

Лактіонов О. І.

Національний університет

«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Боряк Б. Р.

Національний університет

«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Янко А. С.

Національний університет

«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Михайліченко О. В.

Національний університет

«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

ПРОЄКТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРОТОТИПУ КРІПЛЕННЯ ВІДЕОКАМЕРИ ТА ДОДАТКОВОГО ОБЛАДНАННЯ

У статті розглянуто проєктування та виготовлення мінімально функціонального прототипу кріплення для надійної фіксації відеокамери та супутнього обладнання. За допомогою системи автоматизованого проєктування (САПР) розроблено точну тривимірну модель, адаптовану до наявного обладнання, з кріпильними отворами М3 та вирізами для самостопорних гайок. Фіксація здійснюється міцним кронштейном на трубу $30 \times 30 \times 3$ мм з урахуванням стандартів допусків і посадок, що гарантує точність та надійність з'єднання. Рішення є універсальним для фіксації різних відеокамер, включаючи Raspberry Pi Camera Module 3 та FPV камери.

Результати проведеного дослідження увінчалися успішним отриманням мінімально функціонального прототипу, який забезпечує надійне монтування відеокамери, відеопередавача та антени, що є необхідним для подальшого експериментального вивчення завдань комп'ютерного зору. Важливо відзначити, що порівняно з раніше розробленим прототипом корпусу лабораторного стенду, запропонована конструкція вже на етапі проєктування враховує потенційну необхідність розміщення пристроїв, відповідальних за дистанційну передачу значних обсягів відеоданих. З метою підвищення загальної надійності та механічної міцності конструкції, товщина її стінок була збільшена до 3 мм. Місце кріплення тримача антени отримало спеціальну фаску та округлення, що додатково посилює міцність і довговічність цього важливого елемента. Внутрішня частина корпусу також ретельно продумана та має отвори під гвинти, доповнені фасками для забезпечення їх прихованого монтажу, що покращує естетичний вигляд та запобігає випадковим пошкодженням.

Процес створення фізичної моделі відзначався ітераційним підходом, на початкових етапах якого виготовлялися спрощені макети кріплень з мінімальною товщиною стінок у 1 мм та низьким відсотком заповнення (15 %). Цей крок був спрямований на оперативну перевірку ключових розмірних характеристик майбутньої конструкції. Завдяки використанню сучасного 3D-принтера Bambu Lab A1, що працював на максимальній швидкості (100 %), загальний час виготовлення одного прототипу склав менше ніж три години, що демонструє ефективність застосування адитивних технологій для швидкого прототипування. Розроблена конструкція також закладає основу для майбутнього масштабування та інтеграції додаткових функціональних модулів, що стало можливим завдяки передбаченим кріпильним отворами, що робить її гнучким рішенням для різноманітних застосувань.

Ключові слова: адитивні технології, прототип кріплення, ітеративне прототипування, модульне кріплення, відеокамера, відеопередавач, антена, комп'ютерний зір, 3D-друк, швидке прототипування.

Постановка проблеми. Головною передумовою виготовлення продукції, за допомогою інструментів адитивних технологій, є існування попередньо створеної тривимірної моделі у форматах .stl, .stp чи інших.

При масштабуванні виробничого процесу тривимірний друк не є рентабельним, оскільки виготовивши прес-форму для штампування під тиском та використавши прес за годину часу можна виготовити значно більше продукції. Єдиним обмеженням є наявність вказаного устаткування, яке дороге та потребує висококваліфікованого працівника.

Якщо необхідно виготовити деталі у кількості десятки штук, то використання тривимірного друку є ефективнішим, бо не потребує наявності висококваліфікованого фахівця. Це надає можливість виготовити унікальну конструкцію деталі (наприклад кріплення відеокамери), де її необхідно лише накреслити відповідно до завдання.

Існуючі кріплення відеокамер та додаткового обладнання, зокрема відеопередавачів, антен, кронштейнів дорогі та не універсальні. Схожим рішенням є модель корпусу DJI Digital FPV Air Unit із напрацювань [1, с. 1], але вказаний корпус адаптований для повітряних дронів. Час виготовлення таких деталей, без використання адитивних технологій, нараховує дні чи навіть тижні. В умовах сьогодення це значний проміжок часу, де рішення необхідно виготовляти набагато швидше, оскільки процес розробки та виготовлення є ітераційним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх досліджень і публікацій засвідчує значний інтерес до розробки кріплень для камер у складі роботизованих систем. Зокрема, у роботі [2, с. 482] досліджено роботу-оператора зі штучним інтелектом, де одним із ключових елементів є панорамно-нахильний пристрій для кріплення камери, що монтується на шасі робота. Дослідження [3, с. 96] фокусуються на системі комп'ютерного зору роботизованої системи, в якій кріплення камери виконує допоміжну функцію.

Близьким до представленої роботи є дослідження [4, с. 135], що вивчає модель рухомого кріплення для оптичних сенсорів мобільної роботизованої платформи, оснащеної автономною системою стабілізації, що є її основною перевагою.

Типові конструкції кріплень камер, як показано в [5, с. 1], передбачають універсальність застосування на різних рамах дронів і складаються з пластикових (elastand100) кронштейнів для сервоприводів та камер, карбонової пластини

та сервоприводу tower pro mg90s micro servo. Інший підхід до кріплення камери [6, с. 2] полягає у використанні двох серводвигунів, що забезпечує унікальну конструкцію. Проте, функціональність обох зазначених кріплень [5, 6] не включає можливості використання відеопередавача.

Питання використання відеопередавача залишається поза межами розгляду в роботах [7, с. 35; 8, с. 156], які зосереджуються на програмній складовій, використовуючи в апаратній частині лише відеокамеру та одноплатний комп'ютер для експериментів у лабораторних умовах.

У роботі [9, с. 10798] представлено розроблені конструкції саморобних механізмів для зміни положення камери в просторі на базі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi та сервоприводів, з акцентом на розробці та тестуванні корпусу й рухомої платформи для лабораторних досліджень. Проєкт [10, с. 4] пропонує 3D-друкований корпус для камери Raspberry Pi з механізмом нахилу, що складається з двох сервоприводів для зміни положення камери у вертикальній та горизонтальній площинах з можливістю нижнього розміщення на механічній платформі.

Саморобну систему з оптичним скануванням розглянуто в [11, с. 5], де використано камеру на основі Raspberry Pi, змонтовану в корпусі з панорамним оглядом, приділяючи особливу увагу поєднанню корпусу з сервоприводом для зміни положення камери, що забезпечує мобільність та гнучкість у польових умовах. Розроблений корпус із функцією повороту камери представлено в [12, с. 3], де за основу взято модуль Raspberry Pi та сервоприводи для керування, з акцентом на енергетичній ефективності та точності стеження для використання в мобільних пристроях і роботизованих платформах.

Механізм зміни положення камери реалізовано в роботі [13, с. 2378], де описано створення Wi-Fi системи відеоспостереження на базі ESP32 з дистанційним керуванням напрямом об'єктива, зосереджуючись на апаратній реалізації за допомогою сервоприводів та програмному забезпеченні для з'єднання з браузером користувача. Можливість зміни положення відеокамери також реалізовано в [14, с. 14], де запропоновано систему з двома сервоприводами для орієнтації камери у вертикальній та горизонтальній площинах, керовану на основі відстеження положення голови користувача для динамічного налаштування кута огляду, що може бути застосовано в роботизованих платформах з відділеною вежею камери. У цій роботі представлено як апаратну



Рис. 1. Прототип корпусу лабораторного стенду для опанування основ комп'ютерного зору на базі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 5

реалізацію корпусу, так і програмне забезпечення для керування камерою.

Постановка завдання. Метою дослідження є розробка та виготовлення першого функціонального прототипу кріплення відеокамери методом 3D-друку для перевірки можливості швидкого створення унікальних конструкцій із зменшенням часу та витрат порівняно з класичними технологіями.

Для досягнення мети у процесі дослідження використовується середовище розробки Solid Edge для створення унікальних конструкцій кріплення відеокамер й іншого обладнання враховуючи вимоги допусків і посадок. Друк здійснюється засобами Bambu Studio на принтері Bambu Lab A1.

Серед цільових підзавдань у дослідженні виділено врахування наявних додаткових компонентів, якими буде здійснюватися кріплення деталей, зокрема самостопорна гайка М3. Тому кріпильні отвори корпусу мають мати діаметр 3 мм та можливість прихованого кріплення гвинтів.

Корпус повинен мати кріплення для розміщення трьох відеокамер, зокрема Raspberry Pi Camera Module 3, передавача, антени. Також потрібно передбачити кріплення корпусу до

об'єктів, де він буде використовуватися. Монтаж буде здійснюватися до труби профільної $30 \times 30 \times 3$ мм. Для прискорення монтажу корпусу створити посадкові місця для вкладання стопорних гайок.

Виклад основного матеріалу. В рамках підготовчого етапу дослідження (листопад 2024 – лютий 2025 років) розроблено прототип корпусу лабораторного стенду, який включав кроковий двигун, драйвер, одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 5 та набір камер, котрі монтувалися на спеціальне кріплення валу двигуна, рис. 1.

Але розроблене рішення та його функціонал зорієнтований на використання крокового електродвигуна Nema 17 та не враховує передачу відеосигналу на певну відстань. Щоб забезпечити вхідні умови запропоновано модель одного з перших базових рішень корпусу, рис. 2.

Як видно з рис. 2 базова модель кріплення корпусу включає підшипник на який зверху має кріпитися тримач антен, а з низу привідний двигун [15, с. 1]. Це дозволить рухати камерами по осі X . Втім, було ухвалено рішення спростити конструкцію кріплення й виключити підшипник.

У процесі досліджень та експлуатації зупинилися на наступній конструкції корпусу відеопередавача, рис. 3. Як видно з рис. 3 корпус відеопередавача з ліва на право має кріплення для тримача відеокамер, кріплення для кронштейну. Для фіксації антени створено направляючу із прорізами. Для поліпшення охолодження відеопередавача створено вентиляційні отвори та передбачено спеціальні кріплення для гвинтів. Це дозволяє утворити повітряний проміжок між відеопередавачем та корпусом корпусу.

Повне рішення для кріплення відеопередавача, камери та іншого обладнання подано на рис. 4.

Як видно з рис. 4 запропонована конструкція крім корпусу відеопередавача, що розглянуто

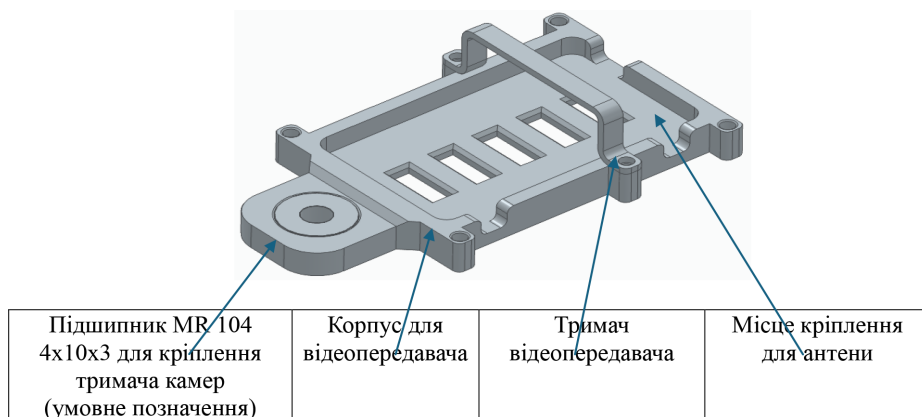


Рис. 2. Базова модель кріплення корпусу відеопередавача та додаткового обладнання

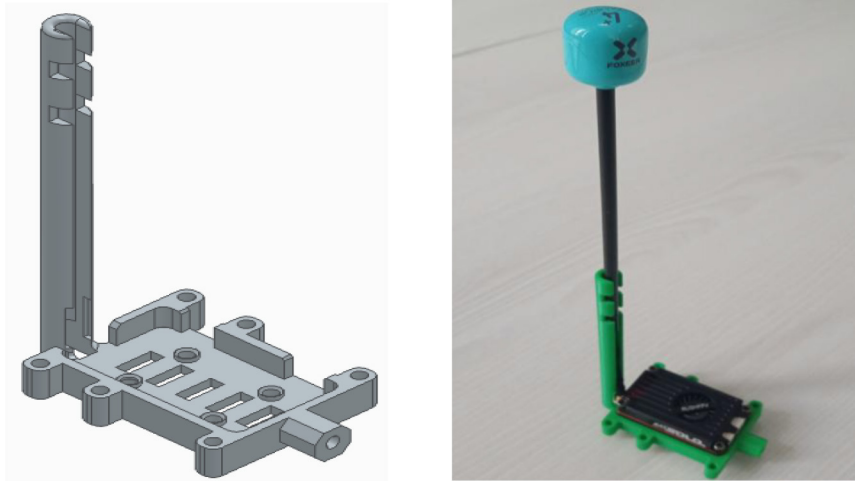


Рис. 3. Запропонована модель корпусу відеопередавача (ліворуч – цифровий двійник, праворуч – виготовлений прототип)

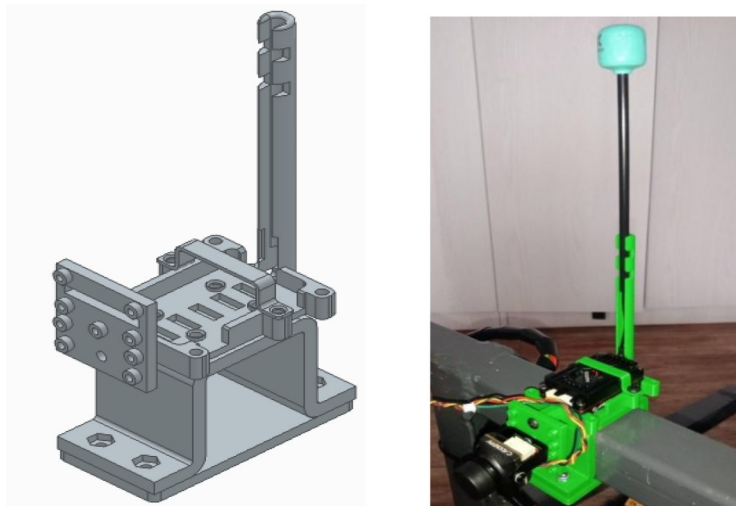


Рис. 4. Зовнішній вигляд першого мінімально функціонального прототипу кріплення відеокамери створеного методом 3D-друку (ліворуч – цифровий двійник, праворуч – виготовлений прототип)

на рис. 3, складається із кріплення камери та кронштейну кріплення всього пристрою на трубу 30x30x3 мм. При створенні кріплення камери розміри визначалися шляхом вимірювання та із офіційної документації [16, с. 1].

Варто відмітити, що запропоноване рішення має посадочні місця для гайок, де друк відбувався у кілька етапів. Першочергово друкували макет деталі товщиною 1 мм, щоб перевірити розміри, рис. 5.

Після перевірки якості друку та вимірювання розмірів проводився друк всіх деталей моделі корпусу. Перевагами створеної моделі корпусу є подвійне використання, де передбачається використання для різних завдань. До конструкції кріплення можуть бути приєднані інші модулі, це передбачено для майбутнього масштабування. У після воєнний період виготовлені корпуси можуть зберігатися на складі. Таким чином запро-

понована конструкція може бути використана для кріплення відеокамер, відеопередавача, антени для дослідження комп'ютерного зору тощо.

Наразі обмеженнями конструкції є відсутність механізму повороту камери та розміщення корпусу під кутом, щоб не потрапляла волога. Ці протиріччя будуть усунені у наступних версіях кріплень.

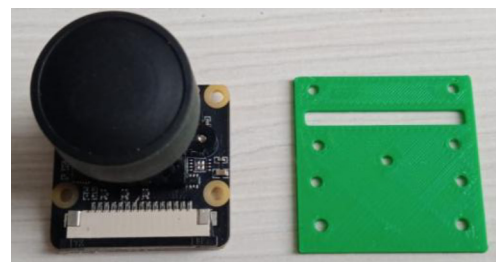


Рис. 5. Зовнішній вигляд відеокамери та макету деталі для перевірки якості друку та точності створених розмірів деталі

Висновки. Завдання виготовлення першого функціонального прототипу кріплення відеокамери методом 3D-друку вирішується шляхом розробки необхідної досліджуваної тривимірної моделі у системі проєктування відповідно до вхідних даних. Після перевірки вірності побудови моделі здійснюється друк деталі за допомогою принтера Bambu Lab A1. Тривалість друку одного прототипу триває менше трьох годин. Запропонована конструкція кріпиться на трубу $30 \times 30 \times 3$ мм і дозволяє зафіксувати відеокамеру, відеопередавач та антену.

Список літератури:

1. Ben Smith. DJI Digital FPV Air Unit and Camera mount. <https://www.thingiverse.com/thing:4082399>
2. Gatta G.D., Birch W.D., Rotiroti N. Reinvestigation of the crystal structure of the zeolite gobbinsite: A single-crystal X-ray diffraction study. *American Mineralogist*. 2010. Vol. 95, no. 4. P. 481–486. URL: <https://doi.org/10.2138/am.2010.3390>
3. Sukop M., Ferenčík P. Design of intelligent robotic cell with camera system. *Technical sciences and technologies*. 2019. no. 3(17). P. 96–104. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-3\(17\)-96-104](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-3(17)-96-104)
4. Ткачук А. Г., Безвесільна О. М., Кравчук А. Р. Проєктування моделі рухомого кріплення для оптичних сенсорів мобільної роботизованої платформи з автономною системою стабілізації. *Технічна інженерія*. 2023. no. 1(91). С. 133–139. URL: [https://doi.org/10.26642/ten-2023-1\(91\)-133-139](https://doi.org/10.26642/ten-2023-1(91)-133-139)
5. Механізм повороту камери fpv коптера із універсальною установкою на всі рами (2085706200). *Bigl.ua – 108 872 427 Товарів від Перевічених Продавців з Всієї України!*. URL: <https://bigl.ua/ua/p2085706200-mehanizm-povorotu-kameri>
6. 1Set DC 4,8-5V Dual Servo Gimbal Halterung 29 × 29mm Kamera Pan/Tilt Ständer mit 2PCS 9G Lenkgetriebe für RC FPV Drone Kopf Tracker – AliExpress 26. *Aliexpress*. URL: <https://www.aliexpress.com>
7. Laktionov O., Yanko A., Hlushko A. Development of a hardware-software solution for detection of complex-shaped objects in video stream. *Technology audit and production reserves*. 2024. Vol. 6, no. 2(80). P. 35–40. URL: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.319799>
8. Boriak B., Yanko A., Laktionov O. Model of an automated control system for the positioning of radio signal transmission/reception devices. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2024. Vol. 2024, no. 4. P. 156–167. URL: <https://doi.org/10.32620/reks.2024.4.13>
9. Mil-Homens D.A., Zachy A.R.L. Assembly and testing of a pan-tilt camera mechanism for robotics visual servoing applications. *Brazilian Journal of Development, Curitiba*, 2022, Vol. 8, no. 2, P. 10794–10805. URL: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n2-156>
10. Kuzey B., Yemenicioğlu E., Kuzucu, Ahmet. 2 Axis Gimbal Camera Design. 2007. P. 1–9. URL: <https://doi.org/10.13140/2.1.3262.2886>
11. Xi Z., Hopkinson C., Rood S.B., Barnes C., Xu F., Pearce D., Jones E. A Lightweight Leddar Optical Fusion Scanning System (FSS) for Canopy Foliage Monitoring. *Sensors*, 2019, no. 19(18), 3943. URL: <https://doi.org/10.3390/s19183943>
12. Tran Ph. C., Nguyen H. Tr., Nguyen A. Q., Le Th. Tr., Phan H. Ng., Nguyen C. X. Design control system for Pan-Tilt Camera for Visual Tracking based on ADAR method taking into account energy output. In *III International Conference “Energy Efficiency and Energy Saving in Technical Systems” (EEESTS-2021)*, article no. 02007, pp. 1–10. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127902007>
13. Umare A., Ukey H., Umale O., Patil U.I., Umbarje O., Upase S., Khedekar L. Wi-Fi Pan Tilt Surveillance Camera Using ESP32. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 2023, Vol. 11(VI), P. 2375–2382. URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.53532>
14. Design and implementation of a head tracking controlled pan and tilt vision system. URL: <https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12616286/index.pdf>
15. Підшипник MR 104 4*10*3. <https://podshipnik.ua>. URL: <https://podshipnik.ua/ua/product/pidshypnyk-mr-104-4-10-3-00013963>
16. Ширококутна камера Raspberry Pi Camera Module 3 Wide NoIR (120°, 12МП, Sony IMX708). URL: <https://surl.li/vvtzza>

Laktionov O.I., Boryak B.R., Yanko A.S., Mykhailichenko O.V. DESIGN OF A FUNCTIONAL PROTOTYPE FOR VIDEO CAMERA AND AUXILIARY EQUIPMENT MOUNTING

The article discusses the design and manufacturing of a minimally functional prototype mount for the reliable fixation of a video camera and related equipment. Using a computer-aided design (CAD) system, a precise three-dimensional model was developed, adapted to existing equipment, with M3 mounting holes and cutouts for self-locking nuts. Fixation is achieved with a sturdy bracket on a $30 \times 30 \times 3$ mm tube,

considering standards for tolerances and fits, ensuring connection accuracy and reliability. The solution is versatile for fixing various video cameras, including the Raspberry Pi Camera Module 3 and FPV cameras. The research successfully resulted in a minimally functional prototype for mounting a video camera, video transmitter, and antenna, necessary for the experimental study of computer vision tasks. Notably, compared to a previously developed laboratory stand housing prototype, the current design already accounts for the potential placement of devices responsible for the remote transmission of significant volumes of video data. To enhance overall and mechanical reliability, the wall thickness was increased to 3 mm. The antenna holder mount features a specific chamfer and rounding, further strengthening the durability of this important element. The interior of the housing is also carefully designed with screw holes and countersinks for concealed mounting, improving aesthetics and preventing accidental damage. The physical model creation involved an iterative approach, initially producing simplified 1 mm thick mock-ups with a 15 % infill for rapid verification of key dimensions. Employing a high-speed Bambu Lab A1 3D printer (100 %), the total manufacturing time for a single prototype was less than three hours, demonstrating the effectiveness of additive technologies for rapid prototyping. The developed design also provides a foundation for future scaling and integration of additional functional modules, facilitated by the incorporated mounting holes, making it a flexible solution for diverse applications.

Key words: *additive technologies, mounting prototype, iterative prototyping, modular mounting, video camera, video transmitter, antenna, computer vision, 3D printing, rapid prototyping.*