

Міністерство освіти і науки України



NURE

Харківський національний університет
радіоелектроніки

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2024

(Випуск 1)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2024

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(КІТАР)



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2024

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2024

Головий редактор **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Редакційна колегія: **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету

Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».

Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.

Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».

Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».

Відповідальний редактор: **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2024) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2024. – Вип. 1. – 207с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2024 Part 1 (Key infrastructure 2024) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Elektronik [electronic edition], 2024. – 207p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради
факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 10 від 20.05.2024

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка; 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2024 рік

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДРОНІВ ДЛЯ РОЗМІНУВАННЯ УКРАЇНСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

М. Довбня

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
вул. Першо-травнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.

E-mail: dkuch100@gmail.com

Анотація: Нині в Україні не має жодного власного зразка робота-сапера, який пройшов повний цикл випробувань та виготовляється серійно. Від закордонних партнерів в Україну у обмеженій кількості вже надішли такі зразки роботизованих комплексів розвідки та розмінування як Talon, Andros F6A, Codham, Digital Vanguard ROV.

Ключові слова: дрони, розмінування, аналіз.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DRONES FOR DEMINING UKRAINIAN TERRITORIES

M. Dovbnia

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine.

E-mail: dkuch100@gmail.com

Annotation Currently, Ukraine does not have a single example of a sapper robot that has passed a full cycle of tests and is being mass-produced. A limited number of samples of robotic reconnaissance and demining complexes such as Talon, Andros F6A, Codham, Digital Vanguard ROV have already arrived in Ukraine from foreign partners.

Keywords: drones, demining, analysis.

Наразі перед Збройними силами України та Національною службою України з надзвичайних ситуацій стоїть завдання мати стійку роботизовану систему, основною функцією якої є пошук вибухонебезпечних предметів різного походження під час проведення заходів з гуманітарного розмінування та їх подальше знешкодження. Наразі не існує жодної сталої системи розмінування та жодної широко розповсюдженої військової робототехнічної системи. Україна посідає одне з перших місць у світі за кількістю жертв серед цивільного населення від наземних мін і боєприпасів, що не вибухнули, та інцидентів, пов'язаних із протитранспортними мінами. У 2022 році, під час російського вторгнення в Україну, Червоний Хрест повідомив, що один із маршрутів евакуації, запропонований Російською Федерацією, був замінований. За даними Human Rights Watch, у червні 2022 року «Росія є єдиною стороною конфлікту, яка підтвердила використання заборонених протипіхотних мін. Україна використовувала протитранспортні міни».

Внаслідок широкомасштабної окупації України Російською Федерацією майже 30 відсотків території України забруднені або можуть бути забруднені мінами та вибухонебезпечними предметами. Така ситуація загрожує життю цивільного населення та військовослужбовців Збройних Сил України та інших військових формувань, які виконують бойові завдання в зонах бойових дій, на неокупованих територіях та в районах, що перебувають під артилерійськими обстрілами, а також становить серйозну загрозу для здоров'я населення. Наразі 160 піротехнічних груп Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) та численні інші військові піротехнічні підрозділи займаються пошуком, виявленням та знищенням вибухонебезпечних предметів. Ситуація ускладнюється постійними обстрілами багатьох населених пунктів та регіонів України.

Використання військових робототехнічних комплексів (ВРК) необхідне для захисту життя і здоров'я піротехнічних підрозділів ДСНС та інших військовослужбовців, які беруть участь у гуманітарному розмінуванні, а також для організації системної роботи на об'єктах і

територіях, де виявлено боєприпаси, що не вибухнули. Для вирішення цього завдання буде проведено детальний аналіз структури сучасного процесу гуманітарного розмінування, типів вибухонебезпечних предметів та методів їх пошуку та ідентифікації.

Сьогодні в Україні, як і в Афганістані, Ірані та Колумбії, гонитва за скорочення вибухонебезпечних предметів є найважливішим питанням. Трагедія сучасних конфліктів полягає не лише в тому, що технологічний розвиток дав людству зброю, здатну вбивати велику кількість людей за короткий час. Не менш сумним наслідком є те, що сучасні військові конфлікти залишають після себе величезні території, забруднені бомбами і снарядами, які не вибухають одразу, покинуті або заміновані. Все це призначене для вбивства, але, на жаль, зберігає цю здатність протягом десятиліть після завершення конфлікту. Через цей трагічний досвід багато країн, таких як Хорватія, були змушені продовжувати свої програми з пошуку та знешкодження вибухонебезпечних уламків, що залишилися після війни у 1990-х роках. Це дуже знайомий досвід для українців, яким досі доводиться десь мати справу зі смертельними небезпеками, створеними війнами 20-го століття.

За попередніми оцінками, в дев'яти областях України (Дніпропетровська, Запорізька, Київська, Миколаївська, Сумська, Харківська, Херсонська, Чернігівська та Черкаська) потребують обстеження та, за необхідності, розмінування близько 470 тисяч гектарів земель сільгосппризначення. Зважаючи на такі потреби, 20 березня 2023 року оголошено про затвердження плану заходів із розмінування сільськогосподарських земель для сіви.

Таблиця 1 – Результати робіт державної служби надзвичайних ситуацій у областях України з розмінування

Область	Обстежено територій		<u>Знешкоджено ВВП</u>		Кількість залучень	
	За добу	З початку робіт	За добу	З початку робіт	За добу	З початку робіт
Донецька	3,64	1260,96	114	24197	18	2784
Київська	2,86	21628,05	173	73823	10	6926
Харківська	1,17	1845,21	290	50127	54	12327
Черкаська	0,01	7411,53	1	38890	1	1071
Чернігівська	1,21	39544,44	77	48616	5	4221
Херсонська	90,79	510,86	204	5574	32	725
Сумська	0,6	1133,8	6	7504	12	1554
Запорізька	0	140,54	0	2813	0	781

Станом на середину серпня 2022 року забруднення території України мінами та НВБ, спричинене широкомасштабним вторгненням Росії в Україну, зачепило територію площею 300 000 км², що становить майже половину площі країни. За оцінками ООН, до липня 2022 року приблизно 14,5 мільйонів людей проживатимуть на територіях, забруднених мінами та боєприпасами, що не вибухнули.

Національне агентство України з надзвичайних ситуацій оцінює площу похованих наземних мін у 300 000 км², а час, необхідний для очищення, - у понад 10 років; станом на середину серпня українська влада повідомила, що очистила приблизно 620 км² і знешкодила понад 175 000 вибухових пристроїв. Українська влада оцінює час, необхідний для очищення Чорного моря від мін, у 5-7 років, що в цілому негативно впливає на природу [1-3].

Наразі важко навіть назвати точну площу небезпечної зони, оскільки військовослужбовці, відповідальні за розмінування навколо контрольно-пропускних пунктів, були замінені, а карти

мінних загороджень могли бути втрачені. Також немає інформації про розташування мінних полів, залишених збройними силами після звільнення населених пунктів. Метою розмінування є зменшення мінної небезпеки до рівня, за якого люди можуть безпечно жити, а економічний, соціальний і фізіологічний розвиток має відбуватися без впливу і перешкод, спричинених обмеженнями, зумовленими впливом мін.

Гуманітарне розмінування в Україні здійснюється, зокрема, державною організацією «Укроборонсервіс»:

- протимінний броньований автомобіль «Дзор М»;
- бронеавтомобіль протимінний «Козак»;
- аварійно-рятувальні автомобілі.
- система оптичного позиціонування TRIMBLE 5600;
- міношукачі;
- та інше обладнання [9].

Таблиця 2 – Робота з очищення території України від ВВП з 2014-2021р.р.

Період	Кількість залучень піротехнічних підрозділів	Знешкоджених ВВП, од.	Площа очищеної території, га
2014	7 090	151 100	3 030
2015	8 081	50 152	10 667
2016	10 327	80 011	8 153
2017	13 167	112 728	68 836
2018	10 917	168 812	86 720
2019	11 891	67 415	6 949
2020	13 166	73 375	4 939
2021	12 909	89 614	3 552

Очищені території повинні бути підтверджені як вільні від мін з високим ступенем достовірності. Для кожного нанесеного на карту мінного поля слід встановити пріоритети очищення, беручи до уваги соціальні та економічні чинники, а також погодні та ґрунтові умови. Усі кроки мають бути пов'язані з програмами інформування про мінну небезпеку, спрямованими на зменшення жертв серед цивільного населення від мін та інших вибухонебезпечних предметів. Ідентифікація забруднених територій допоможе відгородити людей від небезпеки і зробити незабруднені землі негайно доступними.

За оцінкою Світового банку, повний комплекс робіт із гуманітарного розмінування України коштуватиме 37,4 млрд доларів. Наразі держава реалізує план з пріоритетного розмінування земель сільгоспризначення, за яким першочерговому обстеженню та очищенню підлягає 470 тис. га сільськогосподарських земель.

Розглянемо декілька автономних роботів для яких важливий високий коефіцієнт корисного навантаження. Пневматичні маніпулятори мають таку можливість у порівнянні з електричними маніпуляторами. Ще однією бажаною особливістю для автономних систем є мінімізація споживання енергії бортового джерела живлення. Це вимагає використання оптимального зворотного зв'язку для управління рухом маніпулятора. Можна зробити висновок, що управління третього порядку є реалістичним варіантом для ефективного управління пневматичними маніпуляторами. На практиці, в залежності від конструктивних параметрів маніпулятора, може бути неможливо виміряти весь вектор фази.

У таких випадках важливо мінімізувати кількість датчиків, що використовуються для оптимального керування. Маніпулятори для виявлення мін повинні виконувати операцію пошуку міношукача і позиціонування пристрою розмінування. За допомогою представленого пневматичного маніпулятора імітується виявлення мін за допомогою інфрачервоного (ІЧ) детектора і позиціонування пристрою розмінування рис.1.



Рисунок 1 – Робот-сапер Talon, який пройшов повний цикл випробувань та виготовляється серійно

Кінцева частина маніпулятора оснащена міношукачем і пристроєм розмінування. Міношукач сканує траєкторію руху робота по мінному полю за допомогою маніпулятора.

Після виявлення міни маніпулятор слідує за траєкторією руху нейтралізатора і встановлює нейтралізатор на виявлену міну. Нейтралізатор використовується для нагрівання міни лазером, поки вибухова речовина не загориться і не згорить. Якщо міна має металевий корпус, тепло проходить через корпус і ціль опромінюється до тих пір, поки температура внутрішньої стінки і температура вибухового наповнювача не перевищить температуру горіння. Якщо це пластиковий корпус, він опромінюється до тих пір, поки не проникне всередину і вибуховий наповнювач не загориться або від прямого лазерного променя, або коли полум'я запалить пластиковий корпус. Детектори мін надають інформацію про кут нахилу міни в режимі сканування маніпулятора.

Або піти іншим шляхом, менш технологічним, більш дешевим, оскільки площа розмінування України велика, це все землі сільськогосподарського призначення рис.2.



Рисунок 2 – Важкий роботизований комплекс для розмінування сільськогосподарських угідь

Вінницька компанія Frenndt представила надлегкий безпілотно-міношукач, який не підривається при наїзді на міну (рис.3). На машину можна встановити будь-які детектори, чи то метало- чи радари. Система дистанційно передає дані в офіс, прив'язуючи до GPS-координат і ми маємо карту небезпечних предметів, яку використовують сапери, і їм набагато простіше підходити до кожної ділянки й проводити розмінування.



Рисунок 3 – Безпілотно-міношукач від вінницької компанії Frenndt

Електричний наземний дрон-всюдихід «Мул» від київських розробників вже допомагає в розмінуванні Харкова. Розробку почали на початку осені 2022 року. На технологічному форумі Keep robotics представили вже другий екземпляр «Мула», і, за словами представника, в роботі вже є третій. Він везе до 400 кг і на одному заряді в залежності від умов може їхати 60-80 км. Крім того, завантажений всюдихід може долати перешкоди до 20 см.

Один «Мул» коштує близько \$6000. Перший всюдихід, як повідомили в компанії, вже застосовують для розмінування в Харкові.



Рисунок 4 – Електричний наземний дрон-всюдихід «Мул»

ВИСНОВОК. Нині в Україні не має жодного власного зразка робота-сапера, який пройшов повний цикл випробувань та виготовляється серійно. Від закордонних партнерів в Україну у

обмеженій кількості вже надішли такі зразки роботизованих комплексів розвідки та розмінування як Talon, Andros F6A, Codham, Digital Vanguard ROV.

Таким чином, наразі не існує єдиного, універсального та високоефективного інструменту для пошуку та ідентифікації вибухонебезпечних речовин. Таким чином, єдиного, універсального та високоефективного засобу для пошуку та ідентифікації вибухонебезпечних речовин наразі не існує. Прийнятний рівень достовірності при виявленні цих об'єктів може бути досягнутий лише при комплексному використанні різних технічних засобів і з урахуванням безпеки операторів в ситуаціях, коли можуть бути використані реальні вибухові речовини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кухаренко Д.В., Косюта Р.В. Моделювання процесу розмінування українських територій за допомогою роботизованих комплексів. VII International Conference Manufacturing & Mechatronic systems. 19-20 October, Kharkiv 2023.
2. Nykyforov, V., Sakun, O., Digtar, S. ... Maznytska, O., Kukhareno, D. Determination of Electromagnetic Radiation Intensity by Reaction of Hydro- and Aerobionts. Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, MEES 2021.
3. Kukhareno, D., Novokhatko, O., Maznytska, O., ... Sakun, O., Chernaiia, E. The Influence of an Electromagnetic Field on the Additional Increment of Biogas in a Power Plant. Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Problems of Automated Electric Drive. Theory and Practice, PAEP 2020.
4. Zerun, Z. H. U., Xiaowei, T. A. N. G., Chen, C. H. E. N., Fangyu, P. E. N. G., Rong, Y. A. N., Lin, Z. H. O. U., ... & Jiawei, W. U. (2022). High precision and efficiency robotic milling of complex parts: Challenges, approaches and trends. Chinese Journal of Aeronautics, 35(2), 22-46.
5. Zhu, D., Feng, X., Xu, X., Yang, Z., Li, W., Yan, S., & Ding, H. (2020). Robotic grinding of complex components: a step towards efficient and intelligent machining—challenges, solutions, and applications. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 65, 101908.

6. Wang, W., Guo, Q., Yang, Z., Jiang, Y., & Xu, J. (2023). A state-of-the-art review on robotic milling of complex parts with high efficiency and precision. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 79, 102436.
7. Attar, H., & et al.. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>.
8. Vladyslav Yevsieiev, Samariddin, S. M., Nikolay Starodubtsev, & Amer Abu-Jassar. (2024). ACTIVE CONTOURS METHOD IMPLEMENTATION FOR OBJECTS SELECTION IN THE MOBILE ROBOT'S WORKSPACE. *Journal of Universal Science Research*, 2(2), 135–145.
9. Vladyslav Yevsieiev, Svitlana Maksymova, & Nataliia Demska. (2024). Using Contouring Algorithms to Select Objects in the Robots' Workspace. *TECHNICAL SCIENCE RESEARCH IN UZBEKISTAN*, 2(2), 32–42.
10. Svitlana Maksymova, Vladyslav Yevsieiev, & Amer Abu-Jassar. (2024). The Bipedal Robot a Kinematic Diagram Development. *Journal of Universal Science Research*, 2(1), 6–17.
11. Yevsieiev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsieiev, D. Gurin // In the VI International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. Chicago, USA. P.92-94
12. Yevsieiev, V. ., & Gurin, D. . (2023). COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BASIC METHODS USED IN INDUSTRY 4.0 AND INDUSTRY 5.0. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, (September 29, 2023; Bologna, Italy), 113–115. <https://doi.org/10.36074/logos-29.09.2023.31>
13. A Small-Sized Robot Prototype Development Using 3D Printing / I. Nevliudov, V. Yevsieiev, S. Maksymova, O. Chala // In XXXI International Conference CAD In Machinery Design Implementation and Educational Issues, 26-28 October 2023. – P.12
14. Yevsieiev V. Some aspects of the development of the BEAM robot control scheme / V. Yevsieiev // In IV International Scientific and Theoretical Conference, Singapore, Republic of Singapore. - P. 79-81.
15. Євсєєв В. Розробка структурної схеми комп'ютерного зору для мобільного роботу типу SPOT / В. Євсєєв, К. Стеценко // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції. – Черкаси, 2023. - С. 37-39
16. Vladyslav Yevsieiev, Nikolaj Starodubcev (2023). Development of a control algorithm for a small-sized mobile manipulation robot. *Scientific Collection «InterConf»*, (140), P. 648-651.
17. Yevsieiev V. (2023) Development of a program for modeling the control of a mobile manipulation robot in the unity environment / Yevsieiev V., Starodubcev N. // *Scientific Collection «InterConf»*, (141), P. 331-334.
- Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Starodubcev, N. (2023). An Automatic Assembly SMT Production Line Operation Technological Process Simulation Model Development. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 2(2), 1–9. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20230202.01>
18. Yevsieiev, V. ., Maksymova, S. ., & Starodubcev, N. . (2022). A ROBOTIC PROSTHETIC A CONTROL SYSTEM AND A STRUCTURAL DIAGRAM DEVELOPMENT. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, (August 12, 2022; Zurich, Switzerland), 113–114. <https://doi.org/10.36074/logos-12.08.2022.33>