

УДК 725.8

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ЗА ДОПОМОГОЮ 3D-ПРИНТЕРІВ І ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ

Т. С. Стасюк

здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, група АМ-41,
навчально-науковий інститут будівництва та архітектури

Науковий керівник – к.т.н., доцент С. І. Літницький

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

Виконано аналіз існуючих технологічних рішень реалізації 3D-друку у будівництві. Наведені варіанти окремих структурних плоских елементів, з яких може складатися готова просторова конструкція. Визначені питання, які слід дослідити для подальшого розвитку 3D-будівництва в умовах України.

Ключові слова: 3D-друк, 3D-принтер, стільникові конструкції.

An analysis of existing technological solutions for the implementation of 3D-printing in construction was performed. Variants of individual structural planar elements, which can consist of a finished spatial structure, are presented. The questions that should be investigated for the further application of 3D construction in the conditions of Ukraine are defined.

Keywords: 3D printing, 3D printer, cellular structures.

В умовах стійкого зростання населення на нашій планеті, поступових кліматичних змін, стихійних лих (землетрусів, паводків тощо), а також воєнних конфліктів, багато людей зіштовхуються з потребою у новому житлі. У тому числі, це актуально і для України. Особливо в умовах воєнних дій, коли велика кількість населення залишається без житла, внаслідок внутрішнього переміщення або пошкодження власних домівок. Тому набувають все більшої актуальності технології, які за короткий час і з мінімальним залученням людської праці дозволяють виготовляти готові споруди, придатні для проживання. Однією з них є технологія виготовлення будівель за допомогою 3D-принтерів.

Міжнародний досвід реалізації технології 3D-друку в будівництві та аналіз існуючих технологічних реалізацій закордонними організаціями наведено в роботах [1–3], але частковий аналіз цих технологій, зважаючи на потреби України, авторами був виявлений лише у роботі [4].

В роботі поставлено мету – дослідити і проаналізувати принцип та роботу існуючих технологій виготовлення за допомогою 3D-принтерів, а також виявити питання, які слід додатково дослідити, для більш ефективного використання цих технологій в Україні.

3D-принтер – це інструмент, який дає змогу реалізувати продукт від концепції до безпосередньо реального об'єкту, незалежно від форми, тим самим скорочуючи час між концептуальною ідеєю та виробництвом.

На відміну від звичайних принтерів, які виводять інформацію на папір, 3D-принтери здатні створювати тривимірні об'єкти. 3D-принтер сьогодні можна використовувати в багатьох сферах життя, включно з архітектурою, будівництвом, дрібносерійним виробництвом, медициною, ювелірною справою, поліграфією тощо. Причиною швидкого поширення 3D-принтерів є їхня мобільність і здатність створювати об'єкти найрізноманітніших форм.

Будівництво цілого будинку – це дуже складне завдання, що вимагає великої кількості людей, витрат та часу. Однак в останні роки з'явилося безліч прототипів будинків, надрукованих на 3D-принтері, які доводять, що ці ресурси можна скоротити. Тепер 3D-друк цілого будинку з екологічно чистих матеріалів займає всього кілька тижнів і доступний за ціною. На рис. 1 відображено процес виконання 3D-будинку.



Рис. 1. Будинок Gaia надрукований на 3D-принтері з використанням природних матеріалів (грунт, відходи виробництва рису)

Принцип 3D будівництва полягає в екструзованні, тобто у видавлюванні матеріалу шар за шаром відповідно до заданої комп'ютерної 3D-моделі [1]. Шланг приєднується до головки принтера. Матеріал закачується під тиском, суміш виходить із сопла принтера і наноситься на поверхню підоснови або попередньо надрукованого шару. Конструкційні матеріали мають бути придатні для екструзії з друкарської головки. Складність полягає в тому, щоб забезпечити правильне і рівномірне укладання суміші без розтікання, а також досить швидке, але не надто, тужавлення, достатнє, щоб зберегти форму. Нанесений шар повинен залишатися хімічно активними і утворювати єдину структуру в місцях контакту. Уповільнення швидкості налаштування також важливе для підтримки працездатності обладнання. Насадка не повинна засмічуватись. На рис. 2 показано процес видавлювання один на одного шарів цементної суміші за допомогою 3D-принтера в лабораторних умовах.



Рис. 2. Процес 3D-друку шляхом видавлювання один на одного шарів цементної суміші

Загальний метод 3D-друку полягає в розрізанні тривимірної форми на плоскі шари певної товщини, які потім накладаються один на одного (рис. 3). У цьому методі кожен шар складається з контуру і шаблону заповнення, який може бути реалізовано у вигляді стільникової структури або хвилястої лінії з просторовим заповненням (рис. 4).



Рис. 3. 3D-друковані стіни для баз вітряних турбін

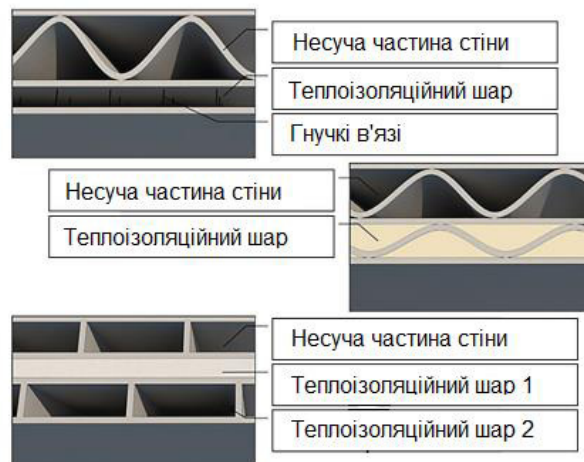


Рис. 4. Варіанти конструкцій стін, виконаних за допомогою 3D-друку

Крім того, існують концептуальні варіанти виконання стін, які мають внутрішню структуру близьку до біонічної (рис. 5). Проте, не дивлячись на складність форми, за допомогою спеціальних 3D-принтерів такі задачі цілком реально виконати [5].

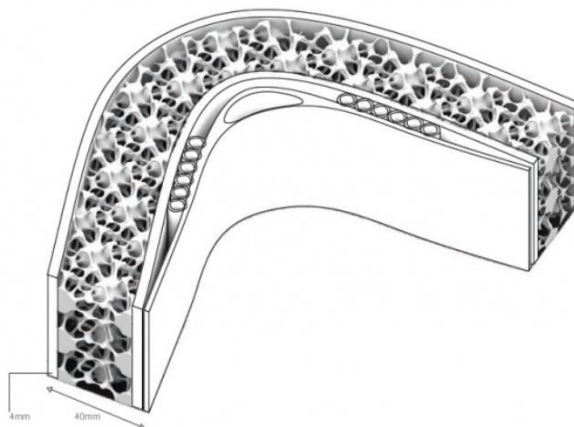


Рис. 5. Варіант виконання стіни з біонічною внутрішньою структурою

Також, слід зазначити, що за методом зведення будівель розрізняють принтери, які друкують будівлю або споруду повністю, і такі, що друкують окремі конструктивні елементи. Окремі архітектурні форми та елементи конструкцій виготовляють у заводських умовах і в подальшому складають їх на будівельному майданчику. Наприклад, на рис. 6 зображені елементи будівлі проєкту «3D print Canal House» в Амстердамі [3].

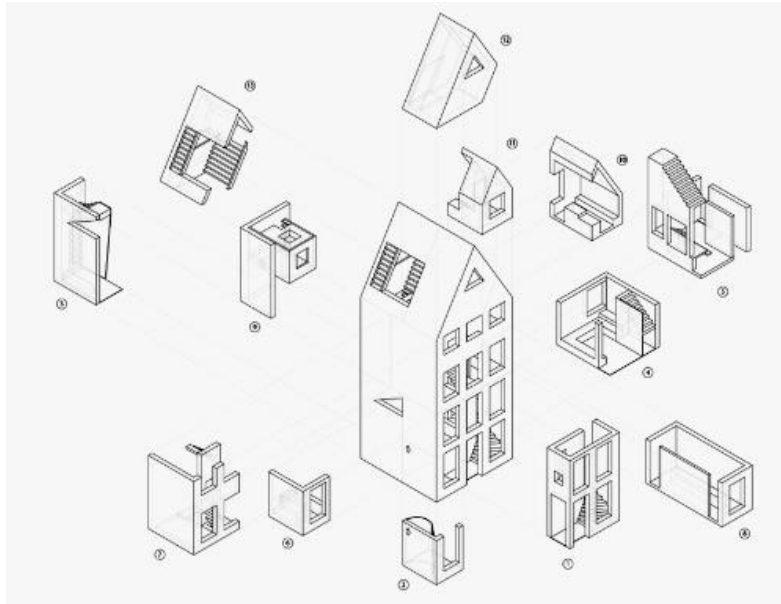


Рис. 6. Проект «3D print Canal House». Складові блоки будівлі

Таким чином, аналіз літератури показав, що у світі існує багато різних технологій 3D-друку. Досвід розроблення ефективних будівельних 3D-принтерів показує, що процес екструзії в будівництві необхідно обґрунтовувати на загальних технологічних принципах і вимогах до матеріалів та конструкцій. Подальші дослідження можна направити на підбір найбільш раціональних цементних сумішей, які відносно легко можна буде виготовити за допомогою українських потужностей, але щоб вони були сумісні з закордонними принтерами. Також огороження 3D-будинків слід дослідити на відповідність українським нормативним документам з точки зору будівельної теплофізики. Необхідно підібрати найбільш раціональну комбінацію конфігурації комірок всередині надрукованих стін, несучої здатності монолітної конструкції і заповнення всередині комірок у вигляді утеплювача. Для цього можна використати як існуючі нормативні документи, так і метод описаний у роботі [6].

1. Evaluation of suitability for 3D printing of high performance concretes / Maria Karszynska, Marcin Hoffmann, Szymon Skibicki, Adam Zielinski, Mateusz Techman, Norbert Olczyk, Tomasz Wroblewski. *MATEC WEB of Conferences*, January 2018. Pp. 1–7.
2. Аналіз застосування в будівельному виробництві адитивних технологій 3D-друку / Д. В. Лаухін, Л. М. Дадіверіна, О. М. Твердохліб, І. М. Мацюк. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. Дніпро : Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 2020. Вип. 61. С. 163–177.
3. Особливості використання технологій 3D-друку в будівництві / Є. І. Заяць, І. В. Богданов, Г. У. Невномонний, І. О. Мерилова. *Містобудування та територіальне планування*. Київ : КНУБА, 2021. Вип. 76. С. 83–93.
4. Економічне обґрунтування застосування технології 3D-друку у галузі будівництва. URL: <https://pgasa.dp.ua/wp-content/uploads/2021/04/3D-printing.pdf> (дата звернення: 02.03.2023).
5. 3D-принтер буде будинок. Переваги будівельних принтерів. Технологія друкування будинків. URL: <https://crashbox.ru/peripherals/3d-printer-builds-a-house-advantages-of-building-printers/> (дата звернення: 02.03.2023).
6. Лещенко В. П. Оптимізаційні розрахунково-конструктивні геометричні моделі багатопустотних стінових блоків : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.01.01. К., 2021. 23 с.