

УДК 621.396.6:004.89

ПОЛЬОВЕ 3-D МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ РЕА

Нестеров Д.О., Ключник І.І., Небрат В.В, Ключник І.І.
e-mail: dmytro.nesterov@nure.ua; ihor.kliuchnyk1@nure.ua;
viacheslav.nebrat@nure.ua; ihor.kliuchnyk@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПЕЕА
м. Харків, Україна

The research focuses on the implementation of field 3D modeling and printing for electronics and avionics repair. A refined methodology was developed using SolidWorks and Creality Ender 3 V3 SE printer. A structured library of models and G-codes was created for rapid production of parts on-site. Economic analysis showed that the technology is cheaper than traditional methods. Recommendations on workspace organization were specified to enhance mobility. The technology provides efficiency, mobility, and cost-effectiveness, especially in combat and complex conditions.

Сучасна електронна та авіаційна техніки характеризуються високою складністю та мініатюризацією, що створює значні труднощі при ремонті та обслуговуванні такого обладнання, особливо для застарілих або малосерійних виробів. Традиційні підходи, такі як замовлення оригінальних запчастин або виготовлення деталей на замовлення, можуть бути надто тривалими та економічно не вигідними.

В роботі проведено аналіз конструкцій сучасної радіоелектронної апаратури (РЕА), що використовується в польових умовах, з точки зору її ремонтпридатності [1]. Встановлено, що конструкційна побудова сучасної РЕА являє собою багаторівневу ієрархічну структуру, що складається з конструкцій РАЕ в звичайному або модульному виконанні, з якої тільки перший та другий рівні можуть розглядатися як потенційно придатні для ремонту з застосуванням сучасних принтерів безпосередньо на місцях її експлуатації.

В той же час досліджено можливості технології 3D-друку та проведено аналіз сучасних 3D-принтерів для виготовлення запасних деталей конструкцій РЕА. Показано, що якість виробів виготовлених за технологією 3D-друку дозволяє отримувати деталі, придатні не тільки для ремонту самої радіоапаратури, а і об'єктів, на які вона встановлюється, а також для виготовлення навіть кріпінних елементів. При цьому є достатньо широкий спектр принтерів, які за розмірами їх робочої зони дозволяють виготовлення деталей радіоелектронних засобів першого та другого рівнів ієрархії. Показано також, що при застосуванні 3D-друку як основи для оперативного ремонту найбільш важливим є скорочення терміну підготовки деталі до її друку. На основі аналізу всіх етапів підготовки друку запропоновано модернізовану методику, яка дозволяє суттєво пришвидшити процес створення 3D-моделей деталей, скоротити час визначення параметрів друку

принтера, а при створенні бібліотек G-кодів для всіх деталей конструкцій –зовсім виключити всі етапи підготовки та залишити лише етап друку.

В якості обладнання для перевірки дієвості запропонованої методики обрано 3D-принтер Creality Ender 3 V3 SE, який характеризується компактністю, низькою вартістю та придатністю для використання в польових умовах. Для створення цифрових моделей обрано доступне програмне забезпечення SolidWorks та Repetier. В якості тестових демонстраційних прикладів з трьох груп виробів різного призначення обрано корпусну деталь радіостанції, корпус FPV дрона, та кронштейн кріплення PEA до цього корпусу, що часто потребують ремонту в польових умовах [2].

Досліджено процес створення бібліотеки G-кодів вказаних типових деталей та проведено хронометраж всіх етапів їх виготовлення. Доведено що найбільший ефект скорочення часу на підготовку до друку забезпечує застосування 3D-сканерів на етапі створення 3D-моделей деталей (особливо для деталей зі складними формами) та застосування штучного інтелекту на етапі визначення параметрів друку. Доцільність використання ШІ справджується також при заміні матеріалу для деталі що виготовляється, при зміні моделі принтеру, при збільшенні кількості параметрів друку що контролюються тощо. Перевірка параметрів якості деталей, виготовлених за інструкціями ChatGPT-4o, підтвердила адекватність рекомендацій ШІ та їх ефективність.

Розроблено чіткі рекомендації щодо організації мобільного робочого місця проєктувальника, включаючи компактність обладнання, швидке розгортання, мінімізацію ваги ремонтного комплексу та захист від зовнішніх впливів. Визначено ключові навички персоналу, серед яких знання САD-систем, розуміння технічної механіки та досвід роботи з 3D-друком.

Таким чином, використання технології 3D-моделювання та друку в польових умовах має значні переваги перед традиційними методами ремонту та заміни деталей PEA, забезпечуючи оперативність, мобільність та економічність виробничих рішень. Удосконалення методики підготовки 3D-друку та створення бібліотек моделей дозволяють швидко відновлювати працездатність обладнання безпосередньо в місцях його експлуатації.

Список використаних джерел:

1. Galkin P., Golovkina L., Klyuchnyk I. Analysis of Single-Board Computers for IoT and IIoT Solutions in Embedded Control Systems. International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018 – Proceedings. DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632069

2. Небрат В. В., Гусак О. А., Посвалюк М. В. Проблеми використання 3d друку при виробництві БПЛА / Наук. керівник к. т. н., проф. Ключник І.

I. // *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті: матеріали 28-го Міжнар. молодіж. форуму*, 16–18 квіт. 2024 р. Харків: ХНУРЕ, 2024. Т. 2. С.80–81.
URL: <https://openarchive.nure.ua/handle/document/27314> (Дата звернення: 18.02.2025).