

Івахненко Д. І., студентка 1 курсу, група ГТ-51, НН ІЕЕ
Науковий керівник: Гребенюк Т. В., кандидат технічних наук, доцент
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА: МИНУЛЕ, СУЧАСНІСТЬ І МАЙБУТНЄ

Останніми роками технології 3D-друку поступово виходять за межі промислового прототипування і починають займати провідні позиції у сфері будівництва. Адитивне будівництво передбачає пошарове формування конструкцій із спеціальних будівельних сумішей, що подаються через роботизовані принтери, керовані цифровими моделями. Такий підхід дозволяє мінімізувати кількість зайвих операцій, підвищити точність виконання та скоротити людський фактор (Zebari et al., 2025). Зростання інтересу до цієї технології зумовлене прагненням будівельної галузі знайти ефективні рішення проблем дефіциту робочої сили, екологічного забруднення та високої вартості будівництва (Banihashemi et al., 2025; IJIRSET, 2024).

Дослідження показують, що використання 3D-друку дозволяє скоротити будівельні відходи до 60 %, оскільки матеріал подається автоматично й лише в необхідних кількостях (Banihashemi et al., 2025). Окрім зниження негативного впливу на довкілля, це зменшує вартість будівельних робіт. Відсутність опалубки та зменшення потреби у фізичній праці скорочує загальний термін зведення будівель на 30–50 % (IJIRSET, 2024; Joh et al., 2020). У низці експериментальних проєктів житлові модулі було надруковано менш ніж за 48 годин.

У роботі “A Review of 3D Concrete Printing in Construction” [Огляд 3D-друку бетону в будівництві] наведено аналіз технологічних переваг та обмежень. Автори зазначають, що 3D-принтери здатні формувати складні криволінійні структури без додаткових витрат, що робить технологію привабливою з архітектурної точки зору (Zebari et al., 2025). Цифрова модель будівлі безпосередньо інтегрується у систему друку, що мінімізує ймовірність помилок у процесі виробництва (MDPI, 2020). Додатковою перевагою є можливість використання локальних матеріалів, що знижує логістичні витрати (IJIRSET, 2024).

Особливу увагу дослідники зосереджують на властивостях матеріалів. Суміші для 3D-друку повинні поєднувати пластичність, швидкість тверднення та високу адгезію між шарами. У роботі “Development of 3D-Printable Concrete: Properties, Challenges and Future Perspectives” [Розробка бетону для 3D-друку: властивості, виклики та перспективи на майбутнє] (2020) доведено, що стандартні бетонні суміші не відповідають цим вимогам і потребують модифікації (Joh et al., 2020). Окремі роботи пропонують використання геополімерних сумішей та вторинної сировини (MDPI, 2020; Zebari et al., 2025).

Попри технологічний прогрес, існують труднощі, пов'язані з відсутністю міжнародних стандартів, методів армування та довгострокових випробувань конструкцій. Традиційне розміщення арматури неможливе, тому досліджуються альтернативи – інтегровані волокна, дрогове армування або після друку (Banihashemi et al., 2025; Joh et al., 2020).

Практичне застосування технології уже охоплює житлові будинки, інженерні споруди, мости, захисні модулі, а також об'єкти для екстремальних умов. Надруковані будівлі вже функціонують у США, Нідерландах, ОАЕ, Китаї. NASA досліджує можливість друкувати споруди з місячного реголіту (IJIRSET, 2024; Zebari et al., 2025).

3D-друк у будівництві є прогресивною технологією, що здатна забезпечити швидше, економічніше та екологічніше зведення споруд. Переваги включають зменшення відходів, скорочення витрат часу та ресурсів, а також можливість створення складних геометричних форм (Banihashemi et al., 2025; Zebari et al., 2025). Водночас успішне впровадження технології потребує подальших досліджень матеріалів, розробки нормативної бази та вдосконалення процесів армування (Joh et al., 2020; MDPI, 2020). Очікується, що з розвитком матеріалознавства і робототехніки адитивне будівництво стане одним із ключових напрямів розвитку галузі (IJIRSET, 2024).

Список використаної літератури:

1. Banihashemi, S., Akbarnezhad, A., & Sheikhhoshkar, M. (2025). 3D printing in construction: Sustainable technology for building industry [3D-друк у будівництві: сталий технологічний розвиток для будівельної галузі]. *Progress in Additive Manufacturing*. <https://doi.org/10.1007/s40964-025-01314-y>
2. IJIRSET. (2024, June). 3D printing concrete in construction [PDF] [3D друк бетону в будівництві]. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. https://www.ijirset.com/upload/2024/june/86_Printing.pdf
3. Zebari, S. M. S., Khawaja Al Harki, B. Q., Al Jawahery, M. S., & Nadhif, N. N. M. (2025, February). A review of 3D concrete printing in construction [Огляд 3D друку бетону у будівництві]. In *The 3rd International Conference on Engineering and Innovative Technology (ICEIT 2024)*. <https://doi.org/10.31972/iceit2024.058>
4. ResearchGate. Joh, C., Lee, J., Bui, T. Q., Park, J., & Yang, I.-H. (2020). Buildability and mechanical properties of 3D printed concrete [Можливість будівництва та механічні властивості 3D друкованого бетону]. *Materials*, 13(21), 4919. <https://doi.org/10.3390/ma13214919>