

УДК 621.865.8:[621.397:681.772.7:629.014.9
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.4.11>

ПРАКТИЧНІ КЕЙСИ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ

Педченко Н. М. – PhD, старший викладач кафедри нафтогазової інженерії та технологій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
ORCID ID: 0000-0002-0018-4482

Лактіонов О. І. – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
ORCID ID: 0000-0002-5230-524X

Янко А. С. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
ORCID ID: 0000-0003-2876-9316

Боряк Б. Р. – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
ORCID ID: 0000-0002-8114-7930

Метою дослідження є підвищення ефективності відеоспостереження робототехнічної платформи за рахунок створення відповідної системи. Дослідження включає аналіз існуючих рішень щодо відеоспостереження на роботизованих платформах та дронах.

Об'єктом дослідження є процес підвищення ефективності відеоспостереження на роботизованих платформах за допомогою кастомізації механізмів фіксації камер.

Предметом дослідження є покращення конструкції кріплення камер, за рахунок використання механізмів переміщення по вертикалі й горизонталі.

Запропоновано практичні кейси реалізації системи відеоспостереження на робототехнічній платформі. Для її імплементації створено тривимірну модель й конструкцію робототехнічної платформи, виготовлену засобами 3D-друку. Розглянуто кілька рішень щодо камер відеоспостереження, котрі фіксувалися на робототехнічній платформі різними способами.

Перший спосіб, де використовувалася зафіксована у корпусі камера нічного бачення. Недоліком камери є її фіксація у корпусі робототехнічної платформи, що робить камеру не рухомою. Перевагою такої камери є можливість виконувати завдання у темряві.

Другий спосіб – використання спеціального поворотного механізму камери. Він забезпечує рух камери по горизонталі й вертикалі, що утворює більший кут огляду для оператора. Перевагою вказаного механізму є можливість кріплення камер різних типів як камер для FPV, так і камер з функцією нічного бачення.

На відміну від існуючих ідей, запропоноване рішення відрізняється унікальністю конструкції робототехнічної платформи. Це потребує додаткового налаштування додаткових механізмів кріплення камер відеоспостереження й спеціалізованого обладнання керування для керування.

Запропоновані конструкції можуть бути використані на наземних роботизованих платформах як на підприємствах, так і силами спеціальних операцій.

Ключові слова: відеоспостереження, дрон, механізм дистанційного позиціонування, поворотний механізм камери, роботизована платформа.

Pedchenko N. M., Laktionov O. I., Yanko A. S., Boryak B. R. Practical cases of developing a video surveillance system for a robotic platform

The purpose of the study is to increase the effectiveness of video surveillance of the robotic platform by creating an appropriate system. The study includes an analysis of existing video surveillance solutions on robotic platforms and drones.

The object of the study is the process of increasing the effectiveness of video surveillance on robotic platforms using the customization of camera fixation mechanisms.

The subject of the research is the improvement of the design of mounting cameras, due to the use of vertical and horizontal movement mechanisms.

Practical cases of implementing a video surveillance system on a robotic platform are offered. For its implementation, a three-dimensional model and construction of a robotic platform, made by means of 3d printing, was created. Several solutions regarding video surveillance cameras, which were fixed on a robotic platform in various ways, were considered.

The first method used a night vision camera fixed in the body. The disadvantage of the camera is its fixation in the body of the robotic platform, which makes the camera immobile. The advantage of such a camera is the ability to perform tasks in the dark.

The second method is to use a special rotating mechanism of the camera. It provides horizontal and vertical movement of the camera, which creates a larger viewing angle for the operator. The advantage of this mechanism is the possibility of attaching different types of cameras, both cameras for FPV and cameras with night vision function.

In contrast to existing ideas, the proposed solution is distinguished by the uniqueness of the design of the robotic platform. This requires additional setup of additional CCTV camera mounting mechanisms and specialized control equipment for control.

The proposed designs can be used on ground robotic platforms both at enterprises and by special operations forces.

Key words: *video surveillance, drone, remote positioning mechanism, rotating camera mechanism, robotic platform.*

Вступ. Роботизовані платформи та дрони все частіше з'являються в нашому житті й використовуються як елементи соціально-економічної безпеки та як засоби ураження ворога [1]. Активний розвиток роботизованих платформ та дронів різних типів веде за собою розвиток комплектуючих до них та відкриває нові конструктивні рішення.

Крім створення конструкції робота чи дрона, важливим також є вибір та налаштування інструментів зв'язку за допомогою різних протоколів [2]. Оптимальний вибір налаштувань різного обладнання безпечніше здійснюється за допомогою віртуальних симуляторів [3]. З одного боку це безпечно й не потребує використання реального обладнання, з іншого – потребує цілої низки налаштувань, що без підготовки не можливо реалізувати. В цій статті мова піде про вибір потрібної камери для прототипу та її установка на наземну дистанційно керовану платформу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуючі результати досліджень показують не лише процес створення системи відеоспостереження на роботизованих платформах, а й вивчають сценарії дії у разі зіткнення [4]. Технології відеоспостереження є важливими для захисту суверенітету, прав та свобод українців. На сайті Верховної Ради України зафіксовано Проект Закону № 11507, де Сили безпілотних систем визначають окремим родом Збройних сил України [5].

Але при створенні системи відеоспостереження варто враховувати захист мереж від вторгнень, про що вивчається у роботі [6]. Це стосується WI-FI камер, котрі працюють з використанням відповідної мережі.

У напрацюванні [7] вивчається робот, котрий монтує підлогу. Керування роботом здійснюється за допомогою камери в реальному часі. Для цього потрібно узгоджувати параметри камери як у роботі [8] або створювати певні інструкції як у [9].

У роботі [10] описується процес створення відеонагляду засобами Raspberry pi.

Виклад основного матеріалу та отриманих наукових результатів. Оператор, який дистанційно керує дроном на відстані, повинен мати постійний візуальний контроль за переміщенням, та попутними перешкодами на його шляху. Ця технологія називається FPV. Відео, отримане з камери, транслюється на шолом чи монітор оператора. Для цього використовуються камери різних типів, розмірів та видів застосування. Разом із камерами використовуються кронштейни, для кріплення камер та додаткового обладнання на конструкції дрона, а також механізми дистанційного позиціонування камери по вертикальному та горизонтальному напрямку. Камери є як способом позиціонування робота в просторі, так і засобом наведення на ціль дрона. У деяких випадках вона також слугує прицілом для стрілецької зброї.

Існують різні види камер, які можливо використовувати на наземних платформах, та літаючих дронах. FPV камери створені спеціально для роботизованих платформ. Найчастіше вони використовуються на дронах коптерного та літакового типів. Ці камери мають великі кути огляду, та мають достатньо малу вагу. Наприклад аналогова камера CADDXFPV Ratel Pro [11] працює від мережі постійного струму напругою від 4,5 до 27 вольт. Камера характеризується кутом огляду 125 градусів. Для передачі відео на віддаль камера потребує використання відео передавача аналогового, наприклад RUSHFPV Solo Max.

Останнім часом активно спостерігається зменшення розмірів радіодеталей, та їх вартість. Тому зараз з'являються теплові FPV камери за доступними цінами. Вони дають змогу працювати роботам та дронам в нічний час та активно відстежувати об'єкти, аналізуючи тепловий спектр.

Однак для наземних роботизованих платформ розмір та вага камер не має великого значення. Вони повинні мати великий кут огляду, та мати гарну якість. Тому на наземних роботизованих платформах можна використовувати як FPV камери, так і екшн-камери, камери відеоспостереження з інфрачервоним режимом, цифрові камери та USB камери.

Проте, якщо наземний робот оснащений стрілецькою зброєю, то в конструкції повинна бути присутня камера із гарним зумуванням. Це дозволить вести вогонь по противнику на значну відстань. Тому вибір камер для конструкції буде залежати від завдань, які повинен виконувати робот, та технічної комплектації конструкції.

Для вирішення поставленого завдання, а саме створення наземної роботизованої платформи, яка буде відповідати всім поставленим технічним параметрам, було прийняте рішення створити зменшену копію робота. Ця частина проєкту допоможе вирішити питання з механікою робота, та з підбором комплектуючих, для повнорозмірної конструкції. Також надасть змогу проаналізувати і підібрати потрібну камеру, для робототехнічної платформи великого розміру.

Для створення корпусу конструкції та інших вузлів застосовувалися технології 3D-друку, зокрема принтер Anet A8 та PLA філамент, рис. 1.

Після друку конструкція оснащується металевими двигунами з редукторами, ESC регуляторами, акумуляторною батареєю, контролером, радіопередавачем, відеопередавачем та камерою. На рис. 2 зображений проміжний результат першого етапу проєктування роботизованої платформи.

Робототехнічна платформа оснащена Wi-Fi камерою відеоспостереження. Конструкція камери була змінена, для зручності монтажу на роботизовану платформу. Ця камера обладнана інфрачервоною підсвіткою, тому платформа могла переміщатись і виконувати поставлені завдання в повній темряві.

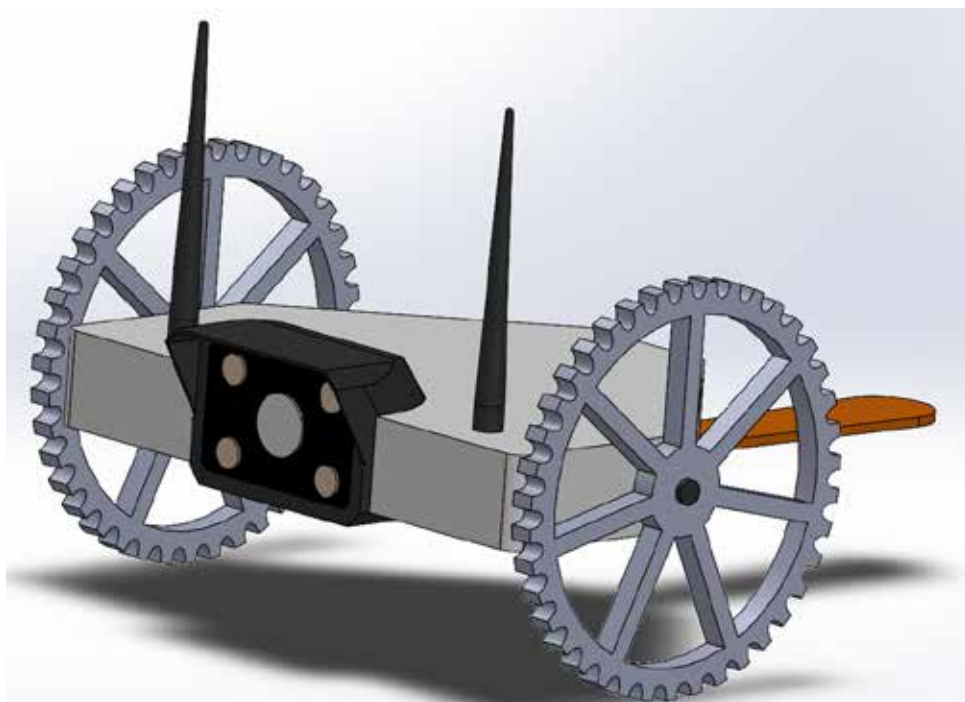


Рис. 1. Зовнішній вигляд моделі робототехнічної платформи, створеної засобами Solid Edge



Рис. 2. Виготовлений прототип конструкції робототехнічної платформи з камерою відеоспостереження

Дальність прямої видимості в темряві складала майже 25 метрів. Але камера була зафіксована статично на робототехнічній платформі, тому оператор не мав змоги дистанційно позиціонувати камеру в просторі. Однак інформація про простір та перешкоди, які знаходяться навколо робота, дають змогу планувати маршрут проходження конструкції. Це дає частково змогу вирішити основну проблему наземного робота, а саме підвищення прохідності.

Тому прийнято рішення дообладнати зменшений прототип робототехнічної платформи дистанційно керованою камерою. Механізм повороту по горизонталі та вертикалі також буде слугувати мініатюрною щоглою, що забезпечить збільшення дальності видимості камери. Проте Wi-Fi камера, що була використана в першому тестовому зразку, має велику вагу. Якщо центр мас камери знаходиться приблизно на осі колеса, то робототехнічна платформа має гарну стійкість. Однак Wi-Fi камера встановлена на мініатюрну щоглу порушує стійкість робототехнічної платформи. Тому запропоновано до використання зменшений поворотний механізм (поворотну щоглу). Вказаний інструмент оснащений звичайною USB камерою, рис. 3.

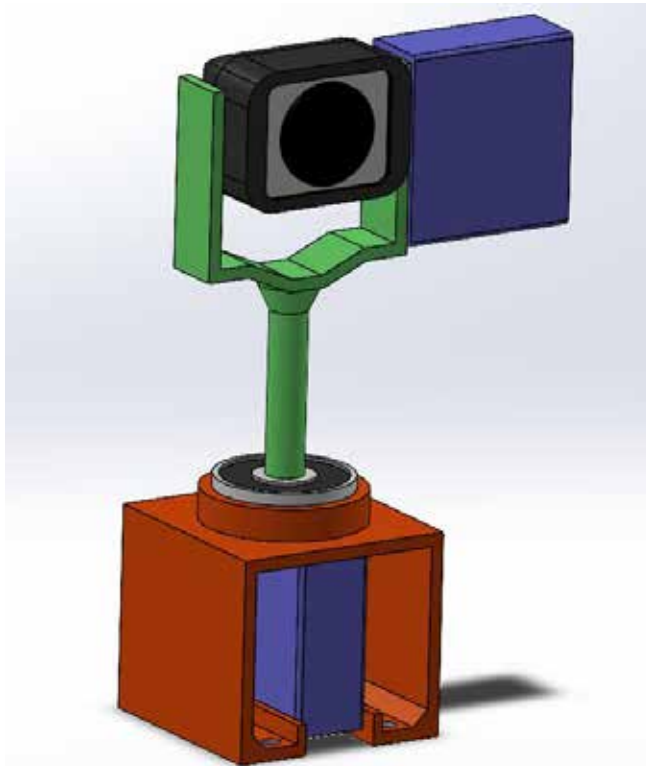


Рис. 3. Поворотний механізм камери робототехнічної платформи

На рис. 3 зображено мініатюрну поворотну щоглу, оснащену поворотним механізмом, для позиціонування камери. В нижній частині кронштейн має 4 отвори, для кріплення поворотної щогли на роботизовану платформу. Верхня частина кронштейна оснащена підшипником, який слугує опорою, та дає змогу осі обертатись

на заданий кут по горизонталі. Вісь виготовлена також із PLA пластика, нижня частина якої шліцовим з'єднанням кріпиться до серводвигуна, верхня частина оснащена шарнірним з'єднанням для фіксації USB камери.

Конструкція USB камери була підібрана спеціально для цієї конструкції, та мала готові рішення для шарнірного з'єднання. Хід камери у вертикальному напрямку забезпечувався також серводвигуном. Серводвигуни контактами “+”, “-”, “PWM” під'єднуються до приймача і за допомогою пульта дистанційного керування позиціонують USB камеру в просторі.

Установивши поворотну щоглу на зменшений прототип роботизованої платформи збільшено дальність огляду відеокамери, а також отримано змогу попередньо проглядати та прокладати зручний маршрут для робота, враховуючи інформацію що отримували з поворотної камери.

Для поворотної конструкції наземного робота для розвідки добре підійде Wi-Fi камера відеоспостереження. Вона має просту, але вологостійку надійну конструкцію, яка стійка до ударів та падінь, має гарний кут огляду, та може працювати в нічний час на достатній відстані. Також вона використовує не велику кількість енергії в працюючому режимі, а її вартість відносно не велика.

Висновок. Запропоновано дві конструкції кріплення камер відеонагляду на робототехнічній платформі. Для цього виготовлено зменшену копію робототехнічної платформи засобами 3D-друку. Перша конструкція, де камера зафіксована у корпусі робота. Друга – камера фіксується на поворотному механізмі, що збільшує кут огляду для оператора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Onyshchenko, S., Yanko, A., Hlushko, A., Maslii, O., & Skryl, V. (2023). The mechanism of information security of the national economy in cyberspace. In *Lecture notes in civil engineering* (pp. 791–803). https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_67
2. Посвістак, В., & Мірошниченко, Д. (2024). Архітектура системи автономного керування для fpv-дронів. *Herald of Khmelnytskyi National University Technical Sciences*, 337(3(2)), 223–230. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-33>
3. ROS: Home. (n.d.). URL: <https://www.ros.org/> (дата звернення: 06.10.2024).
4. Singh, S., Lee, H. W., Tran, T. X., Zhou, Y., Sichitiu, M. L., Guvenc, I., & Bhuyan, A. (2021). FPV video adaptation for UAV collision avoidance. *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 2, 2095–2110. <https://doi.org/10.1109/ojcoms.2021.3106274>
5. Зеленський підписав закон про створення Сил безпілотних систем як окремого роду військ ЗСУ. *Радіо Свобода*. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/news-zakon-syly-bezpylotnykh-system/33122138.html> (дата звернення: 06.10.2024).
6. Katkov, Y., Berezovska, Y., Pshenychnyi, Y., Ryzhakov, M., & Prokopov, S. (2019). Analysis of threats and variability after implementation of 4g/lte technology. *Telecommunication and Information Technologies*, 4, 25–38. <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2019.042538>
7. Navon, R. (2000). Process and quality control with a video camera, for a floor-tilling robot. *Automation in Construction*, 10(1), 113–125. [https://doi.org/10.1016/s0926-5805\(99\)00044-8](https://doi.org/10.1016/s0926-5805(99)00044-8)
8. Terletsykyi, T., Kaidyk, O., & Ptashenchuk, V. (2021). Підвищення ефективності системи відеоспостереження шляхом узгодження світлотехнічних параметрів освітлювачів та відеокамер. *Technical sciences and technologies*, 3(25), 150–159. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2021-3\(25\)-150-159](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2021-3(25)-150-159)
9. Stargazer: An Interactive Camera Robot for Capturing How-To Videos Based on Subtle Instructor Cues. URL: https://www.researchgate.net/publication/369035716_

Stargazer_An_Interactive_Camera_Robot_for_Capturing_How-To_Videos_Based_on_Subtle_Instructor_Cues (дата звернення: 06.10.2024).

10. Suárez-Armas, J., Caballero-Gil, P., & Caballero-Gil, C. (2022). Video surveillance robot powered by raspberry pi. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2209.14130>

11. Посібник користувача аналогової камери CADDXFPV Ratel Pro. *Manuals+*. URL: <https://uk.manuals.plus/caddxfpv/ratel-pro-analog-camera-manual> (дата звернення: 06.10.2024).

REFERENCES:

1. Onyshchenko, S., Yanko, A., Hlushko, A., Maslii, O., & Skryl, V. (2023). The mechanism of information security of the national economy in cyberspace. In *Lecture notes in civil engineering* (pp. 791–803). https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_67 [in English].

2. Posvistak, V., & Miroshnychenko, D. (2024). Arkhitektura systemy avtonomnoho keruvannia dlia fpv-droniv [Autonomous control system architecture for fpv drones]. *Herald of Khmelnytskyi National University Technical Sciences*, 337(3(2)), 223–230. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-33> [in Ukrainian].

3. *ROS: Home*. (n.d.). URL: <https://www.ros.org/> [in English] (accessed 06.10.2024).

4. Singh, S., Lee, H. W., Tran, T. X., Zhou, Y., Sichitiu, M. L., Guvenc, I., & Bhuyan, A. (2021). FPV video adaptation for UAV collision avoidance. *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 2, 2095–2110. <https://doi.org/10.1109/ojcoms.2021.3106274> [in English].

5. Zelenskyi pidpysav zakon pro stvorennia Syl bezpilotnykh system yak okremoho rodu viisk ZSU [Zelensky signed the law on the creation of the Unmanned Systems Forces as a separate branch of the Armed Forces of Ukraine]. *Radio Svoboda*. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/news-zakon-syly-bezpilotnykh-system/33122138.html> [in Ukrainian] (accessed 06.10.2024).

6. Katkov, Y., Berezovska, Y., Pshenychnyi, Y., Ryzhakov, M., & Prokopov, S. (2019). Analysis of threats and variability after implementation of 4g/lte technology. *Telecommunication and Information Technologies*, 4, 25–38. <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2019.042538> [in English].

7. Navon, R. (2000). Process and quality control with a video camera, for a floor-tilling robot. *Automation in Construction*, 10(1), 113–125. [https://doi.org/10.1016/s0926-5805\(99\)00044-8](https://doi.org/10.1016/s0926-5805(99)00044-8) [in English].

8. Terletsykyi, T., Kaidyk, O., & Ptashenchuk, V. (2021). Pidvyshchennia efektyvnosti systemy videosposterezhennia shliakhom uzgodzhennia svitlotekhnichnykh parametriv osvituuvachiv ta videokamer [Increasing the efficiency of the video surveillance system by harmonizing the light technical parameters of illuminators and video cameras]. *Technical sciences and technologies*, 3(25), 150–159. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2021-3\(25\)-150-159](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2021-3(25)-150-159) [in Ukrainian].

9. Stargazer: An Interactive Camera Robot for Capturing How-To Videos Based on Subtle Instructor Cues. URL: <https://www.researchgate.net/publication/369035716> Stargazer_An_Interactive_Camera_Robot_for_Capturing_How-To_Videos_Based_on_Subtle_Instructor_Cues [in English] (accessed 06.10.2024).

10. Suárez-Armas, J., Caballero-Gil, P., & Caballero-Gil, C. (2022). Video surveillance robot powered by raspberry pi. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2209.14130> [in English].

11. Posibnyk korystuvacha analohovoi kamery CADDXFPV Ratel Pro. *Manuals+* [CADDXFPV Ratel Pro Analog Camera User Guide. *Manuals+*]. URL: <https://uk.manuals.plus/caddxfpv/ratel-pro-analog-camera-manual> [in Ukrainian] (accessed 06.10.2024).