

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

Однією з головних переваг використання адитивних технологій в будівництві є його ефективність та швидкість. Традиційні методи будівництва часто вимагають великих трудових і фінансових вкладень, але завдяки 3D-друку цей процес значно прискорюється. Спеціалізовані 3D-принтери дозволяють виготовляти будівельні елементи, які ідеально відповідають потребам проєкту та вимогам.

Перший будинок, в який заселилась для проживання сім'я з п'яти чоловік, було надруковано у 2018 році у Франції. При площі будинку 95 м², стіни були надруковані за 54 години. Загальна вартість склала на 20% менше ніж для аналогічних будинків при традиційних технологія будівництва.

Україна не залишається осторонь від цих інновацій. Вже розпочався перший проєкт будівництва за допомогою 3D-друку в місті Львові. Навчальний заклад, корпус для першокласників школи № 23, що вже споруджений за допомогою цієї технології всього за 48 годин.

3D-друк може у будівельній галузі може застосовуватись за двома напрямками: друк основних елементів кінцевої споруди чи будівлі та друк окремих елементів.

У першому випадку процес друку відбувається на будівельному майданчику. При цьому стикаємось з рядом проблем. Зокрема, розміри самого принтера повинні бути більшими за споруду, що зводиться. Тобто об'єм будівлі повинен поміщатись у об'єм зони друку принтера. Також важливим при цьому є співвідношення швидкості друку і строки тверднення матеріалу, яким друкують, а також ряд інших властивостей матеріалу: абразивність, хімічна стійкість, стійкість до УФ-променів та факторів навколишнього середовища тощо.

У другому випадку розміри принтера можуть бути меншими. При стабільних фізико-механічних властивостях матеріалу, яким здійснюється друк, може бути забезпечена точність розмірів друкованих деталей. А це дозволить розбивати деталі споруди на дрібні елементи з подальшим збиранням.

У будівельному масштабі основними методами 3D-друку є екструзія (бетон/цемент, віск, піна, полімери), порошкове з'єднання (полімерне з'єднання, реактивне з'єднання, спікання) та адитивне зварювання. В основі роботи будівельного принтера – екструдер, який подає особливу швидкозастигаючу бетонну суміш з різними добавками. За рахунок того, що шари чітко наносяться один на одного, легко можна зводити не тільки стіни, але і різноманітні конструкції. Шари скріплюються між собою, ущільнюються, що дозволяє витримувати не тільки власну вагу, але й зовнішні навантаження. При необхідності можна використовувати горизонтальне або вертикальне армування. Горизонтальне зміцнення встановлюється поступово між шарами. Вертикальне армування монтується після остаточного затвердіння суміші у спеціальних технологічних отворах, а потім заливається будівельними розчинами чи бетоном.



Рис 1. Принтер BOD2 компанії COBOD. Друк здійснюється цементним розчином

Для всього процесу достатньо дві людини: одна стежить за робочими параметрами принтера, інша – виконує супутні роботи, наприклад, укладає горизонтальне армування або технологічні перемички, з'єднуючи основну стіну із фасадною.

Головні переваги будівельних принтерів – мінімальні (в порівнянні з традиційними способами виконання робіт) терміни, ефективність логістичних операцій, раціональне використання матеріалів.

Як недоліки можна зазначити неможливість впровадження 3D технологій в комплексний процес будівництва, реконструкції та ремонту; висока вартість сучасних моделей тривимірних будівельних принтерів.

Як вже зазначалось вище, робочий об'єм принтера повинен бути більшим за будівлю, що друкуються. Дотримання цієї умови є важливим для забезпечення максимальної швидкості та ефективності роботи

принтера, оскільки при цьому маємо друк цілісної споруди та відсутність перерв на перестановку обладнання. Таким чином застосування традиційних схем компоновання механічної частини принтера: порталної, рамної (див. рис. 1) чи консольної, обмежує розміри друкованої споруди. Збільшення робочого об'єму принтера спричинить непропорційне збільшення металоємності конструкцій і як наслідок здорожчання вартості самого обладнання, втрату точності друку через збільшення інерційних сил під час роботи принтера.

У 2017 році стався порив у цій області, що відкриває широкі перспективи по застосуванню адитивних технологій саме у будівництві.

Незвичайною розробкою здивував шведський інженер Торбьорн Людвігсен розробивши принципово нову механіку FMD 3D принтера, що отримав назву «Hangprinter» або підвісний принтер (див. рис. 2). Пристрій підвішується до стелі та фіксується на стінах за допомогою тросів; пересувається за рахунок керованих комп'ютером шківів. Каретка переміщається за рахунок натягу та ослаблення тросів по осях X/Y/Z. На сьогодні існує 4 версії. Перша версія мала екструдер звичайного FMD принтера, проте область друку сягала 4 м. Тобто збільшення області одразу в 10 раз.

Документація по «Hangprinter» поширюється на умовах ліцензії GNU Торбьорном Людвігсеном. Тобто будь-хто може отримати технічну документацію на принтер, збудувати його та вносити зміни та покращення.

Hangprinter досить точний, щоб виробляти великі об'єкти без загрози їхньої структурної цілісності. Остання версія передбачає розташування приводів, що забезпечують рух каретки з екструдером, у точках підвісу тросової системи. Це в рази зменшує вагу самої каретки.

Система підвісів, встановлених на мачтах навколо будівельного майданчика дозволить друкувати досить протяжні споруди. Загалом, при такій механіці принтера питання масштабування робочої зони обмежуватиметься лише вагою самих тросів та висотою мачт.

У підсумку, використання адитивних технологій в будівництві відкриває безліч можливостей для сталого та інноваційного розвитку галузі. Ці технології вимагають співпраці між різними галузями та фахівцями, але разом вони можуть революціонізувати сферу будівництва і сприяти створенню більш сталого та комфортного майбутнього.

Список літератури:

1. France-Presse, Agence (18 жовтня 2017). World's first 3D-printed bridge opens to cyclists in Netherlands. The Guardian
2. Kreiger, Eric L.; Kreiger, Megan A.; Case, Michael P. (2019). Development of the construction processes for reinforced additively constructed concrete. Additive Manufacturing 28. pp. 39–49.
3. "Interview with the inventor of the frameless Hangprinter 3D printer building the Tower of Babel". 3D Printing Industry. Retrieved 19 March 2017.
4. Ludvigsen, Torbjorn. "Torbjorn Ludvigsen". torbjornludvigsen.com. Retrieved 8 August 2023.



Рис. 2. 3D принтер «Hangprinter»