

## УДК 69.003

### УДОСКОНАЛЕННЯ 3D-ПРИНТЕРА ДЛЯ ШТУКАТУРНИХ РОБІТ

Автор – Даниленко І. О., студ.

Науковий керівник – Шатов С. В., докт. техн. наук, доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

**Постановка проблеми.** У багатьох випадках зведення будівель та споруд різного призначення потребує виконання штукатурних робіт, які забезпечують захист будівельних об'єктів від впливів на їх конструкції та покращують дизайн. У той же час штукатурні роботи є трудомісткими, вимагають кваліфікаційних робітників та характеризуються невисокою продуктивністю [1]. Ці недоліки намагаються усунути розробкою різноманітного обладнання та удосконаленням технології штукатурних процесів. Сучасне будівництво активно впроваджує адитивні технології, пов'язані з 3D-друкуванням будівель і споруд та окремих будівельних виробів 3D-принтерами [2-4], однак цей напрямок практично не застосовують для штукатурних робіт.

**Мета дослідження.** Полягає у аналізі штукатурних процесів, відповідного існуючого обладнання та застосуванні 3D-друку, зокрема у розробці 3D-принтера для нанесення розчинів на поверхні будівельних об'єктів.

**Результати дослідження.** Штукатурні роботи виконують при оздобленні внутрішніх та зовнішніх поверхонь будівель та споруд різного призначення. За обсягом вони можуть бути від кількох до сотні або тисяч квадратних метрів. Ці роботи виконують з пола або на висоті. В залежності від цих чинників використовують різноманітні технологічні прийоми та обладнання. Традиційне виконання штукатурних робіт полягає у підготовці розчину, його нанесенні на поверхню, вирівнюванні шарів розчину та оздобленні цієї поверхні. Ці операції можуть виконуватися вручну та механізовано. Приготування та нанесення розчину на поверхню найбільш механізовані технологічні операції. Вони виконуються за допомогою розчинозмішувачів (бетонозмішувачів) та відповідних насосів (рис. 1 а). Нанесення розчину на поверхню виконуються під тиском від насосу, а переміщення сопла – вручну.



а



б



в

Рис. 1. Виконання штукатурних робіт: а - механізоване приготування та нанесення розчину на поверхню; б, в - вирівнювання шарів розчину та оздоблення поверхні штукатурки вручну

Вирівнювання шарів розчину та оздоблення цієї поверхні найчастіше виконують вручну (рис. 1 б). Це потребує значних витрат фізичної сили та часу кваліфікованих штукатурів. Причому при роботі на висоті (рис. 1 в) це підвищує ризик травматизму та потребує додаткового обладнання у вигляді підмостків та обрешітки, які необхідно вручну розбирати та переміщувати.

Для усунення перерахованих недоліків останнім часом розроблюють та використовують механізовані комплекси, які мають назву штукатурні рОботи [5]. Вони

(рис. 2) виготовляються у двох варіантах: стаціонарно-пересувні та мобільні. Стаціонарні штукатурні рОботи (рис. 2 а, б) мають опорний майданчик, на якому встановлені напрямні стійки з рухомим бункером з розчином. При переміщенні бункера на поверхню подається розчин, який одночасно вирівнюється. Мобільні штукатурні рОботи (рис. 2 в) мають власну ходову частину та маніпулятор.

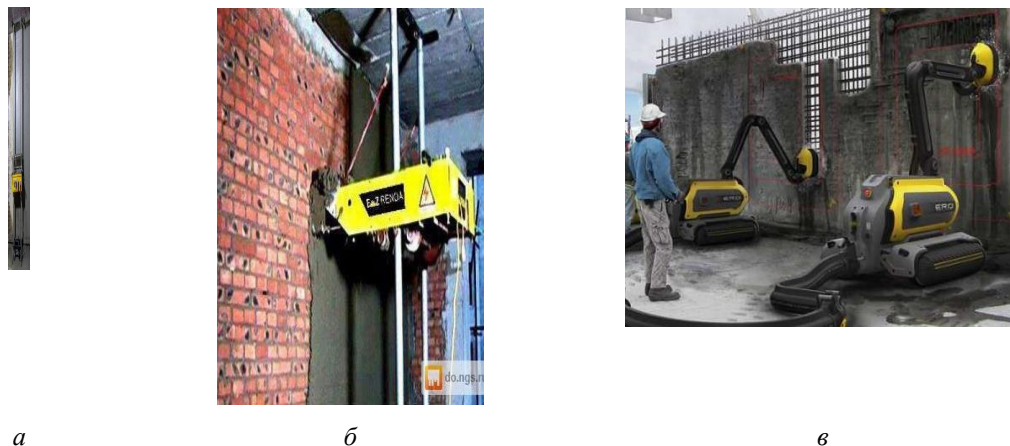


Рис. 2. Використання штукатурних рОботів:  
а, б – стаціонарні; в – мобільні

Суттєвим недоліком цих видів техніки є те, що вони не забезпечує укладання будівельної суміші (розчину) заданої товщини шару в залежності від стану поверхні (заглиблення, виступи, різний нахил), на яку укладається суміш. Це зменшує продуктивність та якість штукатурних робіт. Тому доцільно використати 3D-друк, при якому 3D-принтер дозволяє виводити тривимірну інформацію, тобто створювати шар розчину із заданими показниками.

Така розроблена конструкція удосконаленого 3D-принтера [6] представлена на рисунку 3. Принтер містить корпус 1 з порожниною 2 та екструдер, який складається з нерухомої 3 та зовнішньої рухомої 4 частин. Під рухомою частиною 4 екструдера закріплена плита 5. Рухома частина 4 екструдера має привод, виконаний у вигляді циліндрів керування 6, встановлених у кронштейнах 7 та 8, закріплених відповідно на бокових поверхнях корпусу 1 та рухомої частини 4 екструдера. Корпус 1 встановлений з можливістю переміщення на вертикальних напрямних 9, які мають зубчаті рейки 10. З рейками 10 входять в зчеплення шестерні 11, які встановлені на двигунах 12.

3D-принтер працює таким чином. Принтер встановлюється поруч з будівельною конструкцією 13 (наприклад, зовнішня або внутрішня стіна будівлі). Корпус 1 встановлюється у нижнє положення напрямних 9. У порожнину 2 корпусу 1 подається будівельна суміш 14. Задається визначене положення зовнішньої рухомої 4 частин екструдера, яке формує шар 15 суміші  $h_1$  (рис. 3 д). За рахунок двигунів 12 та зчеплення шестерень 11 і рейок 10 відбувається підйом корпусу 1 та нанесення суміші на будівельну конструкцію під необхідним кутом  $i_{ш}$ , який відповідає проектному  $i_n$ . Плита 5 вигладжує зовнішню поверхню суміші 14, що укладається. Якщо стан поверхні конструкції 13 потребує зміни товщини шару 15 суміші до значення  $h_2$  (рис. 3, ж), то за рахунок дії циліндрів керування 6 відбувається переміщення зовнішньої частини 4 екструдера. При цьому витримується необхідний кут нахилу поверхні суміші  $i_{ш}$ , що укладається.

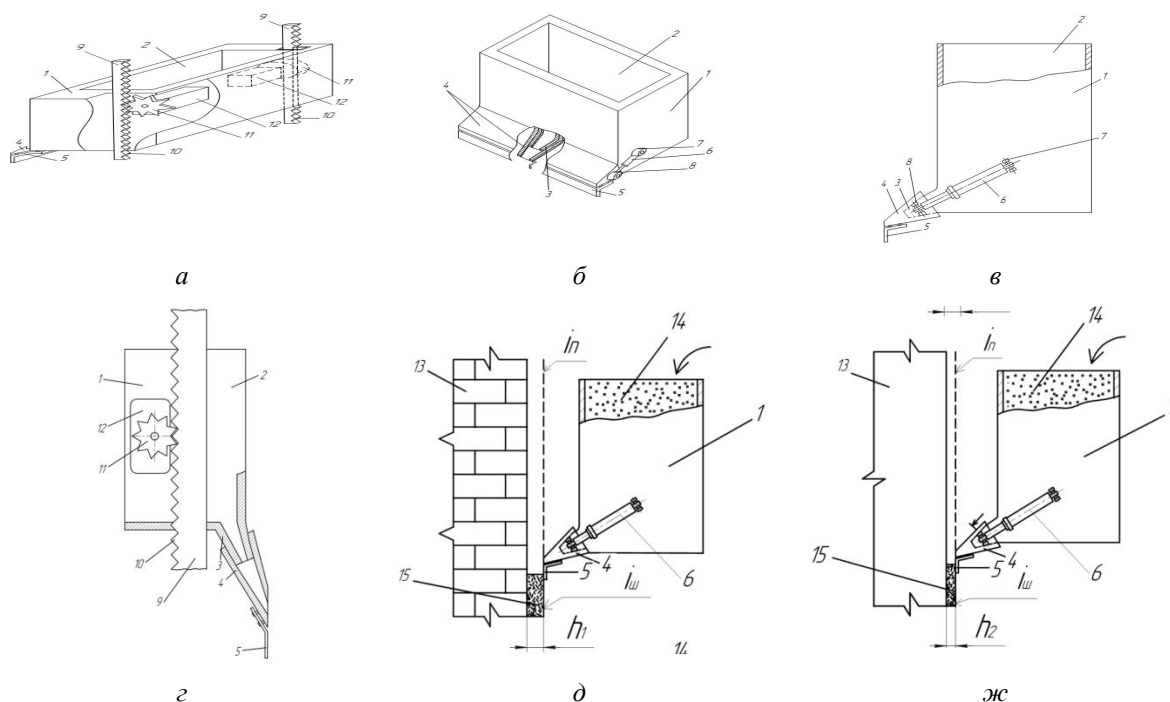


Рис. 3. 3D-принтер для виконання штукатурних робіт:  
а, б, в, г - конструкція; д, ж – нанесення розчину

Використання 3D-принтеру, в якому екструдер виконаний з нерухомої й зовнішньої рухомої частин та має привод, забезпечує друкування поверхонь будівельних об'єктів з необхідним шаром суміші, що укладається. Це дозволяє усунути недоліки зовнішніх поверхонь будівельних конструкцій за рахунок регулювання шару суміші, що забезпечує підвищення продуктивності та якості робіт.

**Висновки.** 1. Сучасне обладнання для виконання штукатурних робіт має суттєві недоліки та потребує удосконалення. 2. Розроблена конструкція 3D-принтера, яка дозволяє регулювати товщину шару розчину, що укладається на поверхню, та враховувати стан поверхні.

### Список використаних джерел

1. Лівінський О. М., Дорофеев В. С., Ушацький С. А. та ін. Технологія будівельного виробництва. Кн. 2. Київ : УАН, «МП Леся», 2012. 186 с.
2. Lipson H. Fabricated. The New World of 3D Printing. [Indiana] : Wiley, 2013. 320 p.
3. Архітектурно-конструктивно-технологічна система 3D-друку будівельних об'єктів : кол. монографія. За заг. ред. Савицького М. В. Дніпро : ФОП Удовиченко О. М., 2019. 233 с.
4. Savytskyi N. V., Shatov S. V., Ozhyshchenko O. A. 3D-printing of build objects. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. № 3. С. 18–26.
5. Робот-штукатур. URL: <https://bouw.ru/article/robot-shtukatur>
6. Патент України на корисну модель № 137564, опубл. 25.10.2019, бюл. № 20.