

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

**VII Міжнародна Конференція
ВИРОБНИЦТВО
&
МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ 2023**



**VII International Conference
MANUFACTURING
&
MECHATRONIC SYSTEMS 2023**

M&MS

2023

VII International Conference

19-20 October

Kharkiv

УДК: 005:004.896:62-65:338.3

Виробництво & Мехатронні Системи 2023: матеріали VII-ої Міжнародної конференції, Харків, 19-20 жовтня 2023 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)]. -Харків: [електронний друк], 2023. – 163 с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним тенденціям розвитку технологій та засобів виробництва та мехатронних систем, передовому досвіду та впровадженню їх в галузях систем промислової автоматизації та керування виробництвом; системній інженерії; CAD/CAM/CAE системах; мехатроніці (електро-механічних системах, електронних інструментах систем керування, механічних CAD системах); робототехніці та засобах інтелектуалізації; MEMS (сучасних матеріалів та технологіях виготовлення MEMS) та компонентах і технологіях автоматизації видобутку, переробки та транспортування нафти та газу.

Редакційна колегія: І.Ш. Невлюдов, В.В. Євсєєв.

Manufacturing & Mechatronic Systems 2023: Proceedings of VII st International Conference, Kharkiv, October 19-20, 2023: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2023. - 163 p.

The collection includes the theses of reports on modern trends in the development of technologies and means of production and mechatronic systems, top experience and implementation of them in fields of: industrial automation and production management systems; systems engineering; CAD/CAM/CAE systems; mechatronics (electrical and mechanical systems, electronic control tools, mechanical CAD systems); robotics and intellectual tools; MEMS (modern materials and manufacturing technologies MEMS) and components and technologies for the automation of oil, gas and oil extraction, processing and transportation.

Editorial board: Igor.Sh. Nevlyudov, Vladyslav.V. Yevsieiev

© Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), ХНУРЕ, 2023

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ)
Варшавський університет сільського господарства (WULS - SGGW)
Азербайджанський державний університет нафти і промисловості
Національний університет «Львівська політехніка»
Festo Didactic Україна
Jabil Circuit Ukraine Limited
ТОВ «Науково-виробниче підприємство «УКРІНТЕХ»»
Факультет автоматичних і комп'ютеризованих технологій (АКТ)
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР),
Державне підприємство «Харківський науково-дослідний інститут технології
машинобудування»
Державне підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та
науково-дослідний інститут авіаційної промисловості»

МАТЕРІАЛИ

VII-ої Міжнародної Конференції

ВИРОБНИЦТВО & МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ 2022

(19-20 жовтня 2023)
Харків, Україна

ОРГАНІЗАТОРИ



Міністерство
освіти і науки
України

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
The Ministry of Education and Science of Ukraine



NURE
Kharkiv National University
of Radioelectronics

Харківський національний університет
радіоелектроніки (ХНУРЕ)

Kharkiv National University of Radioelectronics



**WARSAW UNIVERSITY
OF LIFE SCIENCES
- SGGW**

Варшавський університет
сільського господарства (WULS - SGGW)

Warsaw University of Life Sciences WULS - SGGW



Азербайджанський державний університет
нафти і промисловості

Azerbaijan State Oil and Industry University



Festo Didactic Україна

Festo Didactic Ukraine



ТОВ «Науково-виробниче підприємство
«УКРІНТЕХ»»

Research and Production Enterprise
"UKRINTECH" Ltd



Національний університет
«Львівська політехніка»

National University Lviv Polytechnic

Державне підприємство «Харківський науково-
дослідний інститут технології машинобудуван-
ня», м. Харків, Україна

State Enterprise «Kharkiv Scientific-Research
Institute of Mechanical Engineering Technology»,
Kharkiv, Ukraine



Державне підприємство «Південний державний
проектно-конструкторський та науково-
дослідний інститут авіаційної промисловості»,
м. Харків, Україна

State Enterprise «National Design & Research
Institute of Aerospace Industries», Kharkiv,
Ukraine



Jabil Circuit Ukraine Limited

КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Ігор Шакирович Невлюдов** голова комітету конференції, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна
- Олександр Іванович Филипенко** заступник голови комітету конференції, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Мурад Анвер огли Омаров** доктор технічних наук, професор, проректор з міжнародного співробітництва, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна
- Владислав В'ячеславович Євсєєв** секретар, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Andrzej Chochowski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща
- Pawel Obstawski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща.
- Сергій Богомолів** лектор/доцент, доктор філософії (комп'ютерні науки), Дослідницька школа комп'ютерних наук, Коледж інженерії та комп'ютерних наук, Австралійський національний університет, Австралія.
- Микола Васильович Замірець** доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування, Україна
- Михайло Васильович Лобур** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри систем автоматизованого проектування Національного університету «Львівська політехніка», Україна.
- Євген Сергійович Риженко** керівник відділу дидактики ДП «Фесто», Україна
- Сергій Володимирович Демченко** директор ТОВ «Науково-виробничого підприємства «УКРІНТЕХ»», Україна.

- Самед Імамалі огли Юсіфов** кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційних технологій та управління, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Фарід Гаджі огли Агаєв** кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри управління та системної інженерії, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Віктор Васильович Косенко** доктор технічних наук, доцент, директор Державного підприємства «Харківського науково-дослідного інституту технології машинобудування», Україна.
- Володимир Вікторович Козирський** доктор технічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту енергетики, автоматики та енергозбереження, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Віталій Пилипович Лисенко** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Юрій Францевич Зіньковський** доктор технічних наук, професор кафедри радіоконструювання і виробництва радіоапаратури, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Володимир Митрофанович Свищ** доктор технічних наук, професор, радник директора Державного науково-виробничого підприємства «Об'єднання Комунар», Україна.
- Віталій Євгенович Овчаренко** доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Державного підприємства «Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування», Україна.
- Лариса Сергіївна Глоба** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційно-комунікаційних мереж, Інститут телекомунікаційних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Анатолій Олександрович Андрусевич** доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу Національного авіаційного університету, Україна.
- Роман Володимирович Артюх** кандидат технічних наук, директор Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський інститут авіаційної промисловості», Україна.

- Glen Kurtwitz** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Шотландія.
- Liu Shan** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Китай.
- Володимир Андрійович Павлиш** кандидат технічних наук, професор, перший проректор Національного університету «Львівська політехніка», Україна
- Сергій Іванович Осадчий** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації виробничих процесів, Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна.
- Анатолій Афанасійович Єфіменко** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електронних засобів та інформаційно-комп'ютерних технологій, Одеський національний політехнічний університет, Україна
- Анатолій Петрович Ладанюк** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації та інтелектуальних систем, Національний університет харчових технологій, Україна.
- Володимир Михайлович Решетюк** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Олександр Михайлович Цимбал** заступник голови конференції з організаційних питань, доктор технічних наук, професор комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (KITAP), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Сергій Павлович Новоселов** кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (KITAP), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Євген Анатолійович Разумов-Фризюк** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (KITAP), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Наталія Павлівна Демська** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (KITAP), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

ЗМІСТ

Vladyslav Yevsieiev

Modeling of the BEAM robot control system on the basis of a microcircuit L293D 12

Medovkin Mykhailo, Puhach Hanna

The development of a cryptographically secure pseudorandom number generator 15

Svetlana Sotnik, Anton Andreiev

QR codes in production 19

Софія Хрустальова, Світлана Вишванюк

Розроблення структурної схеми модуля автоматизації на базі RFID – технологій 22

Владислав Заїкін

Моделювання пошуку вибухонебезпечних предметів методом електромагнітної спектроскопії та радіолокації 26

Karetyna Stetsenko

BEAM Robotics: Combining Biological Principles and Technological Solutions for More Adaptive and Energy-Efficient Robots 30

Svitlana Maksymova, Mykhailo Akopov

Selection of Sensors for Building a 3D Model of the Mobile Robot's Environment 33

Сергій Новоселов, Єгор Волков

Завдання автоматичного керування рухом мобільної платформи з застосуванням законів автоматички 36

Сергій Новоселов, Ігор Гладков

Сучасний промисловий інтернет речей та хмарні технології 40

Дмитро Гурін

Вирішення задачі зворотної кінематики для рухливих кінцівок робототехнічної платформи 43

Ілля Лисенко, Леонід Іванов

Необхідність охолодження акумуляторних батарей автономного ходу електричного транспорту на прикладі тролейбуса PTS-12 81

Редько Денис, Дмитро Янушкевич

Аналіз конструкції маніпуляторів робототехнічних пристроїв для переміщення вибухонебезпечних предметів 84

Дмитро Янушкевич, Леонід Іванов, Ігор Толкунов

Комплексний підхід до застосування робототехнічних комплексів у сфері гуманітарного розмінування 88

Viacheslav Korotkov, Igor Nevliudov, Yurii Romashov

General Approaches to Design Improved Angular Velocity PID Controllers of Automated Electrical Drives 93

Oleksandr Narozhnyi, Yurii Romashov

Technical State Estimation for Electromechanical Wheeled Platforms with Parametric Identification Using 99

Наталія Демська, Юрій Ромашов, Артем Шевченко

Розробка підходів щодо використання комп'ютерних технологій для імітаційного моделювання промислового електроприводу 104

І. В. Жарікова

Автоматичний пристрій для збору вторинної тари з алюмінію та поліетилентерефталату 110

Доронін Павло, Леонід Іванов

Контроль укладання акумуляторних батарей автономного ходу для електричного транспорту (за зразком тролейбуса PTS-12) 113

Фарзудлаєв Рашид, Леонід Іванов

Необхідність контролю вихідного сигналу з бортового перетворювача напруги для електротранспорту 116

Сергій Новоселов, Дмитро Шестак

Класифікація вибухонебезпечних об'єктів, їх візуальні ознаки, методи маскування та ідентифікації 119

Комплексний підхід до застосування робототехнічних комплексів у сфері гуманітарного розмінування

Дмитро Янушкевич¹, Леонід Іванов², Ігор Толкунов³

1. Кафедра КІТАР, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: dmytro.ianushkevych@nure.ua

2. Кафедра КІТАР, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: leonid.ivanov@nure.ua

3. Кафедра піротехнічної та спеціальної підготовки, Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, вул. Чернишевська, 94, email: tolkunov_ia@ukr.net

Анотація: У доповіді проведено аналіз комплексного підходу до застосування робототехнічних засобів у сфері гуманітарного розмінування.

Ключові слова: гуманітарне розмінування, робототехнічні засоби, пошук, ідентифікація, вибухонебезпечні предмети.

I. Вступ

Унаслідок російського вторгнення Україна стала однією з найзамінованих країн у світі. І тому важливо необхідні креативні підходи до розв'язання питань гуманітарного розмінування із застосуванням робототехнічних комплексів та систем зі штучним інтелектом, які можуть без втручання людини визначати наявність небезпек на територіях, забруднених вибухонебезпечними предметами (ВНП).

За наявними даними, на сьогодні близько 160 000 м² суходолу території України потрібно обстежити на наявність вибухонебезпечних предметів. Уряд України ставить за мету, щоб за десять років 80 % цих територій були обстежені на наявність ВНП та були безпечними для життєдіяльності мирного населення та військових і необхідна базуватись на креативності підходу до системи гуманітарного розмінування.

Креативність системи гуманітарного розмінування базується на комплексному підході повинен та передбачає застосування новітніх засобів, зокрема безпілотних літальних апаратів (БПЛА), наземних робототехнічних комплексів (РТК) та систем, систем зі штучним інтелектом, які можуть без втручання людини визначати наявність небезпек шляхом дослідження результатів обстеження території БПЛА та управління якістю розмінування.

Система управління якістю розмінування складається з двох частин:

- це гарантія якості, тобто впевненість у тому, що оператор, який заявив свою спроможність розмінувати, дійсно на це спроможний;

- контроль якості.

Пріоритетними для розмінування є об'єкти електро-, водо-, газо-, теплопостачання, критичної й транспортної інфраструктури, сільськогосподарські землі тощо.

Перший етап гуманітарного розмінування розпочинається з оцифрування супутникових даних

на предмет кратерів, окопів, траншей, аномалій та інших неоднорідностей по всій території України.

Другий рівень даних – це візуальна інспекція за допомогою БПЛА, який виявляє ВНП на землі.

Третій рівень даних – це вибухонебезпечні предмети під землею. Їх шукають з допомогою магнітометрів, термокамер, мультиспекторальних камер, хімічних сенсорів і металопрошукачів.

Незважаючи на значну кількість наукових робіт із даної тематики, на сьогодні склалася тенденція розмежування зазначених питань.

Роботи по створенню робототехнічних комплексів у сфері гуманітарного розмінування ведуться в Україні і за кордоном [1]. В Україні та світі виконано значний обсяг досліджень теоретичного та експериментального характеру, які стосуються розробки мобільних роботів. Наявні окремі дослідження статичних характеристик, розроблені дослідні зразки робототехнічних комплексів у сфері гуманітарного розмінування та проведена їх апробація [2].

Тому проблема розроблення комплексного підходу до застосування робототехнічних комплексів у сфері гуманітарного розмінування є актуальним завданням.

II. Виклад основного матеріалу

Еволюція розвитку робототехнічних засобів показує, наскільки швидким є розвиток даної галузі. Від появи першого робота, який міг виконувати самі прості операції, до масового виробництва робототехнічних комплексів пройшло не більше 70 років. Як показує статистика, зростання в індустрії робототехніки продовжує бути вибуховим. Сьогодні існує величезна різноманітність роботів, які застосовуються у гуманітарного розмінування.

Гуманітарне розмінування – комплекс заходів, які проводяться з метою ліквідації небезпек, пов'язаних із ВНП, включаючи нетехнічне та технічне обстеження територій, складення карт, виявлення, знешкодження та/або знищення ВНП, маркування, підготовку документації після розмінування, надання громадам інформації щодо протиміної діяльності та передачу очищеної території [4]. Складові системи гуманітарного розмінування наведені на рис. 1 [2].

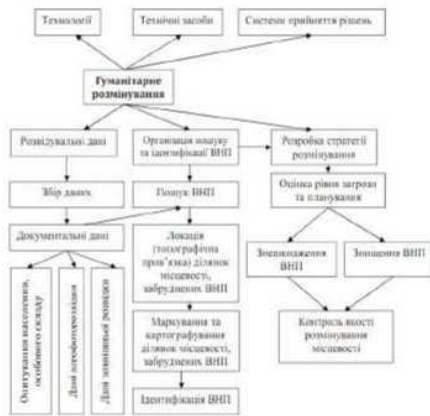


Рис.1. Складові системи гуманітарного розмінування

Гуманітарне розмінування у першу чергу спрямоване на зменшення шкідливого фактору дії ВВП на життєдіяльність людей. Мета розмінування полягає в тому, щоб знизити мінну небезпеку до рівня, при якому люди можуть жити безпечно; при якому економічний, соціальний і фізіологічний розвиток може здійснюватися безперешкодно, не наражаючись впливу обмежень, що викликаються впливом забруднення території України ВВП.

Вибухонебезпечні предмети – вибухові матеріали, боєприпаси, що містять вибухові речовини, а також біологічні та хімічні речовини: бомби і боєголовки; керовані і балістичні ракети; артилерійські, мінометні, ракетні боєприпаси і боєприпаси до стрілецької зброї; усі міни, торпеди і глибинні бомби; піротехнічні вироби; касетні бомби і касети; електричні вибухові пристрої; саморобні вибухові пристрої тощо [4].

Гуманітарне розмінування, на відміну від військового, передбачає комплексний огляд усієї території, де тривали бойові дії, визначення небезпечних районів, виявлення забруднених вибухонебезпечними предметами ділянок та їх очищення, після чого місцевість стає повністю придатною для використання.

Пошук та ідентифікація ВВП для гуманітарного розмінування з метою зменшення ризиків з питань безпеки людей, які його здійснюють, є комплексним завданням та вимагають застосування РТК для його проведення. РТК для проведення гуманітарного розмінування повинні бути оснащені відповідними детекторами (сенсорами, датчиками), засобами прийняття рішень та застосовуватись на етапах розвідки, пошуку, локації, маркування, ідентифікації, знешкодження та знищення ВВП [4].

Виявлення ВВП означає їх пошук та ідентифікацію у відповідності з їх демаскуючими ознаками. Демаскуючі ознаки ВВП зумовлені низкою чинників. До них можна віднести:

- наявність вибухової речовини;
- наявність локально розташованої маси металу (навіть в так званих «неметалічних» югославських мінах є до 0,1 г алюмінію та металева пружина для спрацювання детонатора);
- характерна форма мін та ВВП;

– неоднорідності середовища, де розмішений ВВП (порушення поверхні ґрунту, дорожнього покриття, стіни будівлі, порушення кольору рослинності або снігового покриву тощо).

Додаткові демаскуючі фактори, які можуть бути не завжди:

- наявність провідної лінії управління міною;
- наявність годинникового механізму або електронного таймера;
- наявність сейсмічного, магнітного або оптичного датчика цілі;
- наявність антени для радіоприймальних пристроїв ВВП.

Отже, ВВП можна виявляти за рахунок трьох факторів:

- наявності зосередженої маси вибухової речовини;
- характерна конструкція мін та ВВП (форм, матеріал корпусу, колір тощо);
- порушення однорідності навколишнього фону (кольору рослинності, щільності ґрунту тощо).

Основні етапи процесу гуманітарного розмінування можна розділити на етапи, які наведені у табл. 1.

Табл. 1. Етапи процесу гуманітарного розмінування

Номер етапу	Зміст етапу
1-й етап	Нетехнічне обстеження
2-й етап	Технічне обстеження
3-й етап	Розмінування території, забруднених ВВП та очищення районів ведення бойових дій
4-й етап	Утилізація (знищення, знешкодження) ВВП
5-й етап	Контроль якості розмінування та передача територій, забруднених ВВП користувачам

Нетехнічне обстеження (НТО) включає збір, аналіз та оцінювання інформації стосовно території для подальшої її класифікації за статусом безпеки, без використання технічних засобів пошуку ВВП [5].

Метою проведення нетехнічного обстеження є класифікація за статусом безпеки території, стосовно якої існує підозра щодо її забруднення ВВП на підставі отриманих прямих та непрямих доказів, а також підготовка пропозицій з проведення технічного обстеження, очищення (розмінування) та (або) виключення (розблокування) території.

До джерел інформації під час проведення НТО належать:

- органи виконавчої влади та самоврядування;
- місцеве населення;
- органи управління та підрозділи Збройних Сил України, інших військових формувань;
- органи військового управління та учасники бойових дій, пов'язаних із ВВП;
- карти мінних полів і територій ведення бойових дій;
- тощо.

За результатами проведення НТО класифікується за статусом безпеки, а саме:

- імовірно небезпечна територія;
- підтверджена небезпечна територія;
- виключена територія.

Термін «технічне обстеження» відповідно до Міжнародного стандарту протимінної діяльності IMAS 08.20:2019 «Технічне обстеження» та ДСТУ-П 8820:2018 «Протимінна діяльність. Процеси управління. Основні положення» включає в себе збір та аналіз даних про наявність, тип, розподіл та навколишні умови знаходження мін та вибухонебезпечних предметів із застосуванням технічних засобів, щоб точніше визначити місце, де присутні міни та вибухонебезпечні боєприпаси, а де їх немає, для сприяння пріоритизації вивільнення земель та забезпечення прийняття рішень шляхом надання фактів [3].

Розмінування полягає у здійсненні операцій виявлення, видалення або знищення мін та вибухонебезпечних боєприпасів, а для операцій з розмінування може також бути потрібне забезпечення доступу, діагностування, приведення в безпечний стан, остаточна утилізація та (у разі потреби) захисні роботи.

Очищення районів ведення бойових дій передбачає виявлення та знешкодження в певних районах, на яких велися бойові дії і які можуть включати оборонні позиції та місця, де були випущені або скинуті авіаційні або артилерійські боєприпаси, включаючи касетні боєприпаси. Залежно від гуманітарних пріоритетів і необхідного землекористування очищення районів ведення бойових дій може включати поверхневе і підземне розчищення.

Утилізація, знешкодження (знищення) мін та вибухонебезпечних предметів включає всі аспекти виявлення та знешкодження боєприпасів, що не розірвалися, шляхом проведення операцій з розмінування. Виконання операції зі знешкодження та знищення ВВП варіюється від відносно простих методик знешкодження та відкритого підриву до дуже складних промислових процесів із залученням відповідних фахівців.

Знешкодження вибухонебезпечного предмета – спеціальні дії щодо блокування або нейтралізації виконавчих механізмів підривників ВВП (вилучення підривників з ВВП, вилучення ВВП з місця встановлення), спрямовані на приведення вибухонебезпечного предмета у безпечний стан, що виключає можливість його ненавмисного вибуху.

Знищення вибухонебезпечного предмета – переведення ВВП у неїздатний (безпечний) стан шляхом підриву, спалювання, механічного чи іншого повного або часткового руйнування з обов'язковим дотриманням вимог протимінної діяльності та запобіганням і мінімізацією негативних для населення, інфраструктури та довкілля наслідків.

Контроль якості розмінування – елемент процесу управління якістю розмінування, який забезпечує повне дотримання вимог щодо ліквідації небезпек, пов'язаних з вибухонебезпечними предметами, а також контроль за дотриманням вимог щодо якості розмінування. Якість розмінування – відповідність виконаних заходів вимогам

національних стандартів протимінної діяльності з урахуванням вимог держави щодо безпеки життя і здоров'я населення.

На теперішній час передові країни світу розробляють та використовують сучасні мобільні робототехнічні комплекси (РТК) для гуманітарного розмінування.

Основна увага приділяється створенню РТК збільшеної автономності. Через специфіку завдань, що підлягають вирішенню, мобільні РТК удосконалюються для забезпечення можливості діяти в реальній обстановці за умови часткової або повної відсутності вихідної інформації про середовище функціонування. Основною тенденцією здійснення цих проектів є дооснащення комплексів, що знаходяться на озброєнні, цифровими і аналоговими візуальними системами, засобами автоматизації управління, каналами зв'язку (радіо і оптоволоконними) та засобами управління рухом, заснованими на модульному принципі [6].

Відсутність особового складу в зоні ураження і застосування РТК значно підвищують морально-психологічний стан військовослужбовців і забезпечують ефективність виконання бойових завдань, істотно знижуючи до того ж бойові втрати.

Передові держави світу розробили ряд РТК, які застосовуються у сфері гуманітарного розмінування [6].

Американські військові використовували в Афганістані наймініатюрнішого робота-розвідника Recon Scout. Він має вагу 1,3 кг та довжину 200 мм, обладнаний звичайною й інфрачервоною камерами. Цього робота можна закинути за перешкоди.

Наймасовішим американським військовим роботом (випущено понад 3 тис. одиниць) є дистанційно-керована машина (ДКМ) «TALON», розроблена компанією Foster-Miller [1]. Американські дослідники підрахували, що цей робот знешкодив 50 тис. вибухових пристроїв. «TALON» здатний діяти за будь-якої погоди та недостатнього освітлення, долати завали та дротяні загородження, пересуватися на місцевості зі складним рельєфом, функціонувати під водою на глибині.

Стандартний робот «TALON» являє собою модульну систему, яка включає знімну руку маніпулятор з подвійним шарніром, довжиною 1,6 м.

Робот управляється за допомогою дуплексного радіозв'язку або по волоконно-оптичній лінії. Управління дистанційно керованої машиною «TALON» здійснюється оператором з пульта дистанційного керування оптоволоконним кабелем (але на дальності до 300 м) або по радіоканалу (до 800 м), а при використанні спрямованої антени дальність дії збільшується до 1200 м. Час безперервного функціонування дистанційного робота «TALON» у звичайному режимі становить 8,5 год.

Бойова маса «TALON» (52–71) кг (залежно від комплектації). Швидкість «TALON» коливається від максимальної 8,3 км/год до повзучої з можливістю безперервно працювати більше чотирьох годин. Бортове обладнання складається з денних та інфрачервоних камер, GPS-навігатора, датчиків, за допомогою яких визначаються вибухові та токсичні

речовини, а також проводиться оцінка радіаційної, хімічної та біологічної обстановки.

Важливим елементом конструкції є те, що «TALON» може нести на борту озброєння (кулемет M240 калібру 7,62 мм, снайперську гвинтівку M82A1, чотириствольну 66-мм ракетну установку M202, 40-мм гранатомети, багатоствольну Metal Storm»).

Пульт управління розміщений у футлярі, в якому також розміщений і блок живлення. Завдяки семи камерам, розташованим на борту, на екрані блоку управління безперервно відображається інформація для точного позиціонування машини. Шасі робота може нести на собі вантаж понад 90 кг для забезпечення максимальної гнучкості у будь-якій ситуації.

До найбільш розповсюджених РТК, які застосовуються у сфері гуманітарного розмінування, відносяться також військові роботи серії SuperDroid Robots.

Основне цільове призначення роботів серії SuperDroid Robots – оперативна розвідка, спостереження, пошук, виявлення, ідентифікація, вилучення, переміщення, знешкодження, утилізація ВВП, очищення приміщень та територій, забруднених ВВП, здійснення гуманітарного розмінування та виконання інших завдань, які вирішуються на тактичному рівні бойового управління. Ці роботи дають змогу зменшити людські втрати під час виконання задач з гуманітарного розмінування, проведенні контртерористичних операцій, оперативної розвідки тощо.

Дистанційний блок керування роботом (блок управління оператора – OCU) здійснюється за допомогою цифрових радіосистем, які забезпечують зашифроване дистанційне керування. Для оперативного управління роботів серії SuperDroid Robots застосовуються 3 види дистанційного керування:

- стандартний пульт дистанційного керування (рис. 2). Цей пульт міститься у футлярі, має вбудовані промислові джойстики та 12-дюймовий дисплей;

- обробка відео з чотирьох розділених екранів, яка доступна як опція. Також доступна розширена кінематична модель робота та маніпулятора, що відображається на РК-дисплеї OCU, забезпечуючи точний зворотний зв'язок щодо положення маніпулятора та виявлення перешкод та ВВП;

- ретранслятори та вторинні станції дистанційного моніторингу, які доступні для всіх цифрових систем керування роботом.



Рис. 2. – Пульт дистанційного керування

Більшість цих елементів керування є стандартними для роботів серії SuperDroid Robots. Але для забезпечення ефективності в складних умовах застосовуються спеціальні методи та пакети оперативного управління.

Бездротове керування та відеоспостереження складні, і на них можуть впливати кілька факторів. Це включає наявність перешкод, стін, електричних перешкод, рельєф та ландшафт місцевості, інші радіочастотні перешкоди тощо.

Найпростіший тип бездротового керування – аналогові RC системи радіочастотного діапазону. Вони, як правило, дешевші та досить стійкі до проблем прямої видимості: наявність стін, дерев, пагорбів тощо.

Недоліком використання аналогової системи є лише односторонній зв'язок обмежена дальність передачі даних та несумісність з ретрансляторами (мережами) системи mesh.

Цифрові системи дистанційного управління доступні в Wi-Fi, Digital і High Bandwidth Smart Radio.

Wi-Fi базовий тип передачі даних та здійснення оперативного управління. Система управління на платформі Wi-Fi сумісна з усіма доступними опціями дистанційного керування. Система Wi-Fi найкраще працює в місцях з мінімальними перешкодами між OCU та роботом. Дальність дії – до 100 м.

Digital Radio System (цифрова радіосистема), яка забезпечує підтримувати стабільний мережевий зв'язок на великих відстанях. Типовий діапазон дії від 300 м до 800 м.

High Bandwidth Smart Radio – система радіозв'язку з високою смугою пропускання, яка поєднує діапазон цифрового радіо з можливістю передачі чіткого HD-відео. Оптимізовані канали забезпечують відмінне керування, передачу аудіо та відео інформації. Інтелектуальне мікропрограмне забезпечення встановлює пріоритети для керування, забезпечуючи безперебійну роботу роботів. Типовий діапазон дії від 300 м до 800 м.

Для оперативного управління роботів серії SuperDroid Robots можуть застосовуватись також дротові варіанти (оптоволоконний кабель, «вита пара»), де застосування радіочастотного діапазону неможливе.

Крім цих робототехнічних комплексів, найбільш розповсюдженими є такі РТК:

1. Гусенична роботизована міні-машина FirstLook 110 виробництва США (вага – 2,2 кг; розміри – (250×230×100) мм; обладнана 4 відеокамерами з підсвічуванням). Робот FirstLook 110 – це робот для використання у військових операціях (під час проведення очищення будівель, для дослідження невеликих приміщень, тунелів, окопів або дренажних штолень).

2. Військовий робот-розвідник Spybot виробництва Швейцарії. Робот SpyRobot випускається у двох варіантах – з шасі 4×4 та 6×6 (вага – 5 кг, розвідувальна апаратура включає теплові та оптичні датчики, а також радіолокаційну станцію із синтезованою апертурою). В результаті

модернізації машини SpyRobot була створена дистанційно-керована платформа (ДКП) Dragon Runner для розвідки місцевості в радіусі ефективної дальності стрільби стрілецької зброї (вага – 9 кг, розміри – (230×200×75) мм, обладнаний ІЧ-датчиками та відеокамерою).

3. Багатофункціональна платформа-робот Warrior 710 виробництва США (рис. 3). Її основними завданнями є проведення розмінування, розчищення доріг, пожежогасіння, розвідка, віддалене спостереження за місцевістю, надання допомоги при надзвичайних ситуаціях, переміщення вантажів і проведення зварювальних робіт, а також евакуація поранених.



Рис. 3. Роботизований комплекс Warrior 710

4. Гусеничний робот PackBot-510 виробництва США призначений для знешкодження вибухонебезпечних боєприпасів. PackBot може працювати з усією гамою ВВП та вирішувати проблеми утилізації звичайних боєприпасів. Його легка та надійна система маніпулятора OmniReach може розкладатися до двох метрів у будь-якому напрямку, щоб безпечно проникати у важкодоступні місця, де знаходяться саморобні вибухові пристрої, боєприпаси, міни та інші вибухонебезпечні предмети.

Водночас, одним з актуальних у світі напрямів розроблення РТК, у зв'язку з розвитком різноманітних безпілотних літальних апаратів (БПЛА), стала активізація ідеї щодо застосування БПЛА для ведення розвідки та картографування територій, забруднених ВВП, пошук, ідентифікація мін та ВВП, а також їх дистанційне знищення. БПЛА здатні піднімати апаратуру вагою понад 50 кг, зависати над об'єктами, літати автономно за закладеною у ньому програмі тощо. БПЛА здатні також виконувати завдання з дистанційного знищення мін та ВВП.

Крім того, під час ведення бойових дій і контртерористичних операцій, виникає необхідність провести приховану інженерну розвідку місцевості, маршруту руху на наявність установлених або відсутності мін, вибухових пристроїв, легкий або тактичний БПЛА вертолітного чи літакового типу, оснащений модульною малогабаритною розвідувальною апаратурою з високою розрізною здатністю, багатозональною телевізійною, тепловізійною, нелінійною радіолокацією, у поєднанні з автоматизованою системою топoprив'язки на основі ГЛОНАСС (GPS) і цифровою обробкою інформації, що дасть змогу на відстані до десятків кілометрів виявляти і визначати координати мінних полів і місць установки мін та ВВП.

III. Висновки

Проведений аналіз дає змогу дійти висновку про існування та складність проблеми гуманітарного розмінування, яка потребує креативності та комплексного підходу до її розв'язання.

Комплексний підхід передбачає застосування новітніх робототехнічних засобів, зокрема безпілотних літальних апаратів, наземних робототехнічних комплексів та систем, систем зі штучним інтелектом, які можуть без втручання людини визначати наявність небезпеки шляхом дослідження результатів обстеження території БПЛА та управлінням якістю розмінування.

Перелік посилань

- [1] Nevliudov, I., Yanushkevych, D., Ivanov, L. Analysis of the state of creation of robotic complexes for humanitarian demining. / I. Nevliudov, D. Yanushkevych, L. Ivanov // *Technology Audit and Production Reserves*, 6/2 (62). – 2021. – P. 47-52.
- [2] Янушкевич Д. А., Іванов Л. С. Сучасні тенденції застосування роботизованих систем для гуманітарного розмінування [Електронний ресурс] / Д. А. Янушкевич, Л. С. Іванов // *Збірник матеріалів III форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2021.* – Режим доступу: <https://mts.nure.ua/conferences-ua/forum/aert-2021>.
- [3] Янушкевич Д. Роботизовані засоби спеціального призначення: аналіз міжнародних нормативних документів / Д. Янушкевич, Л. Іванов // *Виробництво & Мехатронні Системи 2021* // *Матеріали V-ої Міжнародної конференції, Харків, 21–22 жовтня 2021 р.* – Харків: ХНУРЕ, [електронний друк]. – 2021. – С. 176–179.
- [4] Янушкевич Д., Шафоростов Д. Робототехнічні системи та їх застосування для пошуку вибухонебезпечних предметів / Д. Янушкевич, Д. Шафоростов // *Виробництво & Мехатронні Системи 2022* // *Матеріали V-ої Міжнародної конференції, Харків, 21–22 жовтня 2022 р.* – Харків: ХНУРЕ, [електронний друк]. – 2022. – С. 92-94.
- [5] Підвищення ефективності робіт з гуманітарного розмінування шляхом застосування сучасних робототехнічних систем / Толкунов І. О., Янушкевич Д. А., Губар С. В., Гайовий О. О. // *Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення готовності оперативно-рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням. Матеріали круглого столу.* – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 28 жовтня 2022. – С. 130-132.
- [6] Кириленко В. А., Нероба В. Р. // *Глобальна проблема розмінування: стан та підходи до розв'язання* *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського № 2(66).* – 2019. – С. 115-119.

Наукове видання

**Ігор НЕВЛЮДОВ,
Владислав ЄВСЄЄВ,**

**VII Міжнародна Конференція
«Виробництво & Мехатронні Системи»**

(укр., англ. мовою)

Відповідальний редактор – Невлюдов І.Ш.

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР)
61166, Харків, проспект Науки, 14
корпус "А"
ауд. 162-1
тел .: +38 (057) 702-14-86
e-mail:m_ms@nure.ua

Підписано до друку 16.10.2023
Формат А4 (210x297мм). Папір 80г/м².
[електронний друк]