

УДК 691

## КОМПОЗИТИ ДЛЯ 3D-ДРУКУ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Автори – Ганна Гришко<sup>1</sup>, Ватажишин Олександр<sup>2</sup>,  
Деркач Марія<sup>3</sup>, студ. гр. ГТБ-1-21

Науковий керівник – Віктор Дерев'янка<sup>4</sup>, д. т. н., проф. каф. технології  
будівельних матеріалів, виробів та конструкцій

<sup>1</sup>[hryshko.h.m@dsau.dp.ua](mailto:hryshko.h.m@dsau.dp.ua), <sup>2</sup>[oleksandrvatazisin@gmail.com](mailto:oleksandrvatazisin@gmail.com),

<sup>3</sup>[maha.derkach2003@gmail.com](mailto:maha.derkach2003@gmail.com), <sup>4</sup>[viktorderevianko2017@gmail.com](mailto:viktorderevianko2017@gmail.com)

<sup>2,4</sup> Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

<sup>1,3</sup> Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Вступ.** Технології зведення будівель і споруд, можна розділити на дві групи: а) виробництво окремих конструкцій в заводських умовах та подальший їх збір монтажем; б) безпосереднє виготовлення на будівельному майданчику.

До основних недоліків цих технологій слід віднести значні терміни спорудження, високі витрати енергоносіїв, потреба висококваліфікованих спеціалістів (труднощі створення архітектурних споруд) та багато інших факторів.

Проводячи аналіз виробництва окремих деталей, виробів в різних областях, можна зробити висновок, що досить перспективним є використання в машинобудуванні, електротехніці та медицині – технологій 3d-друку.

**Актуальність.** Використання 3d-друку будівельних об'єктів у світі зростає в зв'язку зі значними перспективними перевагами в порівнянні з іншими технологіями.

Особливо гостро це питання постає перед будівельною галуззю України внаслідок пошкодження і зруйнування інфраструктури через російську агресію.

Вирішення проблем забезпечення населення житлом, відновлення об'єктів соціального призначення можливе шляхом розробки і використання нових технологій, де одною з таких є технологія з 3d-друку.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Напрямок розробки 3d-друку в будівельному секторі є однією з революційних інновацій в останні роки [1–4]. Це пов'язано з основними перевагами 3d-принтерів в будівельній галузі, основними з яких є:

- скорочення термінів будівництва;
- економія енергетичних ресурсів;
- зниження витрат на матеріали і транспорт;
- зменшення кількості працівників;

- підвищення екологічної ситуації і техніки безпеки.

Слід приділяти увагу стратегії виробництва і збільшення прибутку.

В залежності від технології виробництва, 3d-друк поділяють:

- Extrusion Based Technologies (екструзійний друк). В якості матеріалів використовують бетони, розчини на основі мінеральних і полімінеральних в'язучих речовин;

- Binder Fetting (струменеві нанесення-сировина-полімеру, матеріалів спікання);

- WAAM, wire arc additive manufacturing (електронно-дугове вирощування) – метали, полімери [1].

В загальному вигляді можна зробити узагальнення для всіх сфер використання 3d-друку.

Прикладом може бути технологія Contour Crafting, в якій використовуються розчини на основі сульфатостійкого цементу, піску, пластифікатори на карбоксилатній основі, а також дисперсні поліетиленові волокна  $l = 2-6$  мм і добавки. Середня щільність розчину знаходиться в межах  $2\ 100-2\ 250$  кг/м<sup>3</sup>, при міцності на стиск 45–50 МПа [1]. Також перевагою рішень Countour Grafting є розроблена технологія армування суміші [1].

Компанія Shanghai WinSun Decoration Design Engineering Co (Китай) [1] використовує суміш на цементно-пісчаній основі, дискретні волокна та добавки-пластифікатори і регулятори тужавлення і тверднення. Виготовляють конструкції в заводських умовах.

Голандська компанія CyBe Construction [1] проводить виготовлення залізобетонних елементів конструкцій безпосередньо на будівельному майданчику з бетонної суміші на основі в'язучих речовин мінеральних або полімерних в'язучих речовин з мілким заповнювачем, добавок тужавлення до 3–5 хвилин і тверднення (через п'ять годин міцність становить 4–15 МПа, через 6 днів – до 45 МПа).

Метод пошарового екструдуювання полягає в тому, що робоча суміш подається в сопло (екструдер), яке переміщується в трьох координатах (x, y, z). В більшості установок саме сопло переміщується в площині x, y, а зміна висоти здійснюється конструкцією опор.

Складною частиною є процес армування як дискретними волокнами, так і звичайне армування [2].

Слід відмітити, що перспективи використання 3d-друку у будівництві залежать від вирішення низки проблем.

Компанія WASP (Італія) в якості суміші для 3d-принтеру використовувала глини. 3d-друк обмежується теплою порою року.

Пошарове виробництво об'єкта – розкроювання листових матеріалів променем лазера об'єкта – сировинні матеріали: папір, фольга, ламінат, кераміка.

Методи плавлення – технологія розплавлення нитки пластика, що подається через струдер на поверхню виробів.

Стереолітографія – вирощування об'єктів фотополімера.

Селективне лазерне спікання – порошкоподібний пластичний полімер.

Стереоскопічний друк – струменеві технологія при якій використовується порошкоподібна маса і рідина.

Спікання фотополімерів.

Використання 3d-друку в різних областях має значні відмінності, які залежать від призначення об'єкту друкування (електроніка, медицина, машинобудування, тощо), розмірів, технології.

В цьому випадку 3d-друк розглядається з трьох складових: механічна частина, або конструкція примара, програма управління і програми суміші (матеріали) виготовлення виробів.

Для виготовлення будівельних виробів використовують програми Autodesk, Revit, Compas 3d, Sketch Up, програмні компоненти Free CAD, Open SCAD, Rhinoces [1].

Для створення G-codel (розбивки на прошарки) використовують програмні комплекси CURA, Graft Ware, Slic3r, 3d-Slash.

При управлінні процесом користуються програмами CURA, POLYCON, Repetier-Host [1–2].

**Висновок.** До основних проблем, окрім конструктивних характеристик 3d-принтерів і програмного забезпечення належать робочі суміші, а вони повинні відповідати певним вимогам, які іноді мають протирічні властивості. Наприклад, розчини повинні мати високу рухливість і в той же час – короткі терміни тужавлення і твердіння, високу міцність.

Проблемою технологій 3d-друку є створення бетонів, розчинів, композиційних матеріалів, які б задовольняли нормативним вимогам в будівництві.

### Список використаних джерел

1. Савицький М. В., Шатов С. В., Ожищенко О. А. 3d-друк будівельних об'єктів. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. № 3 (216). С. 18–26.

2. Lipson H., Kurman M. *Fabricated. The New World of 3D Printing*. [Indiana] : Wiley, 2013. 320 p.

3. Тур В. І. Купольні конструкції: формоутворення, розрахунок, конструювання, підвищення ефективності : навч. посіб. Київ : Лібра, 2014. 96 с.