунтовується необхідність широкого впровадження, враховуючи всі переваги та недоліки.

Ключові слова: адитивні технології; 3D-друк; доступне житло; екологічне використання; переваги та недоліки.

Постановка проблеми. Адитивні технології (3D-друк) змінили правила гри в галузі архітектури, пропонуючи безпрецедентні можливості та переваги. Завдяки своїй здатності революціонізувати процес будівництва, адитивні технології мають величезний потенціал у вирішенні житлових проблем.

Використовуючи 3D-друк, архітектори та інженери можуть подолати традиційні обмеження, створюючи доступні, екологічні та кастомізовані будинки.

Останніми роками будівельна галузь зіткнулася з безпрецедентними викликами, що призвели до зростання вартості будівництва. У світі спостерігається глобальний дефіцит житла, а наслідки зміни клімату в усьому світі є очевидними як ніколи. Тому ставити під сумнів традиційні методи будівництва та розширювати межі інновацій стало головним пріоритетом, змушуючи галузь впроваджувати нові технології в міру того, як вони стають на шлях епохи цифрової трансформації. Однак є одна інновація, яка виглядає особливо багатообіцяючою: будівельний 3D-друк. Хоча дана технологія набула розвитку відносно недавно, вона вже успішно випробувана в численних спорудах та будівлях, особливо змінивши житлове будівництво.

Отже, 3D-друк цілком може стати життєздатною альтернативою для більш ефективних, стійких і економічно вигідних рішень масового житлового будівництва в найближчому майбутньому, позитивно впливаючи на життя людей і сприяючи створенню більш зелених і здорових міст.

Впровадження адитивних технологій особливо актуальне при відбудові українських міст, тому заслуговує детального розгляду.

Аналіз останніх досліджень. Адитивне виробництво бере свій початок у 1980-х роках, як технологія використання стереолітографії (SLA), що передбачає нанесення фото-чутливого матеріалу шару за шаром, який під дією лазерного променя перетворюється на твердий пластик. Наразі існує низка інших матеріалів, які використовуються в адитивному виробництві, такі як глина, скло, метали та нанокompозити [1].

Технологія 3D-друку швидко розвивається, що спонукає до нових досліджень, присвячених його застосуванню в промислових масштабах. Революційним в будівництві є метод Contour Crafting (контурного виробництва). Цей метод адитивної архітектури досліджував доктор Бехрох Хошневіс з Інституту інформаційних наук Університету Південної Каліфорнії, який створив великий будівельний 3D-принтер, здатний будувати будинки будь якої важкості за даною технологією [2].

Першим реалізованим проєктом за допомогою 3D-друку методом Contour Crafting в будівельній галузі в Україні є будова початкової школи у Львові, що очолює гуманітарний фонд Team4UA та виконує датська група 3DCP з використанням принтера BOD2 COBOD [3].

Нові дослідження в розробках і практичному застосуванні технології 3D-друку проводяться в багатьох розвинених країнах світу. Серед відомих архітекторів та архітектурних бюро варто виділити: архітекторів Яньяп

Рейзенаарс (Нідерланди), Енріко Діні (Італія), Ерік Гебоерсом, (Франція), Ів Бехар (Швейцарія), Хасіф Рафій (Малайзія); бюро WASP (Італія), Houben & Van Mierlo Architecten (Нідерланди), WATG'S Urban Architecture Studio (США), DUS Architects (Нідерланди), Zhuo Da (Китай) [4, 5].

Метою публікації є виявлення особливостей та нових перспектив використання адитивних технологій в будівництві житлових та громадських будівель, створенні декоративних елементів, реставрації та відтворенні цінних архітектурних об'єктів.

Основна частина. Використання 3D-принтерів в архітектурі та будівництві стає все більш поширеним, і сьогодні багато архітекторів і дизайнерів впевнені, що впровадження адитивних технологій в більших масштабах стане справжньою революцією. Створення функціональних кінцевих елементів – декору, меблів і гаджетів – це лише фрагмент можливостей, які пропонує технологія 3D-друку.

Кожен архітектурний проєкт починається з концептуальної моделі. Це фундаментальний інструмент, який допомагає архітекторам, замовникам та громадськості візуалізувати бачення проєкту архітектором. Але шлях від креслень до фізичної моделі довгий та складний. Потрібно докласти чимало зусиль, щоб створити виготовлену вручну, деталізовану та масштабовану концептуальну модель. 3D-друк суттєво спрощує даний процес. Він може відтворювати високодеталізовані фізичні моделі на основі САД-моделі, що дасть краще уявлення про те, як виглядатиме остаточно будівля.

Використання адитивних технологій також мають переваги при створенні об'ємних моделей втрачених об'єктів архітектури, що є значним вкладом в пам'яткоохоронну діяльність. Прикладом відтворення історичних об'ємів втрачених архітектурних пам'яток Вінниці за допомогою технологій 3D-друку, є моделі палацу Грохольських (П'ятничани) та кінотеатру ім. Коцюбинського у м. Вінниці, розроблених студентами кафедри будівництва, міського господарства та архітектури ВНТУ (Рис. 1, 2).

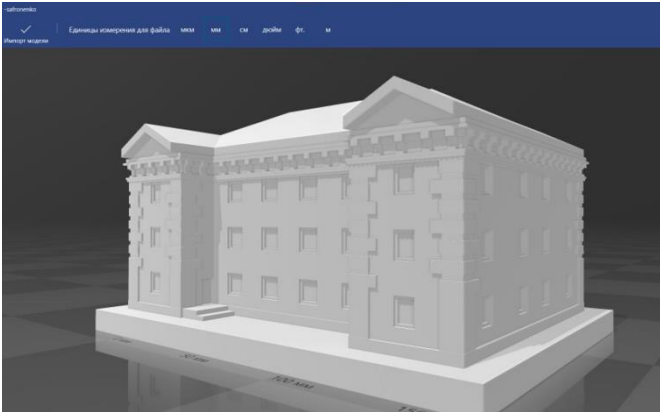


Рис. 1. Модель палацу Грохольських (П'ятничани), м. Вінниця



Рис. 2. Модель кінотеатру ім. Коцюбинського у м. Вінниці

Використання адитивних технологій є також перспективним в галузі реставрації та полягає в тому, що на основі історичного аналізу та натурних обстежень, ми маємо можливість створити 3D-модель архітектурної деталі у відповідній програмі (3D Max, AutoCAD). Створена модель імпортується в цифровий формат (формат STL) з необхідною для якісного друку точністю. Отримана після друку модель використовується для виготовлення форм, що в подальшому дозволяє відтворити об'єкти будь якої складності та дозволяє більш якісно зберегти пам'ятки архітектури [6].

Особливої актуальності в будівництві сьогодні набуло використання адитивних технологій не лише для друку дрібних моделей та прототипів чи окремих елементів декору, але й загалом для будівництва будинків, зокрема житла. Так, у Китаї WinSun побудували перший у світі п'ятиповерховий багатоквартирний будинок, надрукований на 3D-принтері, загальною площею 1100 м² зі спеціального матеріалу для друку, з декоративними елементами, виставлений на огляд в індустріальному парку Сучжоу (Рис. 3) [7].

У Європі наразі також є чимало прикладів використання технології 3D-друку. Влітку 2021 року в місті Бекум на північному заході Німеччини було представлено побудований за допомогою будівельного 3D-принтеру житловий будинок. Двоповерхова резиденція площею 160 м² є проєктом бюро MENSE-KORTE, ingenieure+architekten. Команда PERI використовувала будівельний 3D-принтер COBOD BOD2 – це порталний принтер, який спеціально розроблений для друку великих 3D-об'єктів на місці. В якості матеріалу для друку компанія PERI використовувала розчин «i.tech 3D» від HeidelbergCement (Рис. 4) [8].



Рис. 3. Багатоквартирний будинок, Китай



Рис. 4. Житловий будинок, Німеччина

Вдалим прикладом використання адаптивних технологій є також житловий будинок «House Zero» в м. Остін, США, що був надрукований на 3D-принтері нового покоління Vulcan від ICON та спроектований компанією Lake Flato Architects, відомою своїми екологічними проєктами. Поєднуючи в собі естетику модерністського ранчо середини минулого століття, будинок вирізняється високим архітектурним та енергоефективним дизайном, що підкреслює переваги стійкості та сталості, а також цифрові можливості адитивного будівництва [9].

Перспективність використання адитивних технологій в архітектурі зумовлена також можливістю друкувати вироби будь-яких форм: опуклі, наріжні, вигнуті, кубічні, що в свою чергу, відповідає тенденціям біофільного дизайну. Біофільні принципи – спосіб зв'язку людини з природою та композиції, натхненні природою – лежать в основі дизайну «House Zero» і найкраще реалізовані за допомогою технології 3D-друку нового покоління від ICON. Особливістю будівлі є вигнуті стіни з закругленими кутами, що забезпечують більш м'які, натуралістичні шляхи циркуляції по всьому будинку. (Рис. 5) [9].



Рис. 5. Житловий будинок «House Zero» в м. Остін, США

В результаті військових дій, сьогодні Україна стикнулася із проблемою забезпечення мільйонів людей відносно недорогим і масовим житлом. Станом на початок лютого 2023 року в Україні нараховувалося близько 4,8 млн. зареєстрованих внутрішньо переміщених осіб, а загальна їх кількість оцінюється в 7 млн. [10]. Тому важливим є пошук нових економічно доцільних рішень у житловому будівництві.

Так українські архітектори пропонують відновити район Північна Салтівка у Харкові за допомогою 3D-друку. Авторами концепту стали Любомир Подолянч і Костянтин Русев (Рис. 6, 7). Пропозиція післявоєнної реконструкції значно пошкодженого унаслідок війни району Харкова потрапила до десятки кращих проєктів міжнародного конкурсу Impact Design.

Архітектори зауважують, що їхнє рішення дозволить не лише швидко відбудувати зруйновані Росією будинки одного з найбільших за кількістю мешканців міст України, а й створити нові, комфортні умови для тих, хто повернеться додому [11].



Рис. 6. Екстер'єр будинків у Харкові, створеними завдяки 3D-друку

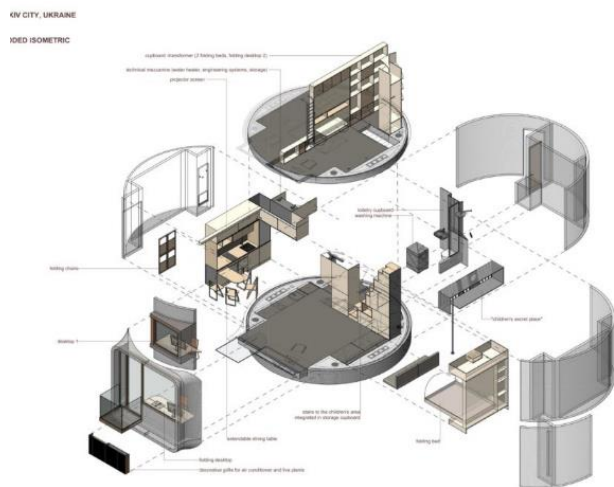


Рис. 7. Схема житлового модуля

Отже, дослідивши світовий досвід використання адитивних технологій в архітектурі, можна виділити його переваги. Перш за все, це гнучкий дизайн. Завдяки 3D-друку можна легко створювати нові форми та дизайни, які були б складними або навіть неможливими для виконання традиційними методами. Адитивні технології дозволяють створювати індивідуальні рішення для кожного проєкту, враховуючи унікальні потреби та побажання замовника [12].

Важливою є також можливість виготовляти завдяки 3D-друку міцні та

легкі деталі, використовуючи різноманітні матеріали, включаючи бетон, метал, пластик, дерево і багато інших. Також завдяки 3D-друку можна заощадити час не лише на виготовленні деталі, але й на процесі проектування, який можна пришвидшити завдяки створенню файлів STL, CAD, готових до друку. Це особливо корисно у випадках, коли потрібно невеликі будівлі або прототипи. Важливим аргументом використання технологій будівельного 3D-друку є швидкість проектування та зведення будівель за допомогою адитивних технологій при відбудові зруйнованих кварталів українських міст. Адитивні технології можуть бути використані для реставрації і реконструкції історичних або пошкоджених будівель, допомагаючи зберегти культурну спадщину [12, 13].

Важливою перевагою також є ефективне використання матеріалів та екологічність. Адитивні процеси можуть мінімізувати відходи матеріалів, оскільки вони дозволяють точно контролювати кількість матеріалу, який використовується, а можливість використовувати біоматеріали сприяє покращенню екологічних характеристик будівництва [13].

Проте, використання адитивних технологій, таких як 3D-друк, в архітектурі та будівництві має свої переваги, але також і недоліки. Перший і, можливо, найбільший недолік – це високі витрати на спеціалізоване обладнання та матеріали для 3D-друку. Це може бути важко доступною інвестицією для багатьох будівельних компаній та проєктів [13].

Також на сьогоднішній день 3D-друк обмежений об'ємами та розмірами конструкцій. Споруди великих розмірів можуть бути складним завданням для цієї технології. Важливо враховувати, що будівництво будівель за допомогою 3D-друку ще розвивається, і існують виклики, такі як безпека та відповідність будівельним нормам. Також потрібно враховувати, що зведення будівель за допомогою адитивних технологій вимагає певного рівня технічних навичок та інженерного контролю. Даний аспект стосується також якості і міцності конструкцій в ускладнених умовах будівництва, наприклад у зоні землетрусів або природних катастроф [14].

Перешкодою до широкого використання адитивних технологій є відсутність регуляторних норм і стандартів. Багато країн і регіонів ще не впровадили чіткі норми та стандарти для будівництва, яке використовує адитивні технології. Це може призвести до правових проблем та незрозумілих вимог для таких будівель.

Використання 3D-друку вимагає висококваліфікованих спеціалістів, які розуміють технологію та можуть ефективно керувати нею. Це може бути складно у звичайному будівельному секторі, де вже є власна система навчання та підготовки [14, 15].

Загалом, хоча адитивні технології в архітектурі та будівництві мають великий потенціал для інновацій та збереження ресурсів, їх впровадження необхідно розглядати у контексті сучасних викликів та обмежень. Важливо збалансувати переваги та недоліки для кожного конкретного проєкту і враховувати наявні обставини.

Висновки. У статті розглянуто останні тенденції використання адитивних технологій в архітектурі та проаналізовано перспективи використання даної технології в будівництві. Встановлено, що з кожним роком зростає попит на використання технології 3D-друку у виробництві макетів, архітектурного декору, та будівель загалом, що свідчить не тільки про перспективність розвитку технології в цілому, але й інтерес до досвіду її застосування.

Проаналізовано технічні обмеження та архітектурно-планувальні можливості, які відкриваються завдяки впровадженню 3D-принтерів. Результати показують, що адитивні технології розвиваються у напрямку пошуку нових технічних можливостей та в напрямку розвитку типологій виробничих та цивільних будівель.

Встановлено, що адитивні технології в архітектурі та будівництві можуть бути потужним інструментом інноваційного розвитку цих галузей. Проте їх широке впровадження потребує ретельної оцінки конкретних обставин та завдань проєкту. Загалом, використання адитивних технологій є найбільш перспективним наразі в житловому будівництві.

Список джерел

1. 3D Printing Technologies in Architectural Design and Construction: A Systematic Literature Review. Buildings. URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/9/1319> (дата звернення: 25.08.2023).
2. Additive Architecture: Building the Future One Layer at a Time. Arch2O. URL: <https://www.arch2o.com/additive-architecture-building-the-future/> (дата звернення: 25.08.2023).
3. Як у Львові друкують школу на 3D-принтері (фото, відео). Хмарочос. URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2023/05/23/yak-u-lvovi-drukuyut-shkolu-na-3d-prynteri-foto-video/> (дата звернення: 25.08.2023).
4. Іванов-Костецький С. О., Гуменник І., Воронкова І. Шляхи застосування технологій 3D-друку у створенні сучасних об'єктів архітектури. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: «Архітектура». Л.: Національний університет «Львівська політехніка», 2022. №1(7). С. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.23939/sa2022.01.054>
5. Про застосування 3D технологій у будівництві. «Нові Зодчі». URL: <http://www.n-zodchie.com/ua/articles/pro-zastosuvannya-3d-tehnologiy-u->

[budivnytstvi.html](#) (дата звернення: 25.08.2023).

6. Лебедева, О. О. Адитивні технології в реставрації та відтворенні елементів архітектурних об'єктів / О. О. Лебедева, О. М. Гумен // Збірник доповідей VI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених», м. Київ. – Київ, 2017. – С. 269-274.

7. World's first 3D-printed apartment and villa constructed in China. CNET Networks. URL: <https://www.cnet.com/culture/worlds-first-3d-printed-apartment-building-constructed-in-china/> (дата звернення: 25.08.2023).

8. Erstes gedrucktes Haus Deutschlands offiziell eröffnet. Kommunal topinform. URL: <https://kommunaltopinform.de/2022/01/03/erstes-gedrucktes-haus-deutschlands-offiziell-eroeffnet/> (дата звернення: 25.08.2023).

9. House Zero. ICON URL: <https://www.iconbuild.com/projects/house-zero> (дата звернення: 25.08.2023).

10. Дмитренко А. Ю. Проблеми розвитку типології масового житла для післявоєнної відбудови України. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. К.: КНУБА, 2023. Вип. 66. С. 150–167. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.66.150-167>

11. Ukrainian architects propose to restore Northern Saltovka with the help of 3D printing. PRAGMATIKA.MEDIA.URL: <https://pragmatika.media/en/news/ukrainski-arhitektori-proponujut-vidnoviti-pivnichnu-saltivku-za-dopomogoju-3d-druku/> (дата звернення: 25.08.2023).

12. Jakie są korzyści druku 3D w budownictwie? PlanRadar. URL: <https://www.planradar.com/pl/jakie-sa-korzysci-druku-3d-w-budownictwie/> (дата звернення: 25.08.2023).

13. Anna Wiczorek. Druk 3D w budownictwie. Bot Land. URL: <https://botland.com.pl/blog/druk-3d-w-budownictwie/> (дата звернення: 25.08.2023).

14. Towards Sustainable and Affordable Housing: Is 3D Printing the Future or the Present? ArchDaily. URL: <https://www.archdaily.com/979103/towards-sustainable-and-affordable-housing-is-3d-printing-the-future-or-the-present> (дата звернення: 25.08.2023).

15. S. El-Sayegh, L. Romdhane & S. Manjikian. «A critical review of 3D printing in construction: benefits, challenges, and risks». ResearchGate. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43452-020-00038-w> (дата звернення: 25.08.2023).

References

1. 3D Printing Technologies in Architectural Design and Construction: A Systematic Literature Review. *Buildings*. URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/9/1319> (accessed: 25.08.2023). (In English)
2. Additive Architecture: Building the Future One Layer at a Time. (2022). *Arch2O*. URL: <https://www.arch2o.com/additive-architecture-building-the-future/> (accessed: 25.08.2023). (In English)
3. Yak u Lvovi drukuiut shkolu na 3D-prynteri (foto, video). [How a school is printed on a 3D printer in Lviv (photo, video)] *Khmarochos*. URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2023/05/23/yak-u-lvovi-drukuyut-shkolu-na-3d-prynteri-foto-video/> (accessed: 25.08.2023). (In Ukrainian)
4. Ivanov-Kostetskyi, S., Humennyk, I., Voronkova, I. (2022). Shliakhy zastosuvannya tekhnolohii 3D-druku u stvorenni suchasnykh ob'ektiv arkhitektury. [Ways of applying 3D printing technologies in the creation of modern architectural objects.] *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika»*. Seriya: «*Arkhitektura*». L.: Natsionalnyi universytet «Lvivska politekhnika», №1(7). С. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.23939/sa2022.01.054> (In Ukrainian)
5. Pro zastosuvannya 3D tekhnolohii u budivnytstvi. [About the use of 3D technologies in construction]. «*Novi Zodchi*». URL: <http://www.n-zodchie.com/ua/articles/pro-zastosuvannya-3d-tehnologiy-u-budivnytstvi.html> (accessed: 25.08.2023). (In Ukrainian)
6. Lebedieva, O. (2017). Adytyvni tekhnolohii v restavratsii ta vidtvorenni elementiv arkhitekturnykh ob'ektiv. [Additive technologies in the restoration and reproduction of elements of architectural objects] / O. O. Lebedieva, O. M. Humen // *Zbirnyk dopovidei VI Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh «Prykladna heometriia, dyzain, ob'ekty intelektualnoi vlasnosti ta innovatsiina diialnist studentiv ta molodykh vchenykh»*, m. Kyiv. – С. 269-274. (In Ukrainian)
7. World's first 3D-printed apartment and villa constructed in China. *CNET Networks*. URL: <https://www.cnet.com/culture/worlds-first-3d-printed-apartment-building-constructed-in-china/> (accessed: 25.08.2023). (In English)
8. Erstes gedrucktes Haus Deutschlands offiziell eröffnet. *Kommunal topinform*. URL: <https://kommunaltopinform.de/2022/01/03/erstes-gedrucktes-haus-deutschlands-offiziell-eroeffnet/> (accessed: 25.08.2023). (In German)
9. House Zero. *ICON*. URL: <https://www.iconbuild.com/projects/house-zero> (accessed: 25.08.2023). (In English)
10. Dmytrenko, A. (2023) Problemy rozvytku typolohii masovoho zhytla dlia pisliavoiennoi vidbudovy Ukrainy. [Problems of the development of the typology of mass housing for the post-war reconstruction of Ukraine]. *Suchasni problemy*

arkhitektury ta mistobuduvannia. К.: КНУБА. Вип. 66. С. 150–167. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.66.150-167> (In Ukrainian)

11. Ukrainian architects propose to restore Northern Saltovka with the help of 3D printing. *PRAGMATIKA.MEDIA*. URL: <https://pragmatika.media/en/news/ukrainski-arhitektori-proponujut-vidnoviti-pivnichnu-saltivku-za-dopomogoj-3d-druku/> (accessed: 25.08.2023). (In Ukrainian)

12. Jakie są korzyści druku 3D w budownictwie? *PlanRadar*. URL: <https://www.planradar.com/pl/jakie-sa-korzysci-druku-3d-w-budownictwie/> (accessed: 25.08.2023). (In Polish)

13. Wiczorek, A. (2022). Druk 3D w budownictwie. *Bot Land*. URL: <https://botland.com.pl/blog/druk-3d-w-budownictwie/> (accessed: 25.08.2023). (In Polish)

14. Towards Sustainable and Affordable Housing: Is 3D Printing the Future or the Present? *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/979103/towards-sustainable-and-affordable-housing-is-3d-printing-the-future-or-the-present> (accessed: 25.08.2023). (In English)

15. S. El-Sayegh, L. Romdhane & S. Manjikian. (2020). «A critical review of 3D printing in construction: benefits, challenges, and risks». *ResearchGate*. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43452-020-00038-w> (accessed: 25.08.2023). (In English)

Annotation

Alona Subin-Kozhevnikova, PhD, Senior Lecturer of Department of construction, urban and architectural, Vinnytsia National Technical University.

Oksana Khorosha, PhD, Senior lecturer of Department of construction, urban and architectural Vinnytsia National Technical University.

Valerii Oliinychenko, student of Department of construction, urban and architectural, Vinnytsia National Technical University.

Features and prospects of using additive technologies in architecture

The article considers the features of the use additive technologies in architecture, which in the future will have a significant impact on the revolutionary development of the construction industry.

Exploring the prospects of additive technologies (3D printing) in architecture, this publication aims to determine its transformational potential in solving housing needs, promoting the sustainable development of Ukrainian cities and stimulating the innovative development of the construction industry. Considering the features of the use of 3D printing in construction and its diversity of use - the need for widespread implementation, taking into account all the advantages and disadvantages are substantiated.

It has been established that the part of structures in the world fully or partially built using 3D printing technology is growing annually, which actualizes interest not only in the development of technology in general, but also in the experience of its use.

Having analyzed the world experience of using additive technologies in housing construction, the prospects of this direction of construction in the reconstruction of Ukrainian cities have been established. The use of building 3D printers, thanks to the rapid process of erecting houses, will allow in a short time to increase the housing stock and rebuild the destroyed cities.

Advantages of additive production are considered. One of them is the ability to create complex shapes and structures that would be difficult or even impossible to manufacture by traditional methods. In addition to the speed of construction, the advantage also - is eco-friendliness. The use of additive technologies can help reduce carbon emissions, especially if environmentally friendly materials are used. It is also possible to reduce energy costs for the construction and transportation of materials.

Given these advantages, additive technologies are becoming an increasingly important tool in modern architecture, allowing architects and researchers to implement more ambitious and innovative projects.

Keywords: additive technologies; 3D printing; affordable housing; sustainable use; advantages and disadvantages.