https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-79-13
УДК 623.437-11:007.52]:621.396/.397]-047.58

ЛАКТІОНОВ Олександр
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
https://orcid.org/0000-0002-5230-524X
e-mail: itm.olaktionov@nupp.edu.ua
ПЕДЧЕНКО Назар
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
https://orcid.org/0000-0002-0018-4482
e-mail: jashsfenix@ukr.net
ЯНКО Аліна
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
https://orcid.org/0000-0003-2876-9316
e-mail: al9_yanko@ukr.net
БОРЯК Богдан
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
https://orcid.org/0000-0002-8114-7930
e-mail: boriakbr@nupp.edu.ua

МОДЕЛЮВАННЯ БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ

Стаття присвячена процесу розробки базової конструкції робототехнічної платформи із врахуванням відповідних кріплень для телекомунікаційних технологій. Проаналізовано існуючі типи конструкцій робототехнічних платформ, орієнтовані значення технічних характеристик й сформовано критерії обрання. Серед критеріїв виділено можливість кріплення спеціалізованого телекомунікаційного обладнання, швидкий доступ для обслуговування обладнання, простота у виготовленні, маневреність, прохідність. Наведено діапазони можливих значень технічних характеристик засобів радіозв'язку та сформовано відомості щодо їх кріплення на робототехнічний платформі. Створено схему базової конструкції робототехнічної платформи на основі двоколісної бази.

Ключові слова: робототехнічна платформа, конструкція, засоби зв'язку.

LAKTIONOV Oleksandr, PEDCHENKO Nazar, YANKO Alina, BORIAK Bohdan
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

MODELING THE BASIC STRUCTURE OF A ROBOTIC PLATFORM

The hostilities in Ukraine give rise to the development of robotics, which is connected to a number of other industries, including telecommunications, electronics, programming, the Internet of Things, and mechanical engineering. Modern models of robotic platforms are multifunctional and are used for various tasks, the prerequisite for the formation of which are the technical characteristics of both the design and the means of communication.

Information about the robotic complex for extinguishing fires is highlighted in the information message. The advantages of the construction of the complex are the presence of tracks and specialized equipment for extinguishing fires. Specialized equipment is used for remote control of the complex, which provides a working distance depending on the type of terrain (open - a distance of up to two kilometers, crossed - 400 meters).

This article is dedicated to the process of developing the basic structure of a robotic platform, taking into account the necessary mounts for telecommunication technologies. The existing types of robotic platform designs have been analyzed, relevant technical specifications have been considered, and selection criteria have been established. Among the criteria highlighted are the ability to mount specialized telecommunication equipment, quick access for equipment maintenance, ease of manufacturing, maneuverability, and off-road capability. The article provides a range of possible technical specifications for radio communication equipment and offers information on how to mount them on the robotic platform. A schematic of the basic structure of a robotic platform based on a two-wheeled base has been created.

Keywords: robotic platform, design, communication equipment

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Бойові дії в Україні породжують розвиток робототехніки, котра пов'язана з низкою інших галузей, зокрема телекомунікаціями, електронікою, програмуванням, інтернетом речей, машинобудуванням. Сучасні взірці роботехнічних платформ є багатофункціональними й використовуються для різних завдань, передумовою формування котрих є технічні характеристики як конструкції, так і засобів зв'язку.

У інформаційному повідомленні [1] висвітлено інформацію про робототехнічний комплекс для гасіння пожеж. Перевагами конструкції комплексу є наявність гусениць та спеціалізованого обладнання для гасіння пожеж. Для дистанційного керування комплексом задіяне спеціалізоване обладнання, що забезпечує відстань роботи залежно від типу місцевості (відкрита – відстань до двох кілометрів, пересічена – 400 метрів).

Ідеї використання аналогічних засобів зв'язку спостерігаються у [2], де чотири колісна конструкція наземного робота має спеціалізовані кріплення не лише для органів керування, а й для вантажу.

Інформаційне повідомлення [3] містить інформацію про унікальні конструкції робототехнічних платформ, які оснащені турелями для зброї та обладнанням для розмінування. Крім засобів зв'язку вказані робототехнічні платформи повинні мати потужні електробатареї, щоб забезпечити не лише передачу сигналів керування, а й перевезення корисних вантажів [4].

Наведені конструкції робототехнічних платформ та технічні характеристики засобів зв'язку зорієнтовані для вирішення конкретних завдань, зокрема гасіння пожеж, перевезення вантажів, зброї тощо. З одного боку, конструкції є багатофункціональними, з іншого – мають чотириколісну колісну базу або гусениці. Тому цей факт актуалізує дослідження щодо розробки нових взірців конструкцій робототехнічних платформ, що передбачають наявність спеціалізованого телекомунікаційного обладнання.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Робототехнічні платформи умовно диференціюють на різновиди, зокрема роботи-сапери, спостережно-вогневі роботи, роботи пожежники, роботи-розвідники, роботи для транспортування, роботи для запуску рою дронів тощо.

Інформаційне повідомлення [5] містить інформацію про легкий наземний робот-сапер Talon, який використовується для дистанційного розмінування. Робот має гусеничну стрічку, де швидкість переміщення робота 8,37км/год. Унікальністю робота є багатоцільове використання. Про це свідчать різні додаткові механізми, зокрема маніпулятори, стрілецька зброя.

Український спостережно-вогневий робот «Мисливець» [6] довжиною 2 метри, шириною 1,25 метри, висотою 0,7 метри й вагою 120 кілограм оснащений привідною системою з шістьма моторами-редукторами по 800 Ват. Ці характеристики дозволяють роботу розвивати швидкість 10 км/год й автономно працювати до 36 год. Цей взірець також має кілька камер для керування.

Робот Recon Scout [7] довжиною 209 мм, шириною 193 мм, висотою 113мм, вагою 0,5 кілограми на двох колесах, що розвиває швидкість 1,7 км/год. Робот оснащений різними сенсорами, зокрема інфрачервоним сенсором з кутом огляду 60 градусів. Керування, як й у напрацюваннях [5-6] реалізовано дистанційно, але на віддалі 91 й 30 метрів відповідно на різних типах місцевості.

Робот для транспортування THeMIS [8] довжиною 2,47 метри, шириною 2 метри, висотою 1,17 метри, кліренсом 0,6 метри, вагою 1630 кілограм, швидкістю до 20 км/год. Унікальністю цього робота є використання як дизельного двигуна, так і електричного. Принцип керування дистанційний на віддалі 1,5 кілометри. Робот має лідар, інфрачервоний сенсор.

Комплекс українського виробництва «Саламандра» зорієнтований для знешкодження протипіхотних мін й використовується у якості робота-камікадзе [9]. Має чотири колеса, а сама конструкція передбачає можливість прикріплення додаткових візків.

На відміну від напрацювання [9] наземна роботизована платформа TRX [10] призначена для запуску рою дронів типу Switchblade. Унікальністю платформи є наявність камер, пристроїв РЕБ, кулеметів.

Існуючі відомості щодо робототехнічних платформ містять лише основні технічні характеристики. Не зрозумілим залишається елементарна база стосовно зв'язку. Роботизована платформа наземного базування складається із рами, силової частини, ходової частини, системи радіозв'язку, системи відеозв'язку, системи обробки інформації.

Система радіозв'язку складаєься з передавача та приймача. Існуючі радіоприймачі RadioMaster ER8 [11], BetaFPV ELRS Micro [12], FrSky R9 Slim [13] характеризуються наступними аспектами. Робоча частота 2,4 ГГц, 2,4 ГГц, 915МГц відповідно. Протоколи ExpressLRS, ExpressLRS, ACCESS Protocol при кількості каналів 8, 5, 6 відповідно.

Існуючі взірці передатчиків RadioMaster TX12 MKII ELRS [14], RadioMaster TX16 Mark II [15], Commando 8 ELRS [16] працюють на частотах 2,400 ГГц – 2,480 ГГц, 2,400 ГГц – 2,480 ГГц, 868/915 ГГц відповідно. Протоколи всіх передатчиків ExpressLRS забезпечують роботу по 16, 8, каналах на відстані 2 (без зовнішнього модуля), 3 кілометри відповідно.

Розглянуті існуючі взірці робототехнічних комплексів та систем радіозв'язку повинні являти собою єдину взаємопов'язану систему. Наразі не існує єдиного рішення щодо використання конкретних взірців конструкцій робототехнічних платформ у поєднанні з додатковими інструментами, зокрема системами забезпечення зв'язку тощо.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Мета роботи: запропонувати конструкцію робототехнічної платформи на основі двоколісної бази з інтеграцією телекомунікаційних технологій для керування.

Завдання:

1. Провести порівняльний аналіз існуючих робототехнічних платформ й сформувати критерії обрання оптимальної конструкції.

2. Здійснити огляд телекомунікаційного обладнання для керування робототехнічною платформою й створити орієнтовні технічні характеристики.

3. Запропонувати схему базової конструкції робототехнічної платформи.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Узагальнюючи існуючий досвід стосовно робототехнічних комплексів [5–10], наявних у вільному доступі, сформуємо діапазони основних технічних характеристик, котрими повинна володіти сучасна робототехнічна платформа.

Таблиця 1

Орієнтовні значення технічних характеристик робототехнічного комплексу [5–10]

Параметр	Значення
Особливості ходової частини	Колісна, гусенична стрічка
Діапазон дистанційного керування	Від 30 метрів до 1,5 кілометрів
Швидкість переміщення, км/год	1,7 – 20
Типи двигунів	Електричні, двигуни внутрішнього згорання
Додаткове обладнання	Кулемети, камери, лідари, РЕБ, інфрачервоні сенсори
Максимальне значення автономної роботи, годин	36
Орієнтована потужність двигуна	800 Ват і більше
Вага, кілограм	Від 120 до 1630

Зафіксовані у табл. 1 значення технічних характеристик є орієнтованою базою для створення конструкції робототехнічної платформи. Основний каркас конструкції зорієнтований на фіксацію органів керування та місця для перевезення вантажів. Сформуємо критерії обрання конструкції робототехнічної платформи.

Критерій № 1. Конструкція повинна передбачати кріплення спеціалізованого обладнання, зокрема відеокамер, засобів радіозв'язку, спеціалізованого обладнання для виявлення аномалій у грунті.

Критерій № 2. Конструкція повинна передбачати можливість використання кількох акумуляторних батарей з легким доступом для їх обслуговування.

Критерій № 3. Конструкція повинна бути простою у виготовленні й забезпечувати маневреність, прохідність, простоту виготовлення і обслуговування.

Крім критеріїв обрання конструкції важливим аспектом є розуміння технічних характеристик телекомунікаційного обладнання, що фіксуватиметься на робототехнічній платформі. Вказане обладнання робототехнічної платформи умовно можна диференціювати на групи: обладнання для керування силовою частиною робототехнічною платформою, обладнання для керування засобами додаткового зв'язку, зокрема відеокамери, турелі, інші сенсори, табл. 2.

Таблиця 2

Орієнтовні значення технічних характеристик радіоприймачів [11–13]

Параметр	Значення
Робоча частота	915МГц–2,4 ГГц
Протокол	ExpressLRS, ACCESS Protocol
Кількість каналів	5–8
Потужність передачі сигналу	20дБм
Вхідна напруга	3,5 В – 35 В

Як видно з табл. 2 технічні характеристики радіоприймачів впливають на кріплення відповідних кронштейнів на платформі. У табл. 3 наведено зведені відомості про передатчики.

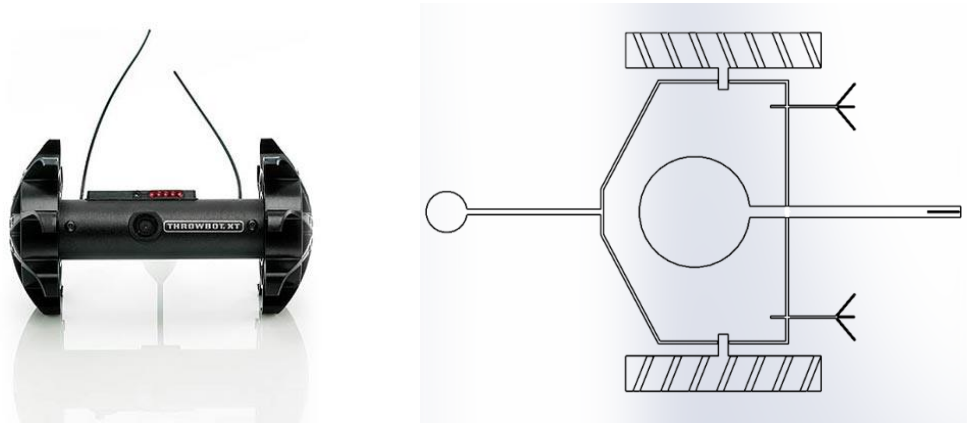
Таблиця 3

Орієнтовні значення технічних характеристик передатчиків [14–16]

Параметр	Значення
Робоча частота	868/915 ГГц – 2,480 ГГц
Протокол	ExpressLRS
Кількість каналів	8, 16
Відстань передачі сигналу	2–3 кілометри

Крім робочих діапазонів частот, протоколів тощо передатчики характеризуються відстанню передачі сигналу. Для цього у конструкції також варто передбачити відповідний кронштейн кріплення та врахувати можливість використання антен.

Орієнтуючись на аналог двоколісного робота Recon Scout [17], бачимо, конструктивно відстань між антенами є максимальною. Це не заважає функціонуванню обладнання, рис. 1.



а) **б)**

Рис. 1. Зовнішній вигляд робототехнічної платформи, (а) існуюча конструкція робототехнічної платформи, (б) запропонована конструкція робототехнічної платформи

Запропонована конструкція робототехнічної платформи матиме змогу бути оснащеною тureллю. Цей факт дає розуміння, конструктивне розміщення антен, як на Recon Scout, на етапі моделювання конструкції відповідає очікуванням. Монтаж антен на максимально допустимій відстані на корпусі робототехнічної платформи є гарним рішенням, де у майбутньому це варто дослідити відповідним інструментарієм.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

1. Завдання порівняльного аналізу існуючих робототехнічних платформ вирішується шляхом співставлення технічних характеристик існуючих платформ й створенням на основі цього критеріїв обрання платформи.

2. Завдання огляду телекомунікаційного обладнання для керування робототехнічними платформами вирішується шляхом формування орієнтовних діапазонів технічних характеристик телекомунікаційного обладнання.

3. Завдання створення схеми базової конструкції робототехнічної платформи вирішується шляхом використання двоколісної бази, що забезпечує простоту виготовлення, стійкість, маневреність, прохідність порівняно з існуючими типами конструкцій.

Література

1. Перший в Україні пожежний наземний робот допущений до експлуатації у військах. *Міністерство оборони України*. URL: https://www.mil.gov.ua/news/2024/08/15/pershij-v-ukraini-pozhezhnij-nazemnij-robot-dopushheni.

2. Український наземний робот-камікадзе нищить логістику росіян на Донеччині. *АРМІЯ INFORM*. URL: https://armyinform.com.ua/2024/04/02/ukrayinskyj-nazemnyj-robot-kamikadze-nyshhyt-logistyku-rosiyan-na-donechchyni/

3. «Біжимо з РФ наввипередки». Роботи на службі в ЗСУ: на що вони здатні і як їх вже використовують у війську – інтерв'ю з Ябчанкою. *Новини України та Світу. Головні та останні новини - НВ*. URL: https://nv.ua/ukr/ukraine/events/nazemni-robotizovani-sistemi-yak-voni-dopomagayut-zsu-i-chi-ye-u-voroga-yabchanka-novini-ukrajini-50422466.html

4. Для військових розробили роботизований комплекс "Мураха" (ФОТО, ВІДЕО). *Texty.org.ua - статті та журналістика даних для людей – Тексти.org.ua*. URL: https://texty.org.ua/fragments/111564/dlya-vijskovyh-rozrobyly-robotyzovanyj-kompleks-muraha-foto-video/.

5. TALON Tracked Military Robot - Army Technology. *Army Technology*. URL: https://www.army-technology.com/projects/talon-tracked-military-robot/?cf-view

6. «Мисливець» – наземний дрон, який понюхав пороху. *АрміяInform – Інформаційне агентство АрміяInform*. URL: https://armyinform.com.ua/2021/05/27/myslyvecz-nazemnyj-dron-yakyj-ponyuhav-porohu/

7. Recon Scout XT Reconnaissance Robot. URL: https://www.homelandsecurity-technology.com/projects/recon-scout-xt-reconnaissance-robot/

8. THeMIS - Milrem. *Milrem*. URL: https://milremrobotics.com/defence/

9. В Україні розробили новий НРК для знешкодження протипіхотних мін. | *ОПК. Новини та аналітика*. URL: https://opk.com.ua/в-україні-розробили-новий-нрк-для-знеш/

10. New Tracked Unmanned Vehicle Bristles With A Whopping 50 Switchblade Suicide Drones. The WARZONE. URL: https://www.twz.com/42755/new-tracked-unmanned-vehicle-bristles-with-a-whopping-50-switchblade-suicide-drones

11. RADiOMASTER ER8 ELRS Receiver User Manual. URL: https://device.report/manual/8480522

12. Приймач BetaFPV ELRS Micro Micro PWM 2.4G. *FLYMOD*. URL: https://flymod.net/item/betafpv_elrs_receiver_pwm

13. FrSky R9 Slim+ OTA. URL: https://rcstudio.cz/en/recievers-r9/762-frsky-r9-slim-ota.html

14. Пульт дистанційного керування RadioMaster TX12 MKII ELRS - FPV радіоапаратура. *Phoenix drones – інтернет-магазин квадрокоптерів*. URL: https://fx-drones.com/radioaparatura-radiomaster-tx12-mkii-elrs-pult-dystantsiinoho-keruvannia/?srsltid=AfmBOoqndNQxCn2lw6RCNcNcYaULid20Pc0IGJihUAdD1SKvJkd6e7xp

15. Radiomaster TX16S. User Manual. URL: https://hobbymania.com.ua/file/RadioMaster_TX16S.pdf

16. Апаратура керування iFlight Commando 8 ELRS 2.4G. *PLANETA HOBBY*. URL: https://modelistam.com.ua/apparatura-upravleniya-iflight-commando-p-47128/

17. Застарілі продукти. *Recon Robotics*. URL: https://reconrobotics.com/products/legacy-products/

References

1. Pershyy v Ukrayini pozhezhnyy nazemnyy robot dopushchenyy do ekspluatatsiyi u viys′kakh. Ministerstvo oborony Ukrayiny. URL: https://www.mil.gov.ua/news/2024/08/15/pershij-v-ukraini-pozhezhnij-nazemnij-robot-dopushheni

2. Ukrayins′kyy nazemnyy robot-kamikadze nyshchyt′ lohistyku rosiyan na Donechchyni. ARMIYA INFORM. URL: https://armyinform.com.ua/2024/04/02/ukrayinskyj-nazemnyj-robot-kamikadze-nyshhyt-logistyku-rosiyan-na-donechchyni/

3. «Bizhymo z RF navvyperedky». Roboty na sluzhbi v ZSU: na shcho vony zdatni i yak yikh vzhe vykorystovuyut′ u viys′ku – interv'yu z Yabchankoyu. Novyny Ukrayiny ta Svitu. Holovni ta ostanni novyny - NV. URL: https://nv.ua/ukr/ukraine/events/nazemni-robotizovani-sistemi-yak-voni-dopomagayut-zsu-i-chi-ye-u-voroga-yabchanka-novini-ukrajini-50422466.html

4. Dlya viys′kovykh rozrobyly robotyzovanyy kompleks "Murakha" (FOTO, VIDEO). Texty.org.ua - statti ta zhurnalistyka danykh dlya lyudey – Teksty.org.ua. URL: https://texty.org.ua/fragments/111564/dlya-vijskovyh-rozrobyly-robotyzovanyj-kompleks-muraha-foto-video/

5. TALON Tracked Military Robot - Army Technology. Army Technology. URL: https://www.army-technology.com/projects/talon-tracked-military-robot/?cf-view

6. «Myslyvets′» – nazemnyy dron, yakyy ponyukhav porokhu. ArmiyaInform – Informatsiyne ahent·stvo ArmiyaInform. URL: https://armyinform.com.ua/2021/05/27/myslyvecz-nazemnyj-dron-yakyj-ponyuhav-porohu/

7. Recon Scout XT Reconnaissance Robot. URL: https://www.homelandsecurity-technology.com/projects/recon-scout-xt-reconnaissance-robot/

8. THeMIS - Milrem. Milrem. URL: https://milremrobotics.com/defence/

9. V Ukrayini rozrobyly novyy NRK dlya zneshkodzhennya protypikhotnykh min. | OPK. Novyny ta analityka. URL: https://opk.com.ua/v-ukrayini-rozrobyly-novyy-nrk-dlya-znesh/

10. New Tracked Unmanned Vehicle Bristles With A Whopping 50 Switchblade Suicide Drones. The WARZONE. URL: https://www.twz.com/42755/new-tracked-unmanned-vehicle-bristles-with-a-whopping-50-switchblade-suicide-drones

11. RADiOMASTER ER8 ELRS Receiver User Manual. URL: https://device.report/manual/8480522

12. Pryymach BetaFPV ELRS Micro Micro PWM 2.4G. FLYMOD. URL: https://flymod.net/item/betafpv_elrs_receiver_pwm

13. FrSky R9 Slim+ OTA. URL: https://rcstudio.cz/en/recievers-r9/762-frsky-r9-slim-ota.html

14. Pul′t dystantsiynoho keruvannya RadioMaster TX12 MKII ELRS - FPV radioaparatura. Phoenix drones – internet-mahazyn kvadrokopteriv. URL: https://fx-drones.com/radioaparatura-radiomaster-tx12-mkii-elrs-pult-dystantsiinoho-keruvannia/?srsltid=AfmBOoqndNQxCn2lw6RCNcNcYaULid20Pc0IGJihUAdD1SKvJkd6e7xp

15. Radiomaster TX16S. User Manual. URL: https://hobbymania.com.ua/file/RadioMaster_TX16S.pdf

16. Aparatura keruvannya iFlight Commando 8 ELRS 2.4G. PLANETA HOBBY. URL: https://modelistam.com.ua/apparatura-upravleniya-iflight-commando-p-47128/

17. Zastarili produkty. Recon Robotics. URL: https://reconrobotics.com/products/legacy-products/