

3D-ДРУК У ВИРОБНИЦТВІ БПЛА: ПЕРЕВАГИ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Лук'янець М.В.

Сучасна тенденція розвитку безпілотної авіації вимагає нових рішень у сфері проектування та виробництва літальних апаратів. В умовах постійно зростаючого попиту на оперативну розробку, модифікацію та ремонт безпілотної літальних апаратів (БПЛА), 3D-друк стає ключовою технологією, що забезпечує необхідну гнучкість, швидкість та ефективність. Адитивне виробництво дозволяє скоротити терміни розробки з місяців до кількох днів або навіть годин, що особливо актуально у військових або надзвичайних умовах.

Серед основних переваг 3D-друку у виробництві БПЛА варто виділити можливість швидкого створення прототипів без потреби у дорогих прес-формах та оснастці. Це дає змогу інженерам оперативно вносити зміни у конструкцію апарата. Завдяки можливості друку складних внутрішніх структур (решіток, каналів, порожнин), вдається зменшити масу корпусів на 20–50% без втрати жорсткості. Окрім того, 3D-друк забезпечує локалізацію виробництва — запчастини або повноцінні компоненти можна виготовити прямо на місці експлуатації техніки, що мінімізує логістичні ризики.

Для виготовлення деталей БПЛА активно використовуються такі матеріали:

- термопластики (PLA, PETG, Nylon), які підходять для легких конструкцій;
- високотемпературні полімери (PEEK, PEI), що забезпечують термостійкість до 250–300°C;
- армовані філаменти з вуглецевим волокном або склопластиком, що значно підвищують міцність виробів;
- металеві порошки для друку з алюмінію, титану та інших сплавів, особливо важливі для силових елементів та вузлів з підвищеним навантаженням.

Серед прикладів практичного застосування варто згадати друківані корпуси для тактичних квадрокоптерів, одноразові ударні дрони з PLA-композитів, а також виготовлення знімних елементів (крил, стабілізаторів, шасі) у польових умовах. Це дає змогу підтримувати боєздатність техніки навіть за відсутності промислових потужностей.

Попри переваги, 3D-друк має низку обмежень. Зокрема, шарова структура друку формує анізотропію міцності — вироби можуть бути менш стійкими до ударних навантажень у напрямку осі Z. Також не всі полімери витримують високі температури, що обмежує їх застосування поблизу двигунів або вузлів термічного навантаження. Серйозним викликом залишається стандартизація якості: для допуску до використання у військовій техніці необхідне впровадження систем неруйнівного контролю, таких як ультразвукова дефектоскопія або рентген.

Перспективи розвитку технології у найближчі роки пов'язані з автоматизацією процесів та масштабуванням виробництва. Очікується поява друкарських ферм — великих масивів 3D-принтерів, керованих централізованою системою, здатною виготовити десятки БПЛА за ніч. Важливою інновацією стане мульти-матеріальний друк — коли в одній деталі поєднуються полімери, еластомери, металеві елементи та навіть провідні структури. Також активно розвивається напрямок друку з використанням рецикльованих матеріалів, що дозволяє повторно використовувати уламки старих дронів для створення нових.

До 2030 року прогнозується активне впровадження 3D-друку у військові стандарти НАТО (STANAG), що відкриє можливості для серійного використання таких технологій у оборонному комплексі. Також очікується, що частка надрукованих компонентів у конструкції легких БПЛА сягне понад 60%.

Таким чином, 3D-друк поступово перетворюється з інструмента прототипування на стратегічну технологію повноцінного виробництва безпілотників, що здатна забезпечити адаптивність, економічність та технологічну перевагу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Gibson I., Rosen D., Stucker B. Additive Manufacturing Technologies. – Springer, 2021.
2. Ngo T.D., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K.T.Q., Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges // Composites Part B, 2018.
3. Буров І.Ю. Адитивні технології в авіації // Авіаційно-космічна техніка і технологія, 2020.
4. Yan C., Hao L., Hussein A., Young P. Advanced lightweight 3D printed BPs // Materials & Design, 2015.
5. NATO STANAG 4738 Additive Manufacturing Standardization. – NATO, 2022.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ
АСПЕКТИ РОЗРОБКИ
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА МАТЕРІАЛАМИ
VII ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
СТУДЕНТІВ І АСПІРАНТІВ
*24 квітня 2025 року***

Київ 2025

УДК 004

Відповідальна за випуск: М.І. Лендел

Збірник наукових праць за матеріалами VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів і аспірантів «ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ '2025», 24 квітня 2025 року, НУБіП України, Київ. – 452 с. (електронне видання)

Відповідальність за зміст публікацій несуть автори.

Передрук матеріалів, а також використання їх будь-якій формі допускається лише з дозволу авторів