

**SECTION 12.**

GENERAL MECHANICS AND MECHANICAL ENGINEERING

**DOI 10.36074/logos-14.02.2025.035**

## **ІННОВАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ 3D-ДРУКУ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ БПЛА З МІНІМІЗАЦІЄЮ ДЕФЕКТІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЛЕГКИХ ПЛАСТИКІВ**

**Самусенко Діана Олександрівна<sup>1</sup>**

**Науковий керівник: Сич Микола Валентинович<sup>2</sup>**

---

**1.** учениця 11-А класу

*Прилуцький заклад загальної середньої освіти I-III ступенів №6*

*Прилуцької Міської Ради Чернігівської області, УКРАЇНА*

**ORCID ID: 0009-0008-8731-0488**

**2.** старший викладач кафедри систем та технологій кібербезпеки

*Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, УКРАЇНА*

**ORCID ID: 0009-0009-4661-2241**

---

**Анотація** У роботі досліджуються інновації в технології 3D-друку та їхнє застосування для створення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) з мінімізацією дефектів при використанні легких пластикових матеріалів. Акцент зроблено на підвищення якості заповнення конструкцій за допомогою сучасних методів, зокрема методу Стентона, який дозволяє оптимізувати структуру деталей, покращуючи їхню міцність і знижуючи вагу. Проаналізовано вплив адитивних технологій на ефективність виробництва, економію матеріалів і аеродинамічні характеристики БПЛА. Робота також розглядає перспективи використання композитних матеріалів та оптимізацію параметрів друку для досягнення найкращих експлуатаційних властивостей безпілотників.

Технології адитивного виробництва, зокрема 3D-друк, набули стрімкого розвитку за останні десятиліття, відображаючи значний прогрес у різних сферах індустрії. 3D-друк, відомий також як адитивне виробництво (AM), забезпечує можливість швидкого та економічного створення складних компонентів з мінімальними витратами матеріалів. Це відкриває нові горизонти для інновацій у багатьох галузях, включаючи авіацію та оборону, де застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) набуває величезного значення.

Зокрема, розвиток технології 3D-друку сприяє зростанню попиту на БПЛА не тільки в оборонній сфері, але й у цивільному секторі. Використання дронів у сільському господарстві для моніторингу здоров'я рослин, в будівництві для проведення картографічних робіт, а також в логістичних операціях для доставки товарів стало популярним напрямом, що змінив цілу низку індустрій. Але на передній план виходить використання БПЛА у військовій сфері, де ефективність таких пристроїв безпосередньо залежить від якості та технологічності їх виготовлення.

Сьогодні 3D-друк дозволяє створювати складні компоненти для БПЛА, зокрема корпуси, пропелери та електронні захисні обшивки. Як зазначено в матеріалі про підходи до друку БПЛА[1], застосування адитивних технологій для створення безпілотних літальних апаратів значно прискорює процес розробки, знижує витрати і забезпечує вищу ступінь персоналізації конструкцій. Використання 3D-друку дозволяє створювати легкі, але міцні деталі, що безпосередньо впливає на продуктивність дронів, зокрема їх швидкість, маневреність та витривалість в умовах різних операцій.

Однією з ключових переваг використання адитивних технологій є можливість створення складних форм, оптимізованих для аеродинаміки. Це дозволяє досягти кращої стабільності польотів та знижує енергетичні витрати на утримання дронів в повітрі. За допомогою 3D-друку також можна точно налаштувати компоненти дронів під специфічні завдання, наприклад, встановлення спеціалізованих сенсорів чи камер для моніторингу або пошуково-рятувальних операцій.

Одним із найважливіших аспектів успішного застосування 3D-друку у виробництві БПЛА є вибір відповідних матеріалів. Протягом останніх років на ринку з'являються нові матеріали, які дозволяють виготовляти компоненти з більшою міцністю та легкістю. Легкі пластики, зокрема на основі вуглецевих волокон, нейлону та інших композитних матеріалів, стали основою для створення ефективних і надійних частин для БПЛА.

Застосування 3D-друку в виробництві деталей для БПЛА дозволяє знижувати вагу конструкцій без втрати міцності. Як зазначено в дослідженні удосконалення матеріалів [2] для технологій адитивного виробництва дозволяють значно знизити витрати матеріалів і підвищити точність виготовлення частин. Вибір матеріалів є важливим фактором, який безпосередньо впливає на характеристики БПЛА, зокрема на їхню аеродинамічність та стійкість до механічних навантажень.

Ключовими матеріалами для виготовлення БПЛА є композити на основі вуглецевих волокон і нейлону, а також різні термостійкі пластики, що дозволяють витримувати високі температури в умовах інтенсивних операцій.

## SECTION 12.

### GENERAL MECHANICS AND MECHANICAL ENGINEERING

Ці матеріали забезпечують необхідну міцність і довговічність, зменшуючи потребу в постійному ремонті та заміні компонентів, що є важливою характеристикою в контексті використання дронів в умовах екстремальних навантажень.

Таким чином, інновації у використанні нових матеріалів для 3D-друку дозволяють створювати більш ефективні, легкі та міцні компоненти для БПЛА, що відкриває нові можливості для їх застосування як в цивільних, так і в військових сферах.

Більшість досліджень у галузі інноваційних технологій 3D-друку з використанням БПЛА, таких як робота[3], що розглядається в Journal of Building Engineering, зосереджені на загальних аспектах розвитку цієї технології, не вникаючи в конкретні технічні деталі, зокрема в якість надрукованих компонентів. Ці дослідження акцентують увагу на теоретичних перевагах застосування безпілотників для будівництва, таких як підвищена мобільність та здатність працювати в обмежених або важкодоступних умовах, а також можливості для конструкцій в умовах космічних досліджень чи на віддалених територіях. Однак важливо зазначити, що питання якості друкованих деталей та відповідних методів їх перевірки залишаються недостатньо розкритими. Проблеми стабільності польоту, здатності до несення навантаження та якості друку все ще потребують додаткових досліджень і удосконалення.

Це дослідження, хоча й пропонує нові перспективи в інтеграції БПЛА з 3D-друком для будівництва, в основному фокусується на загальній технологічній можливості та розробці системи. Проте детальні аналізи якості надрукованих матеріалів, таких як тести на стиск та інші структурні випробування, залишаються на периферії основних наукових обговорень. Враховуючи це, для подальшого розвитку цієї технології необхідно здійснювати глибше вивчення аспектів перевірки матеріалів, що використовуються для 3D-друку, та вдосконалення методів контролю якості. Це стане важливим етапом для впровадження БПЛА в будівництво на практиці, зокрема для складних та віддалених локацій.

У статті "Introduction study of design and layout of UAVs 3D printed wings in relation to optimal lightweight and load distribution" [4] розглядається важлива тема оптимізації конструкцій крил безпілотних літальних апаратів (БПЛА) з використанням технологій 3D-друку. Основний акцент робиться на розробці легких і ефективних конструкцій крил для довготривалих польотів БПЛА, що мають застосування в рятувальних операціях або для охорони узбережжя. У ході дослідження були порівняні різні варіанти конструкцій та стандартних методів заповнення, виготовлених за допомогою 3D-друку, з подальшим

тестуванням на міцність для визначення оптимального дизайну. Важливим аспектом є також використання легких новітніх матеріалів для досягнення максимальної міцності конструкції крил, що є критичним для застосувань у реальних умовах, де довговічність і надійність є визначальними факторами.

Ця робота демонструє, як новітні досягнення в сфері 3D-друку дозволяють розширити можливості застосування БПЛА не тільки в військових або розважальних цілях, але й у важливих рятувальних та пошукових операціях. Однак важливо зазначити, що більшість досліджень, подібних до цього, концентруються на інноваційних технологіях без глибокого занурення в якість виготовлених деталей та методи їх перевірки. Зазначена проблема залишається недостатньо висвітленою, що є важливим аспектом для подальших досліджень у цій сфері, де критично важливі стандарти якості і перевірки матеріалів для забезпечення надійності конструкцій.

Метод Стентона доцільно запровадити для розгляду в процесі 3D-друку компонентів безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для різних напрямків застосування. Цей метод гарантує високу якість друку завдяки оптимізації параметрів заповнення (Рис. 1), що дозволяє досягти необхідного балансу між міцністю та вагою деталей.

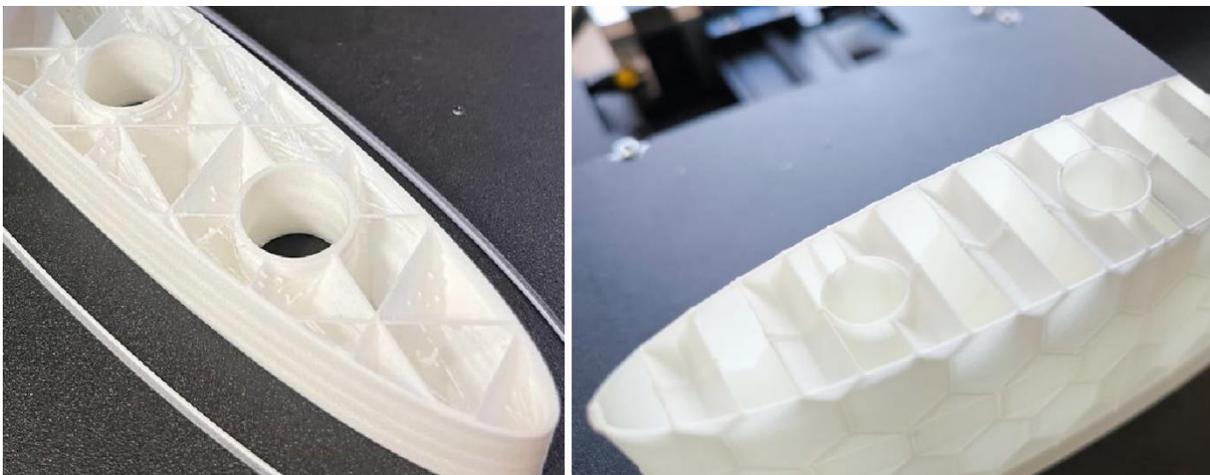


Рис. 1. Оптимізація заповнення методом Стентона в порівнянні зі стандартним заповненням в програмі слайсері Cura 5.7

Особливо це актуально для серйозних досліджень міцності різних конструкцій, оскільки метод забезпечує стабільність і довговічність готових компонентів навіть за умов підвищених навантажень. Застосування методу Стентона дозволяє зменшити вагу конструкцій до 50% без втрати їхньої функціональності, що робить його ефективним інструментом для підвищення енергоефективності та розширення сфери використання БПЛА.

## SECTION 12.

### GENERAL MECHANICS AND MECHANICAL ENGINEERING

**Висновки.** Використання методу Стентона при створенні заповнення сприяє створенню аеродинамічних, міцних і легких деталей з мінімізацією дефектів при створенні корпусів БПЛА, необхідних для інноваційних рішень у галузі оборонних технологій, рятувальних операцій та інших критично важливих напрямків.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

- [1] Stratasys Direct. (2024). Drones and 3D printing: Revolutionizing the future of aviation. Stratasys Direct. Retrieved from <https://www.stratasys.com/en/stratasysdirect/resources/articles/drones-3d-printing-revolutionizing-aviation/>
- [2] Бачинський, В. В., Клят, Ю. О., Шкурпіт, О. М., & Кондратенко, О. І. (2021). Використання матеріалів 3D друку для виробництва безпілотних літальних апаратів. Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса), 2(16), 66–73. <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2021.16.66-73>
- [3] Wang, L., Zhang, Y., Wang, Z., Chen, J., Yang, L., Xia, J., Zhang, Y., Zhang, J., Zhu, W., Zhang, H., Chen, Y., Li, X., Yu, Z., Fan, D., & Yang, Q. (2024). Additive manufacturing in construction using unmanned aerial vehicle: Design, implementation, and material properties. *Journal of Building Engineering*, 98, 111363. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.111363>
- [4] Pecho, P., Ažaltovič, V., Kandra, B., & Bugaj, M. (2019). Introduction study of design and layout of UAVs 3D printed wings in relation to optimal lightweight and load distribution. *Transportation Research Procedia*, 40, 861–868. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.121>