МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій

(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий(магістерський)

Моделювання системи дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів

(тема)

Виконав:
студент 2 курсу, групи АУТПм-22-2
Лузан М.С.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 Автоматизація та комп`ютерно-інтегровані технології

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми Освітньо-професійна

Освітня програма Автоматизоване управління технологічними процесами

(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Янушкевич Д.А.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
Зав. кафедри _____ Невлюдов І. Ш.

(підпис) (прізвище, ініціали)

2024

Я, як студент ХНУРЕ Лузан М.С., розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дата	Лузан М.С.
_____	_____

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

Рівень вищої освіти другий(магістерський)

Спеціальність 151 Автоматизація та комп`ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Автоматизоване управління технологічними процесами
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)
«24» січня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Лузану Максиму Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Моделювання системи дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів
Затверджена наказом університету від 03.11.2023 р. № 1286 Ст.
2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 24.01.2024 р.
3. Вихідні дані до роботи
3.1 Дані про сучасний процес гуманітарного розмінування
3.2 Дані про сучасні вибухонебеспечні предмети
3.3 Програма для побудови алгоритмів DRAW.io
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі
4.1 Вступ
4.2 Аналіз методів знешкодження вибухонебезпечних предметів
4.3 Розроблення методів дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів
4.4 Моделювання процесу знешкодження вибухонебезпечних предметів із застосуванням робототехнічних комплексів
4.5 Охорона праці
4.6 Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (*.pptx) – 12 с.
6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання до кваліфікаційної роботи	03.10.23	виконано
2	Вступ	03.11.23	виконано
3	Аналіз методів знешкодження вибухонебезпечних предметів	17.11.23	виконано
4	Розроблення методів дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів	15.12.23	виконано
5	Моделювання процесу знешкодження вибухонебезпечних предметів із застосуванням робототехнічних комплексів	30.12.23	виконано
6	Охорона праці	01.01.24	виконано
7	Висновки	02.01.24	виконано
8	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом Unocheck	14.01.24	виконано
9	Оформлення пояснювальної записки	15.01.24	виконано
10	Подання роботи на рецензію	18.01.24	виконано
11	Подання роботи на підпис зав. Кафедри	23.01.24	виконано
12	Подання кваліфікаційної роботи в ЕК	24.01.24	виконано

Дата видачі завдання 03.10.2023

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Янушкевич Д. А.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 70 с., 11 табл., 30 рис., 2 дод., 24 джерела.

ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНІ ПРЕДМЕТИ, РОБОТОТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС, ГУМАНІТАРНЕ РОЗМІНУВАННЯ

Мета роботи полягає підвищення ефективності здійснення гуманітарного розмінування за рахунок застосування робототехнічних комплексів (РТК) та оптимальних методів дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів (ВНП).

Об’єктом дослідження є система гуманітарне розмінування з використанням РТК.

Предметом дослідження є моделювання процесу дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів.

У роботі було проведено аналіз методів знешкодження вибухонебезпечних предметів. Крім того проводилося розроблення методів дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів. Також було змодельовано процес знешкодження вибухонебезпечних предметів із застосуванням робототехнічних комплексів.

ABSTRACT

Explanatory note: 70 pp., 11 tables, 30 figures, 2 appendix, 24 sources.

EXPLOSIVE OBJECTS, ROBOTIC COMPLEX, HUMANITARIAN DEMINING.

The purpose of the work is to increase the effectiveness of humanitarian demining through the use of robotic complexes (RTK) and optimal methods of remote disposal of explosive objects (ERD).

The object of the study is the system of humanitarian demining using RTK.

The subject of the study is the modeling of the process of remote disposal of explosive objects.

The work analyzed the methods of disposal of explosive objects. In addition, methods of remote disposal of explosive objects were developed. The process of decontamination of explosive objects using robotic complexes was also simulated.

ЗМІСТ

Перелік скорочень 9
Вступ 10
1 Аналіз методів знешкодження вибухонебезпечних предметів 12
1.1 Система гуманітарного розмінування та її складові 12
1.2 Види вибухонебезпечних предметів та їх класифікаційні ознаки 15
1.3 Методи та засоби для знешкодження вибухонебезпечних предметів 19
1.4 Застосування РТК, для знешкодження ВНП 28
1.5 Висновки до 1 розділу 32
2 Розроблення метода дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів 33
2.1 Методи прийняття рішень для знешкодження вибухонебезпечних предметів 33
2.2 Конструкція РТК, для знешкодження ВНП 37
2.3 Маніпулятори, які застосовуються робототехнічними комплексами для знешкодження вибухонебезпечних предметів 40
2.4 Висновки до 2 розділу 47
3 Моделювання процесу знешкодження вибухонебезпечних предметів із застосуванням робототехнічних комплексів 49
3.1 Розроблення комплексної моделі процесу дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів 49
3.2 Моделювання системи прийняття рішень для дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів 53
3.3 Алгоритм прийняття рішень для дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів 54
3.4 Висновки до 3 розділу 58
4 Безпека праці 60
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів 60
4.1.1 Організація робочого місця 60

4.1.2 Вплив шуму на роботу програміста 61
4.1.3 Електробезпека 62
4.2 Правила безпеки під час проведення гуманітарного розмінування 63
4.3 Висновки до 4 розділу 65
Висновки 67
Перелік джерел посилань 68
Додаток А 71
Додаток Б 91

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АКБ – акумуляторна батарея;

ВНП – вибухонебезпечні предмети;

ДСНС – Державна служба з надзвичайних ситуацій;

КР – комплекс розмінування;

МРС – магніторушійна сила;

НУО – неурядові організації;

ПК – пульт керування;

РТК – робототехнічний комплекс;

ЦЗ – цивільний захист;

GPS – Global Positioning System.

ВСТУП

Сучасний світ стикається з постійними викликами безпеки в зв'язку із зростанням кількості вибухонебезпечних об'єктів та вибухових пристроїв. Проблема дистанційного знешкодження цих об'єктів є важливою складовою системи безпеки. Відповідь на ці виклики полягає у розробці та оптимізації робототехнічних систем, які можуть ефективно та безпечно взаємодіяти з вибухонебезпечними предметами. Тому актуальна науковотехнічна проблема моделювання процесу гуманітарного розмінування за допомогою роботехнічних комплексів. Робота на відстані від небезпечних об’єктів, таких як міни, вибухівка, токсичні та радіоактивні об’єкти, є основним призначенням систем.

Мета роботи полягає підвищення ефективності здійснення гуманітарного розмінування за рахунок застосування робототехнічних комплексів (РТК) та оптимальних методів дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів (ВНП).

Об’єктом дослідження є система гуманітарне розмінування з використанням РТК.

Предметом дослідження є моделювання процесу дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів.

Україна займає одне з найвищих місць у світі за кількістю випадків протитранспортних мін і втрат від наземних мін і боєприпасів, що не розірвалися. Червоний Хрест заявив, що один із запропонованих Росією маршрутів евакуації був замінений під час російського вторгнення в Україну в 2022 році. У червні 2022 року «Росія є єдиною стороною конфлікту, яка, як відомо, застосувала заборонені протипіхотні міни, тоді як і Росія, і Україна застосували протитранспортні міни», повідомляє Human Rights Watch.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– провести сучасний аналіз методів знешкодження вибухонебезпечних предметів;

– розробити метод дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів;

– розробити комплексну модель процесу дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів;

– змоделювати системи прийняття рішень для дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів;

– розробити алгоритм прийняття рішень для дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів.

Пояснювальну записку виконано згідно з ДСТУ 3008:2015 [1], та методичних вказівок [2].

Результати роботи пройшли апробацію на збірник матеріалів V форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2023 [3], а також на збірник студентських наукових статей «Виробництво & Мехатронні Системи» Матеріали VII-ої Міжнародної конференції [4].

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

1.1 Система гуманітарного розмінування та її складові

У наш час пошук і знищення ВНП вважається важливою проблемою так, як в Україні на даний час ведуться бойові дії. Трагедія сучасних конфліктів не обмежується тим фактом, що технологічний прогрес дозволив людям мати зброю, здатну за короткий проміжок часу вбити велику кількість людей. Не менш сумним наслідком є те, що бійки сучасних армій залишають після себе величезні території забруднені бомбами та снарядами, що не вибухнули одразу, а також мінами, які були покинуті чи забиті. На жаль, ці зброї для вбивства залишаються ефективними десятиліттями після закінчення війни.

Згідно з офіційними даними, через війну було забруднено приблизно 174 тисячі квадратних кілометрів території, з них 13,5 тисячі кв. км – акваторія водних об'єктів. Станом на грудень 2023 піротехнікам вдалося обстежити 93 тисячі га забрудненої території – на цій площі виявили 427 тисяч ВНП, зокрема протипіхотні міни, касетні боєприпаси, дистанційно встановлені міни [5]. На розмінування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами піде 25-30 років. До цих територій відносяться території Київської, Сумської, Харківської, Донецької, Луганської, Запорізької, Херсонської Миколаївської областей. Мапа територій України, які потенційно можуть бути забруднені вибухонебезпечними предметами наведена на рис. 1.1.

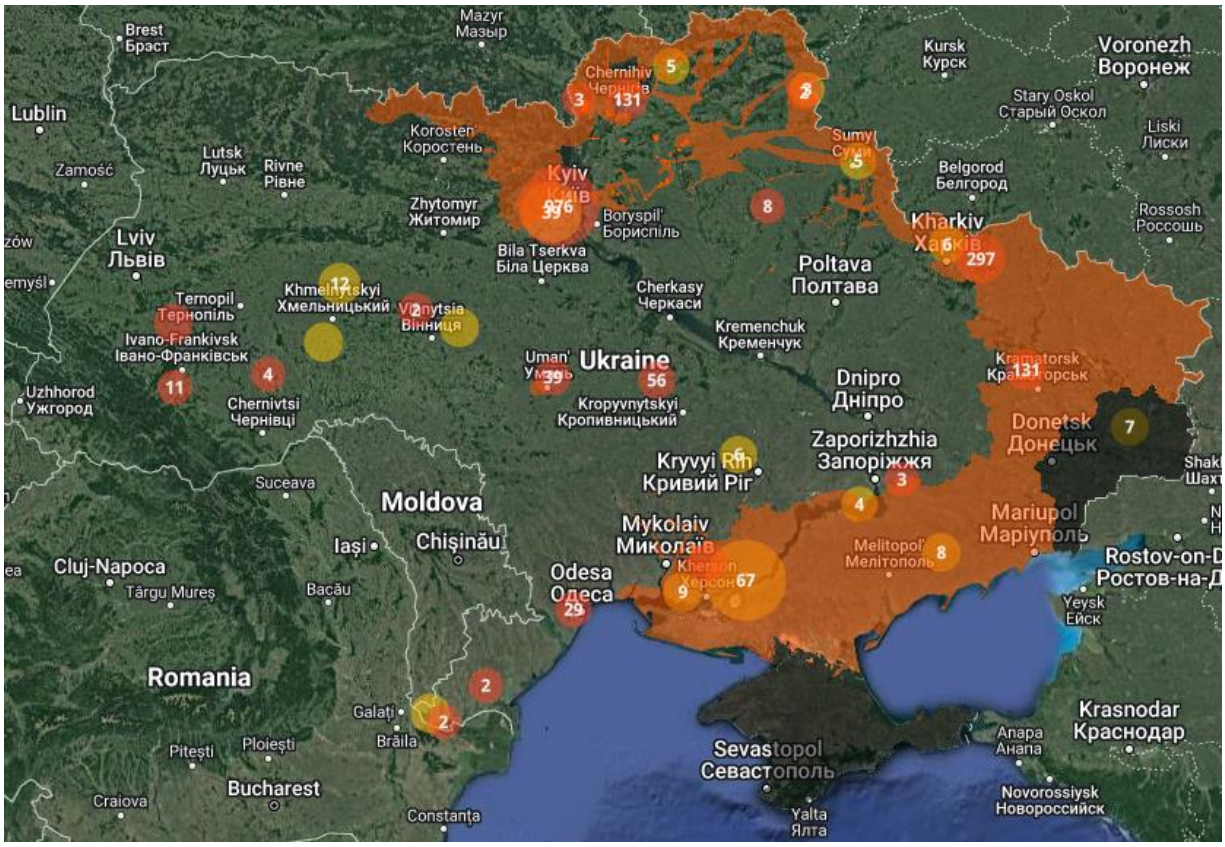

Рисунок 1.1 – Мапа забруднення території України вибухонебезпечними предметами станом на 15.12.23 [6]

Гуманітарне розмінування – комплекс заходів, які проводяться операторами протимінної діяльності з метою ліквідації небезпек, пов'язаних із вибухонебезпечними предметами, включаючи нетехнічне та технічне обстеження територій, складення карт, виявлення, знешкодження та (або) знищення вибухонебезпечних предметів, маркування, підготовку документації після розмінування, надання громадам інформації щодо протимінної діяльності та передачу очищеної території [7].

Розмінування може виконуватися різними організаціями на зразок неурядована організація, комерційними компаніями, національними органами з протимінної діяльності або військовими підрозділами. Розмінування може здійснюватися як при негайному реагуванні в аварійному порядку, так і під час звичайного перебігу подій [8].

Усього з початку широкомасштабного збройного вторгнення Російської Федерації на території України знешкоджено більше 450 тисяч одиниць вибухонебезпечних предметів та близько 3 тисяч грамів вибухової речовини, у тому числі 3130 авіаційних бомб. Обстежено територію площею понад 110 тисяч гектарів . За інформацією ДСНС, найчастіше піротехнічні підрозділи працювали: в Харківській області 25392 випадків, на Херсонщині 9406, Київщині 9400, Донеччині 9391, Миколаївщині 6598, Чернігівщині 5145, Сумщині 2774, Черкащині 1379 [9].

Складові системи гуманітарного розмінування взаємодіють для створення комплексної стратегії, спрямованої на безпечне видалення вибухонебезпечних об'єктів та відновлення безпеки життєдіяльності людини на території України. Для більш обширного огляду процесу гуманітарного розмінування було наведено ілюстрацію процесів на рис. 1.2.

Гуманітарне розмінування є важливою складовою гуманітарної допомоги в умовах конфліктів та криз. Міжнародні організації, такі як Міжнародний Комітет Червоного Хреста, Організація Об'єднаних Націй та неприбуткові групи, активно займаються гуманітарним розмінуванням для забезпечення безпеки та допомоги людям, які постраждали від мін і вибухівок.

На сьогодні у світі головною проблемою ефективності гуманітарного розмінування являється саме безпека здоров’я людини при виконанні знешкодження ВНП. Тому для підвищення безпеки при розмінуванні більш гуманним буде застосовувати робототехнічні комплекси (РТК). В Збройних Силах України використовуються дані РТК для пошуку та ідентифікації ВНП.

Рисунок 1.2 – Процес гуманітарного розмінування

1.2 Види вибухонебезпечних предметів та їх класифікаційні ознаки

Вибухонебезпечні предмети – вибухові матеріали промислового призначення та саморобного виготовлення, 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 військового та спеціального призначення; касетні бомби і касети; електричні вибухові пристрої; саморобні вибухові пристрої та інші предмети, що є вибухонебезпечними за своєю природою [7].

Вибухонебезпечні предмети включають такі речовини, як боєприпаси, що містять вибухові речовини, біологічні та хімічні речовини: бомби та боєголовки; керовані та балістичні ракети; артилерійські, мінометні, ракетні та стрілецькі боєприпаси; усі міни, торпеди та глибинні бомби; піротехнічні матеріали; електричні вибухові пристрої; саморобні вибухові пристрої; і багато іншого. Класифікація ВНП наведено на рис. 1.3.

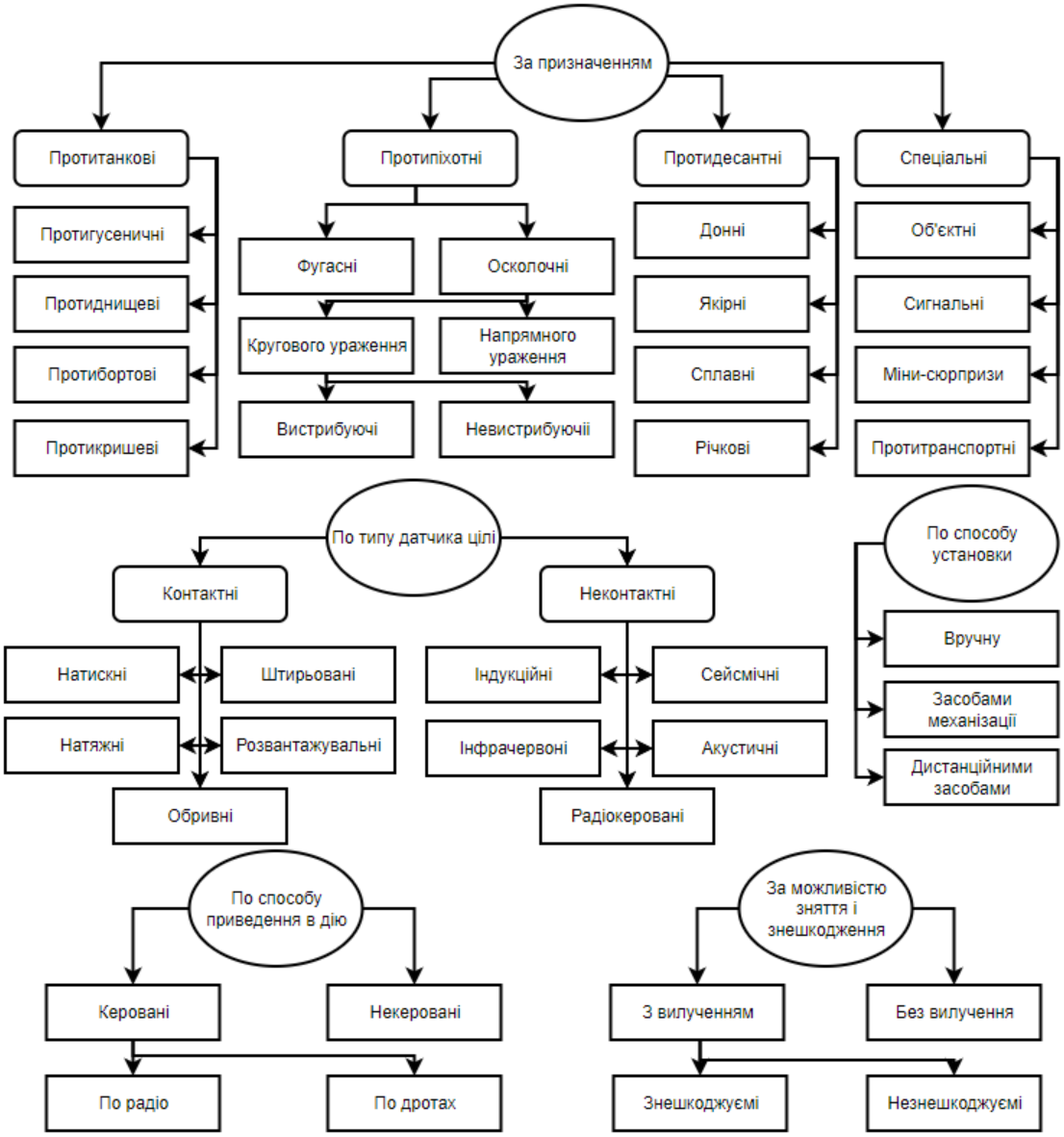

Рисунок 1.3 – Класифікація ВНП

На території України можуть знаходитися різні ВНП, які включають в себе міни, боєприпаси, вибухові пристрої, вибухові речовини та необладнані снаряди. Найбільш небезпечними ВНП являються: ТМ-62М, ТМ-62ПЗ та ПОМЗ.

ТМ-62М – це протитранспортна фугасна міна в металевому корпусі, яка була розроблена на основі попередньої моделі ТМ-57. У міні передбачено одне велике металеве центральне гніздо для підривника, застосовується проміжний детонатор у металевому корпусі, який розташовується на дні гнізда для підривника. Міна переводиться в бойове положення шляхом видалення запобіжної чеки з кнопки зведення[10].

Загальні характеристики міни ТМ-62М наведено у табл. 1.1, а вид зображено на рис.1.3.

Рисунок 1.3 – Протитранспортна міна ТМ-62М [10]

Таблиця 1.1 – Характеристики міни ТМ-62М [10]

Субкатегорія озброєння	Протитранспортна міна
Спорядження бойової частини (г)	7 500-8 500 г, тротил або морська суміш
Повна маса (г)	9 500 г
Розміри (мм)	320 × 128
Країна походження	Росія
Підривник	МВЧ-62/МВП-62/МВП-62М/МВН-72/МВН-80/МВД-62

ТМ-62ПЗ – це велика протитранспортна фугасна міна у поліетиленовому корпусі, яка була розроблена на основі попередньої моделі ТМ-62М. Міна має одне велике центральне гніздо для підривника й проміжний детонатор, установлений в основу міни. Проміжний детонатор містить 180 г пресованого тротилу. Міна ТМ-62ПЗ має характерний брезентовий ремінь, який обертається навколо корпусу міни [10].

Загальні характеристики міни ТМ-62ПЗ наведено у табл. 1.2, а вид зображено на рис.1.4.

Рисунок 1.4 – Протитранспортна міна ТМ-62ПЗ [10]

Таблиця 1.2 – Характеристики міни ТМ-62ПЗ [10]

Субкатегорія озброєння	Протитранспортна міна
Спорядження бойової частини (г)	6 500-7500 г, тротил, морська суміш
Повна маса (г)	8 000 г
Розміри (мм)	310 × 85
Країна походження	Росія/Болгарія
Підривник	МВЧ-62 МВП-62 (мінімальний уміст металу)

ПОМ-3 є новим типом протипіхотної міни, призначеної для дистанційного мінування, яка до цього часу доставлялася до цілі інженерною системою дистанційного мінування «Землеробство». Уважається, що ця міна також може бути доставлена за допомогою гелікоптерів або касетних систем КПОМ, розміщених на вантажних автомобілях. Зовні міна схожа на ПОМ-2С тим, що основний корпус – циліндричний і має шість підпружинених опор. Є ознаки того, що ПОМ-3 містить певний тип сейсмічного датчика, який установлюється в землю під міною, що знаходиться у вертикальному положенні. На відміну від ПОМ-2С, ПОМ-3 не оснащена розтяжками. Повідомляється, що міна містить сейсмічний датчик на основі електронного мікропроцесора, який здатен розрізняти амплітуду кроків звичайної людини й запобігати іншим хибним спрацюванням, наприклад, у випадку дикої тварини або транспортних засобів [10].

Загальні характеристики міни ПОМ-3 наведено у табл. 1.3, а вид зображено на рис.1.5.

Рисунок 1.5 – Протипіхотна міна ПОМ-3 [10]

Таблиця 1.3 – Характеристики міни ПОМ-3 [10]

Субкатегорія озброєння	Протипіхотна осколкова міна (дистанційного мінування)
Спорядження бойової частини (г)	100 г, вибухова речовина А-IX-1
Повна маса (г)	1 200 г
Розміри (мм)	183 × 60
Країна походження	Росія
Підривник	Електричний підривник із сейсмічними датчиками й мікропроцесорним управлінням

У разі спрацювання, міна діє так само як і осколкова міна, що вистрибує, бо бойова частина перед детонацією підіймається на висоту 1-1,5 м над землею. Уважається, що ПОМ-3 здатна до програмованого самознищення, але доступні періоди затримки невідомі. Невідомо, чи містить ця міна будь-який елемент невилучення, а також чи залежить підривник від терміну служби батареї або конденсатора [10].

1.3 Методи та засоби для знешкодження вибухонебезпечних предметів

Знешкодження ВНП – спеціальні дії щодо блокування або нейтралізації виконавчих механізмів підривників вибухонебезпечного предмета (вилучення

підривників з вибухонебезпечного предмета, вилучення вибухонебезпечного предмета з місця встановлення), спрямовані на приведення вибухонебезпечного предмета у безпечний стан, що виключає можливість його ненавмисного вибуху [7].

З метою визначення ступеня небезпеки ВНП начальником піротехнічного підрозділу особисто визначається його категорія та приймається рішення щодо порядку робіт із знешкодження та знищення ВНП.

До першої категорії належать ВНП, які не вибухнули і не можуть самовільно спрацювати та допускають можливість їх транспортування згідно з діючими правилами перевезення небезпечних вантажів.

До другої категорії належать ВНП, які не вибухнули та споряджені підривниками і мають пошкодження внаслідок механічного чи термічного впливу, були приведені в дію але з тих чи інших причин не спрацювали, а також боєприпаси з підривниками невідомої конструкції (без маркування). Боєприпаси другої категорії транспортувати забороняється.

Усі виявлені ВНП до визначення ступеня небезпеки належать до другої категорії.

Усі ВНП незалежно від категорії знищуються шляхом контрольованого підриву або спалювання.

Для здійснення знешкодження ВНП використовуються різні методи та техніки. Метод знешкодження ВНП наступний:

– вилучення з них підривників (відсікання підривника за допомогою специфічних зарядів, які своїми характеристиками виключають можливість спрацювання заряду ВНП);

– дій на підривники, в результаті яких виключається можливість спрацювання займистих механізмів від струсу, тобто шляхом знешкодження підривників;

– вилучення з ВНП або їх елементів спорядження згідно із затвердженими технологічними методами[11].

Для знешкодження ВНП використовуються необхідні засоби, а саме:

– дистанційний діставач;
– дистанційне охолодження підривників;
– захватно-направляюче устаткування;
– паровий нагрівач;
– цементатор;
– комплекти засобів розвідки та розмінування;
– запали.

Дистанційний діставач підривників ДІВ-М1 призначений для вигвинчування підривників з боєприпасів (авіабомб, снарядів і т.п.), що не вибухнули, при їх знешкодженні, наведено на рис.1.6 [11].

Дистанційний діставач підривників є пристроєм, яким підривник боєприпасу, що не вибухнув, захоплюється і вигвинчується з очка корпусу боєприпасу. Витягання підривника здійснюється за допомогою сталевого каната на безпечній відстані з укриття [11].

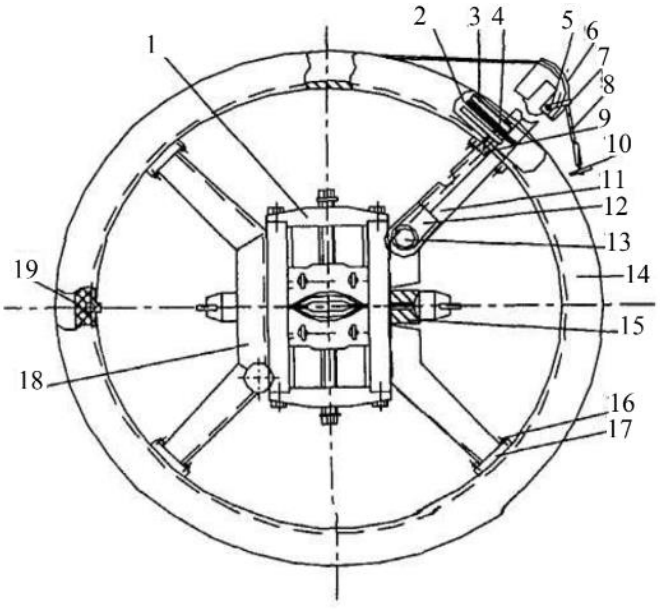

Рисунок 1.6 – Діставач в зборі [11]

Дистанційний діставач складається з 19 елементів, а саме: 1 – затискний пристрій; 2 – кронштейн; 3 – вісь; 4 – пружина; 5 – гвинт; 6 – сектор; 7 – пружина; 8 - сталевий канат; 9 – упор; 10 – петля; 11 – подовжений важіль; 12 – вилка; 13 – упор; 14 – обід; 15 – втулка; 16 – гвинт; 17 – лапка; 18 – кронштейн; 19 – штифт.

Характеристики ДІВ-М1 наведено у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики ДІВ-М1 [11]

Маса комплекту, кг	32
Діаметр обода, мм:	
зовнішній	470
внутрішній	410
Допустимий діаметр підривника для захоплення затискним пристроєм, мм:	
мінімальний	25
максимальний	80
Мінімальна довжина виступаючої циліндрової частини підривника, необхідна для надійного захоплення діставачем, мм;	7
Мінімальна довжина виступаючої конічної частини підривника, необхідна для надійного захоплення діставачем, мм:	
при куті конуса оголовку 10	15
при куті конуса оголовку 20-25	18
при куті конуса оголовку 30	20
Максимально допустимий кут між площиною обода і напрямом троса, град	20
Довжина подовжувального важеля, мм	660
Максимальна відстань, з якої може вигвинчуватися підривник, м	200

Комплект ДОВ-1 призначений для знешкодження боєприпасів, що мають підривники сповільненої дії з хімічними, електрохімічними сповільнювачами і джерелами струму. Знешкодження проводиться методом глибокого охолоджування. Комплект забезпечує дистанційну видачу і автоматичне регулювання витрати рідкого хладоагента (повітря, азоту, кисню) при охолоджуванні підривників [11].

Комплект ДОВ-1 складається з приладу рідкого кисню КПЖ-30П, пристрою охолоджування та пульту управління.

Прилад рідкого кисню КПЖ-30П призначений для зберігання, транспортування і видачі рідкого хладоагента. Прилад складається з судини для зберігання рідкого хладоагента і арматури, необхідної для зарядки приладу, підйому тиску і видачі рідині [11].

Пристрій для охолоджування служить для створення ємності навколо підривника боєприпасу, заповнюваного рідким хладоагентом. Пристрій для охолоджування складається з охолодженого конуса 2, який кріпиться на боєприпасі за допомогою стягування 3 і притиску 1, наведно на рис.1.7. На бічній поверхні охолоджувального конуса розташовані ніпель для заливки рідини і отвір з кришкою для датчика рівня рідини. У комплекті пристрою для охолоджування є три охолоджувальні конуси з вхідними отворами діаметром 160, 180 і 200 мм [11].

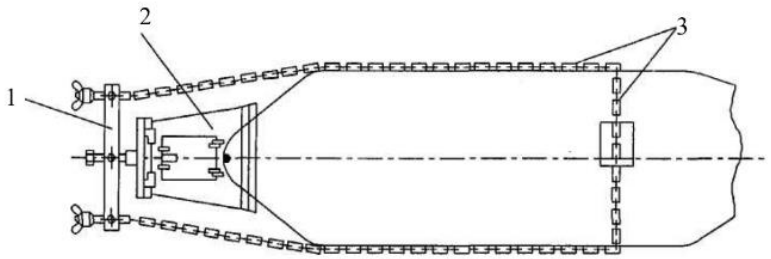

Рисунок 1.7 – Пристрій для охолоджування [11]

Пульт управління служить для дистанційного керування і контролю за процесом видачі рідкого хладоагента з приладу КПЖ-30П.

Принцип дії апаратури дистанційного охолоджування підривників ДОВ-1 полягає в наступному: на знешкоджуваному боєприпасі навколо підривника за допомогою пристрою для охолоджування створюється ємність, в яку з приладів КПЖ-30П, керованих дистанційно, по шлангах подається рідкий хладоагент. Підтримка певного рівня рідини в ємності здійснюється автоматично за допомогою електропневмоклапану, сигнал на який поступає від датчика рівня, встановленого безпосередньо біля підривника [11].

Технічні характеристики комплекту ДОВ-1 наведено у табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики комплекту ДОВ-1 [11]

Маса комплекту, кг	560
Маса хладоагента в двох приладах рідкого кисню КПЖ-30П, кг	44
Допустиме випаровування рідкого хладоагента з приладу без тиску при температурі навколишнього повітря +15 ÷ +50 С,гр/год	до 250
Втрати рідкого хладоагента на випаровування при заправці КПЖ-30П з судини Дьюара, %	до 20-30
Час автоматично регульованої видачі рідині з двох приладів, год	1-1.5
Температура охолоджування підривника в боєприпасі, °С	не вище 150
Дальність видачі рідкого хладоагента з КПЖ-30П по шлангах, м	до 12
Дальність управління видачею, м	до 200

Захватно-направляюче устаткування ЗНО призначене для витягання боєприпасів з вертикальних і горизонтальних вироблень, а також для виїмки ґрунту при їх відкопуванні і витяганні. Захватно-направляюче устаткування включає пристрій для витягання боєприпасу, що не вибухнув, і пристрій для виїмки ґрунту [11].

Пристрій для витягання боєприпасу, що не вибухнув, складається з грузозахвату 3, опорно-направляючого блоку 1 і тягового пристрою 2, наведено на рис. 1.8.

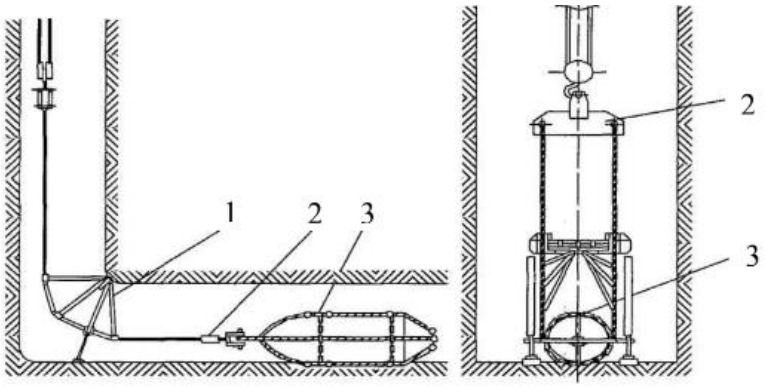

Рисунок 1.8 – Пристрій для витягання боєприпасів, що не вибухнули

Пристрій для виїмки ґрунту складається з ковша 2 і опорно-направляючого блоку 1 для виїмки ґрунту, який відрізняється від викладеного раніше тим, що замість направляючих секторів до опорної плити вмонтовується направляючий барабан, наведено на рис.1.9.

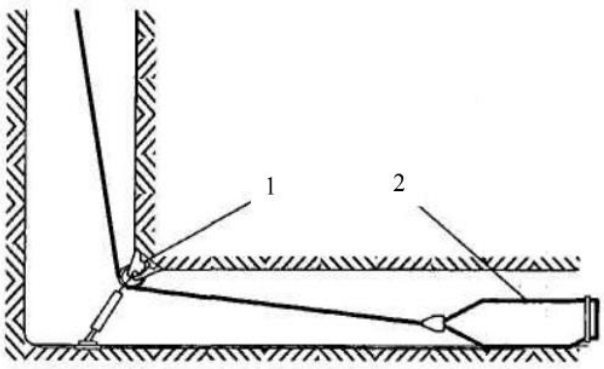

Рисунок 1.9 – 5.26. Пристрій для виїмки ґрунту

Технічні характеристики захватно-направляюче устаткування ЗНО наведено у табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики захватно-направляюче устаткування ЗНО [11]

Маса витягуваного боєприпасу, кг	5000
Загальна маса устаткування, кг	380
Маса, кг	
окремих елементів устаткування	35-40
ковша для виїмки ґрунту	88
Місткість ковша, $м^3$	0.7
Час витягання боєприпасу, хв	5

Паровий нагрівач ПН-1 призначений для знешкодження боєприпасів, що мають електричні конденсаторні підривники. Знешкодження боєприпасів проводиться шляхом зняття електричного заряду із запальних ланцюгів підривників методом нагрівання [11].

Принцип дії парового нагрівача полягає у утворенню парів паровому котлі, який по паровідвідному шлангу поступає до підривника боєприпаса. Підривник нагрівається до +100°С, при цьому відбувається швидкий саморозряд запальних конденсаторів, що знаходяться в підривнику, за рахунок різкого зменшення опору ізоляції діелектрика конденсатора і збільшення струмів витоку.

Технічні характеристики парового нагрівача ПН-1 наведено у табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Технічні характеристики ПН-1

Загальна маса комплекту (у упаковці), кг	100
Температура нагріву підривників парою, °С	+100
Відстань дистанційного керування комплектом, м	200

Метод цементації застосовується головним чином при знешкодженні головних і донних механічних підривників. Знешкодження підривників по методу цементації полягає у введенні всередину підривника швидко твердіючого рідкого робочого складу, який цементує всі деталі механізму (ударники, запобіжники і т.п.), внаслідок чого виключається можливість їх переміщення і спрацьовування підривника. Крім того, шляхом цементації можуть бути закріплені рухомі частини підривника, виступаючі назовні [11].

У комплект приладу входять: насос, бачок, герметизуючий ковпак, судина місткістю 2 л для приготування робочого складу, мірний кухоль місткістю 1 л, запасна гумова товстостінна трубка внутрішнім діаметром 10 мм, завдовжки 3 м і натяжне пристосування, наведено на рис.1.10.

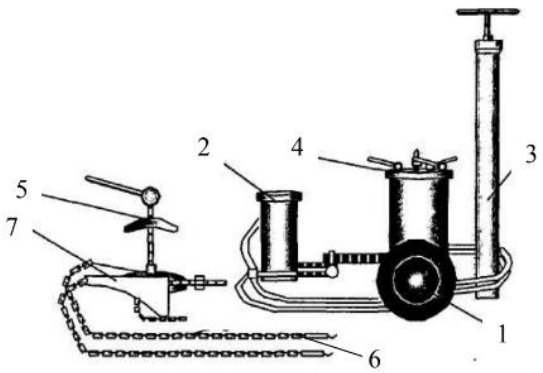

Рисунок 1.10 – Цементатор

Комплекти засобів розвідки і розмінування КР-і (інженерний), КР-о (загальновійськовий) і КР-є (єдиний) призначені для виявлення, позначення і зняття з місця установки протипіхотних, протитанкових, спеціальних мін і мін-пасток [11].

Склад комплектів засобів розвідки і розмінування КР-і, КР-о і КР-є наведені у табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Склад комплектів КР-і, КР-о і КР-є

№	Найменування	КР-і	КР-о	КР-є
1	Збірні дерев'яні щупи (по три ланки)	6	3	6
2	Прапорці	60	30	60
3	Кішки з шнуром або мотузком завдовжки 30м	3	3	3
4	Чохли для прапорців	6	3	6
5	стрічкою завдовжки 100 м	2	-	2
6	Чохли для котушок	2	-	2
7	Ножиці для різання колючого дроту	1	1	1
8	Ящик пакувальний	1	1	1

Запал SF-1 – це виріб для пропалювання металу, який зовні дуже схожий на великий простий олівець. Використання запалу для знешкодження ВНП, являє собою універсальний спосіб. Даний метод передбачає можливісять знешкодження ВНП у великому обсязі, головним критерієм якого являється металева частина ВНП. Фахівці «Укроборонпрому» розробили запал SF-1 або ще як його називають «Олівець», бо він схожий за формую на олівець , для розмінування [12].

Принцип дії запалу SF-1 дуже простий, коли він взаємодіє з металевою оболонкою вибухонебезпечного предмета, то він випалює повністю вибухову речовину всередині [12].

1.4 Застосування РТК, для знешкодження ВНП

Робототехнічний комплекс (РТК) – це система, яка включає в себе різноманітні технічні засоби та програмне забезпечення для розробки, виробництва та управління роботами.

РТК часто використовують різноманітні сенсори, актуатори, комп'ютери та алгоритми для взаємодії з оточуючим середовищем, виконання різноманітних завдань та прийняття рішень. Одним із ключових аспектів є можливість програмного керування та автономності, що дозволяє роботам пристосовуватися до змінних умов і виконувати завдання без прямого втручання людей.

РТК розмінування – наземні мобільні дистанційно керовані засоби призначені для: а)знаходження і точного фіксування розміщення мін за допомогою різнорідної апаратури: телевізійної, тепловізійної, індукційної, радіолокаційної, оптико-електронної; або б) для дистанційного знищення мін і мінних полів за допомогою мінних перебивачів, мінних тралів та інших засобів [13].

РТК для системи гуманітарного розмінування мають спеціалізовану конструкцію. А саме:

– механічну частину, ходову частину для переміщення по нерівному терену та маніпулятор для розмінування і збору інформації;

– електричну та електронну частини: систему керування для програмного та автономного керування, сенсори, такі як лазерні датчики, камери та теплові камери, для виявлення мін і небезпек, актуатори для управління механічним робочим органом;

– програмне забезпечення: алгоритми розпізнавання для виявлення та локалізації вибухонебезпечних об'єктів, алгоритми навігації для безпечної рухомості по небезпечному терену;

– засоби комунікації, системи зв'язку для передачі даних про знайдені об'єкти та стан РТК;

– живлення, довготривала батарея або інші джерела енергії для тривалої роботи;

– захисні елементи, спеціалізовані матеріали та конструкції для захисту робота від можливих вибухів;

– управління на відстані, можливість дистанційного управління для оператора для забезпечення безпеки та контролю над РТК.

Основні типові ознаки РТК наведено у табл. 1.9.

Таблиця 1.9 – Класифікація РТК

Класифікаційна ознака	Типи РТК	
Функціональне призначення	Бойова група	загальновійськові, роботизовано огневі точки, роботи авангарду, розвідки і спостереження, вогнеметними (гранатометники), снайпери, роботи-кесентай (роботи-міни)
	Група спеціальних машин	розмінування, санітарні, охорони і патрулювання, зв’язку і радіотрансляції, коректувальники, інженерні, евакуатори
Функціональне призначення	Транспортна група	транспортування вантажів і боєприпасів
	Навчальна група	навчальні тренажери, манекени-мішені
Ступінь автономності	Екіпажні, з можливістю дистанційного керування	
	Безекіпажні, дистанційно керовані	
	Напівавтономні (автономні, з можливістю керування)	
	Автономні (автоматичні)	
Базове шасі	Колісні	
	Гусеничні	
	Комбіновані	
	Спеціальні (крокуючі, повзучі, стрибаючі)	
Час безперервної	Короткочасної дії (до 1 год.)	
	Середньотривалої дії (1-4 год.)	
	Довготривалої дії (більше 4 год.)	

Продовження таблиці 1.9

Класифікаційна ознака	Типи РТК
Принцип побудови	Каркасні
	Модульні
	Комбінація декількох машин (роботів) - секційні
Принцип організації штучного інтелекту	Програмовані
	Адаптивні
	Інтелектуальні
	Нейроно- та семантично-мережеві
Радіус дії	До 500 м
	До 1 км
	Понад 1 км
Спосіб керування	Проводові

РТК почали використовуватися для знешкодження ВНП в середині 1900-х років, коли телегідравлічні роботи стали популярні для знешкодження вибухових пристроїв під час Другої Світової війни з 1939 по 1945 роки. З розвитком мікроелектроніки та безпроводового зв’язку РТК стали більш ефективними та безпечними такі. Гарним прикладом являє собою РТК Talon.

Talon є наймасивнішим американським РТК у сфері розмінування, зображення наведено на рис. 1.14.

Talon є еталоном для створення РТК у цьому напрямку, на його основі роблять РТК для військового та гуманітарного зазначення. Він має наступні технічні характеристики. Висота з маніпулятором у складеному стані 427 мм. Ширина – 572 мм, довжина – 864 мм. Загальна довжина - 1300 мм, кліренс – 70 мм. Вага комплексу – 52 кг. Максимальна швидкість руху – 8,3 км/год. Комплекс можу рухатись по схилу до 45°. Товщина снігового покриву, по якому може рухатись комплекс – до 38 см. Вантажопідйомність комплексу складає 10…40 кГс в залежності від виду виконання [14].

Рисунок 1.14 – РТК Talon [15]

За інформацією компанії Foster-Miller, її роботи Talon мають такі основні відмінності від інших роботів:

– носій: із загальною вагою менше 45 кг TALON легко транспортується і миттєво готовий до роботи;

– міцний: роботи TALON можуть витримувати удар і залишатися в бою;

– швидкий: TALON - найшвидший робот, що серійно випускається, на ринку сьогодні з сімома налаштуваннями швидкості;

– висока вантажопідйомність: система багатофункціональна, має найвищий коефіцієнт вантажопідйомності та відношення корисного навантаження до маси, що забезпечує можливість встановлення великої кількості систем та пакетів датчиків;

– мобільність: підіймається сходами, долає кам'яні завали, дротяні загородження, сніг та пісок;

– інтуїтивно зрозумілий інтерфейс: найпростіший робот для роботи, керування джойстиком;

– витримує багаторазове знезараження: перевірявся знезараженням двічі на день без перебоїв у роботі;

– тривалий термін служби батареї: роботи TALON мають батареї з найдовшим життям батарей серед усіх переносних роботі [14].

Насамперед хоча робот і передбачає мультизадачність у своєму напрямку, але він не надає можливості використанню запалів для знешкодження ВНП. Тому в зв’язку з цим ця проблема є актуальною.

1.5 Висновки до 1 розділу

Дослідження методів знешкодження ВНП є вельми актуальним та важливим завданням, оскільки безпека громадян та інфраструктури вимагає найвищого рівня захисту від потенційних небезпек. Аналізуючи різні методи та технології, ми прийшли до кількох важливих висновків.

Спроби впровадження РТК для знешкодження ВНП виявилися дуже успішними. Ці системи виявилися дієвими та надійними інструментами у виконанні завдань розмінування, забезпечуючи операторам безпечну роботу на відстані від потенційно небезпечних об'єктів. Вони здатні до високоточних маніпуляцій і покращують швидкість та якість процесу знешкодження вибухових пристроїв та мін.

Безпека операторів та оточення завжди є пріоритетом у роботі з вибухонебезпечними предметами. Введення необхідних заходів безпеки та систем аварійного відключення допомагає запобігти травматизму та нещасним випадкам під час робіт з розмінування.

Тому можна зазначити, що методи вимагають участі людей, тоді буде найгуманнішим варіантом використовувати РТК для знешкодження ВНП. Метою даного напрямку являє собою зменшити негативний вплив на здоров’я людини при знешкодженні, пошуку та ідентифікації ВНП. Згідно з цього гуманним варіантом знешкодження ВНП буде використовувати запалу SF-1 завдяки РТК.

2 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДА ДИСТАНЦІЙНОГО ЗНЕШКОДЖЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

2.1 Методи прийняття рішень для знешкодження вибухонебезпечних предметів

При прийнятті рішень щодо знешкодження ВНП необхідно враховувати багато важливих факторів. Обстеження та оцінка об’єкта є одним із найважливіших етапів. Цей процес дозволяє визначити ризики та загрози, пов’язані з вибухонебезпечним предметом, і вибрати найкращий спосіб його знешкодження.

Важливо визначити тип вибухового пристрою та його характеристики, включаючи силу, яку він може мати та спосіб активації. З цієї інформації можна краще зрозуміти, наскільки небезпечним є предмет і які методи можуть працювати.

При прийнятті рішень також враховуються місцеві обставини, такі як населені пункти, географічне розташування та природні фактори, які можуть вплинути на безпеку дій. Для прийняття рішень також важливо мати доступ до ресурсів, таких як РТК, спеціалісти та обладнання.

Після аналізу цих елементів розробляється детальний план знешкодження. Цей план включає процедури евакуації, визначення відповідальних осіб і послідовність дій. Під час виконання робіт важливо постійно оцінювати обставини та коригувати стратегію, якщо це потрібно.

Розробка комплексної моделі процесу розмінування, щоб моделювати його функціонування, є надзвичайно важливою. Комплексне моделювання процесу розмінування за допомогою засобів інженерного озброєння може бути розглянуто як процес функціонування КР. Деяка фізична система S може описувати цей процес, яка може перебувати в одному з наступних станів:

– S_1 – комплекс розгорнуто, підготовлено для розмінування та почато пошук ВНП;

– S_2 – комплекс здійснює маркування місцевості, яку перевірено на наявність ВНП;

– S_3 – комплекс виявив невідомий предмет;

– S_4 – комплекс ідентифікував невідомий предмет, як ВНП;

– S_5 – комплекс вилучив ВНП із укриваючого середовища;

– S_6 – комплекс транспортує ВНП у разі можливості до місця знищення;

– S_7 – комплексом знешкоджений ВНП;

– S_8 – комплекс знищив ВНП;

– S_9 – комплекс здійснив контроль якості розмінування місцевості або знищення ВНП;

– S_{10} – комплекс втратив спроможність виконувати завдання згідно з бойовим призначенням.

Орієнтований граф переходів системи $S = \{S_1, S_2, ..., S_{10}\}$ з одного стану в інший під час розмінування, наведено на рис.2.1.

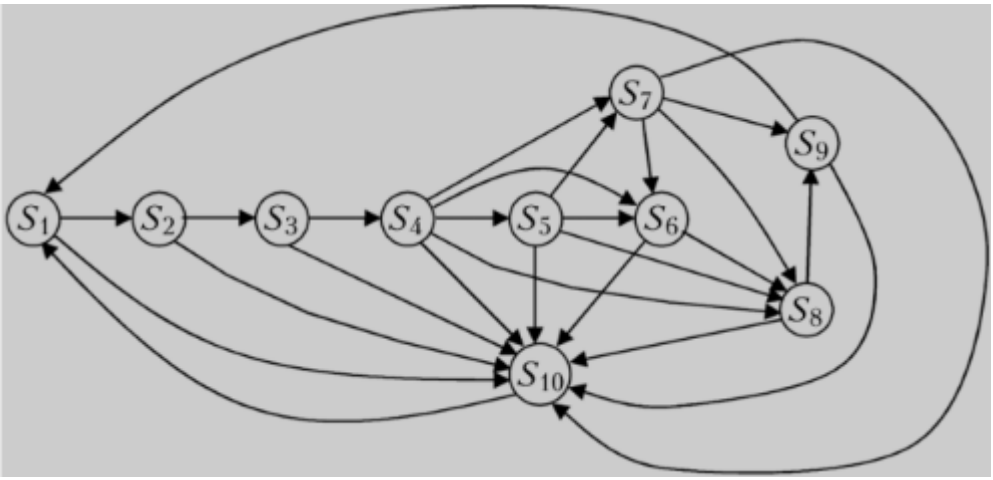

Рисунок 2.1 – Орієнтований граф станів КР

Перехід системи S із одного стану в інший відбувається наступним чином:

– у початковий момент часу $t = 0$ система перебуває в стані S_1 деякий випадковий час Q_1 (відлік часу починається з моменту початку пошуку ВНП).

Тобто це час, який система S перебуває в стані S_1 до переходу в стан S_2 або S_5 із довільною функцією розподілу $F_{12}(t)$, або $F_{15}(t)$;

– перехід системи S із стану S_i у стан S_j відбувається з ймовірністю $p_{ij} \geq 0, \sum_{j \in S} pij = 1$ для $j \in S$;

– якщо з стану S_1 відбувся перехід у стан S_j, то в цьому стані система перебуває випадковий час Q_i із довільною функцією розподілу $F_{ij}(t)$ тощо.

Математичною моделлю є описання завдяки напівмарковського процесу $\{v(t),\ t \geq 0\}$. Цей процес задається конструктивно за допомогою початкового розподілу

$$p = p_i, i \in S\}(i = 1, 2, \dots, 10) \tag{2.1}$$

та напівмарковської матриці

$$Q_{ij}(t) = p_{ij}F_{ij}(t) = P_i\{v(t) = S_j, Q_{ij} \leq t\}. \tag{2.2}$$

Тоді розв'язання задачі зводиться до визначення ймовірностей

$$P_{ij}(t) = P_i\{v(t) = \frac{S_j}{v(0)} = S_i(i, j = 1, 2, \dots, 10), \tag{2.3}$$

Котрі згідно з роботою [16] відповідають наступній системі лінійних інтегральних рівнянь:

$$P_{ij}(t) = \delta_{ij}[1 - F_i(t)] + \sum_{k \in S} \int_0^t Q_{ik}(du)P_{kj}(t - u);$$

$$F_i(t) = \sum_j Q_{ij}(t) = \sum_j p_{ij}F_{ij}(t) = P_i(\theta_i < t), \tag{2.4}$$

де $\delta_{ij} = \begin{cases} 1, i = j, \\ 0, i \neq j. \end{cases}$; $\emptyset_i$ – час перебування системи S у стані S_i незалежно від переходу в наступний стан.

Приймаючи до уваги орієнтований граф переходів системи *S*, можна знайти шукані ймовірності того, що напівмарківський процес *(t)* перебуває в стані S_j за умови, що час перебування менший за *t*. Це можна зробити, використовуючи співвідношення (2.4).

Крім того, слід зазначити, що стан S_{10} у відповідності до умов задачі розглядається як втрата боєздатності КР. Іншими словами, коли система *S* потрапляє до певного стану на різних етапах її функціонування, це призводить до невиконання бойового завдання, поставленого.

Позначимо момент першого потрапляння системи S до стану S_{10} через η, тоді

$$P_{i10}(\eta < 10) = P_{i10}(t), (i = 1, 2, \dots, 9). \quad (2.5)$$

Це ймовірність того, що КР втратив боєздатність, а де η — час, який потрібно для виведення КР у небоєздатний стан (наприклад, час, який потрібно супротивнику для виявлення та нанесення вогневого ураження КР).

При цьому також можна розглянути матрицю ймовірностей переходу між станами, яка наведена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Матриця ймовірностей переходу з одного стану в інший

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0.99	0	0	0	0	0	0	0	0.01
2	0	0	0.99	0	0	0	0	0	0	0.01
3	0	0	0	0.99	0	0	0	0	0	0.01
4	0	0	0	0	0.81	0.05	0.13	0	0	0.01
5	0	0	0	0	0	0.75	0.2	0	0	0.05
6	0	0	0	0	0	0	0	0.95	0	0.05
7	0	0	0	0	0	0.05	0	0.4	0.5	0.05
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Відновлення боєздатного стану відповідає переходу системи з стану S_{10} у S_1.

Після завершення операції знешкодження проводиться після заходова оцінка та вивчення інциденту для виявлення недоліків та покращення методів та підходів до подібних ситуацій. Усі ці аспекти разом допомагають забезпечити безпечне та ефективне знешкодження ВНП.

2.2 Конструкція РТК, для знешкодження ВНП

Наземний роботизований комплекс, як правило, являє собою РТК, що включає систему переміщення (шасі) на якій встановлено маніпулятор з виконавчим органом, систему енергозабезпечення і керування. Наземні РТК виконують ряд спеціальних функцій. Це робота з небезпечними об’єктами, військові операції. Серед них: розвідка, розмінування, стрілецькі функції, тощо [17].

Структурна схема РТК повинна складатися з шасі, приводів, робочого обладнання та системи керування, зображено на рис.2.2.

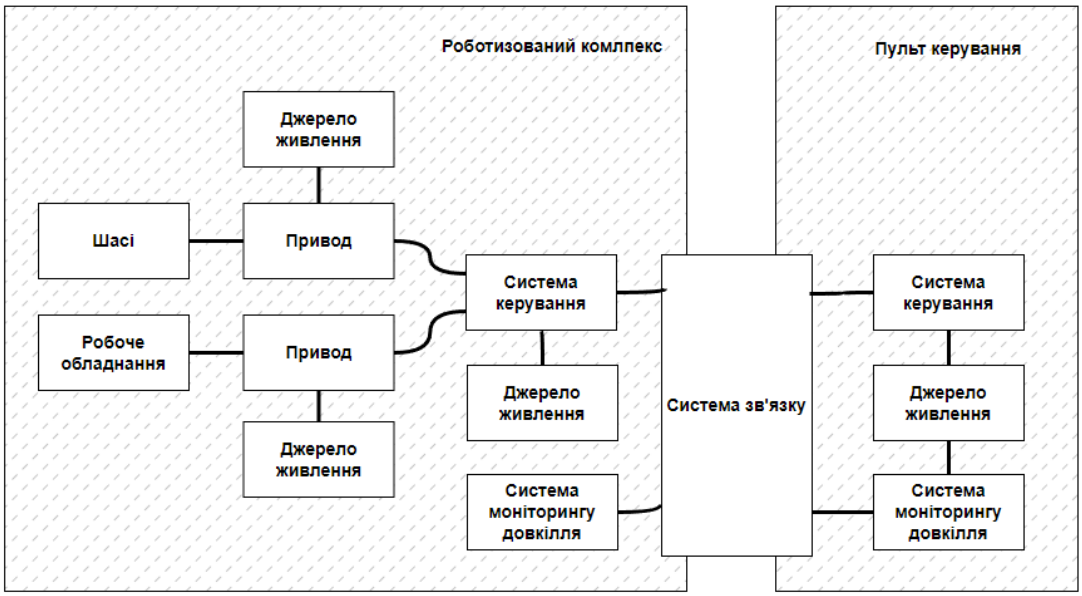

Рисунок 2.2 – Структурна схема РТК

При такій структурній схемі РТК для дистанційного розмінування ВНП має такий вигляд, котрий наведено на рис.2.3.

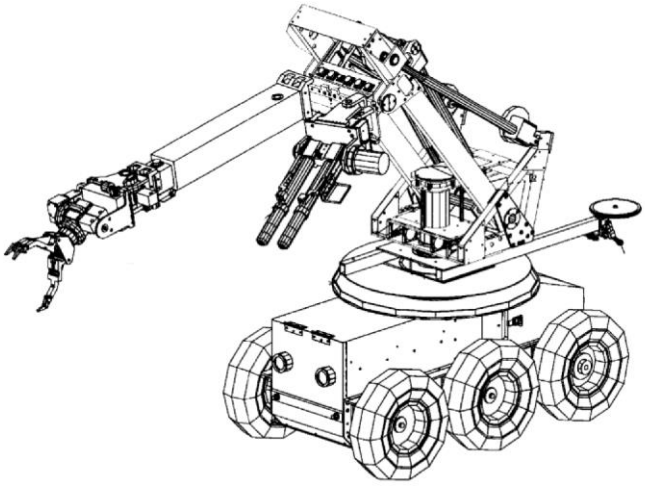

Рисунок 2.3 – РТК для дистанційного розмінування з маніпулятором [17]

Шасі РТК має велику роль, бо при недостатній прохідності РТК не зможе добратися до місця де знаходиться ВНП. Взагалі є тільки два варіанта шасі, які можна встановити на РТК, а саме колісна пара або гусенична пара, наведено на рис.2.3. Як показує практичне використання РТК, всі вони використовуються не на дорогах загального використання, а у трудно доступних місцях. Тому розробники РТК надають перевагу більш гусеничній парі, завдяки котрій надається максимальна можлива прохідність РТК. Хоча у колісної пари менша прохідність, але більша швидкість пересування РТК.

а

б

Рисунок 2.3 – РТК з різним видом шасі: а – колісна пара, б – гусенична пара

Усі РТК розроблені під свій напрямок та можливості, кожен з яких має великі переваги та недоліки над іншими, тому чим більше елементів у РТК тем більше він потребує енергії. Виходячи з цього розробники обирають оптимальний вид живлення для тих або інших задач РТК.

РТК керуються п’ятьма способами:

– локальне;
– централізоване;
– розподілене;
– гібридне;
– автономне.

Локальне керування – це коли РТК реагує на навколишнє середовище. Для простих завдань він реагує на конкретні сигнали без складного аналізу. Зазвичай використовується в ситуаціях, коли важко або неможливо заздалегідь передбачити усі можливі умови.

Централізоване керування – це коли оператор або система вирішує всі рішення. Програмування та аналіз завдань є необхідним. Забезпечує високу точність і керованість процесами, але може бути недостатньо адаптивним до навколишнього середовища.

Розподілене керування – це коли рішення приймаються децентралізовано, різними частинами системи. Кожен модуль або РТК може мати власний механізм прийняття рішень. Забезпечує гнучкості та здатність адаптуватися до змін, які відбуваються на робочому місці.

Гібридне керування – це коли РТК використовує кілька методів керування, щоб оптимізувати продуктивність і адаптацію. Наприклад, поєднання централізованого планування з локальним управлінням для конкретних цілей є прикладом цього.

Інтелектуальне (автономне) керування – це коли штучний інтелект навчає РТК приймати рішення на основі досвіду та вивчення оточуючого середовища. Дає роботам можливість навчатися та адаптуватися до нових обставин.

2.3 Маніпулятори, які застосовуються робототехнічними комплексами для знешкодження вибухонебезпечних предметів

Маніпулятори в РТК для знешкодження ВНП – це сучасні технологічні рішення, спроектовані для безпечного та результативного взаємодії з потенційно небезпечними об'єктами. Вони виконують завдання у надзвичайно складних умовах, де навіть найменша помилка може призвести до серйозних наслідків.

Механічні рами маніпуляторів мають гнучкі суглоби, що надають їм можливість виконувати різноманітні рухи, схожі на рухи людських рук. Ця гнучкість дозволяє маніпуляторам проникати в ускладнені місця та взаємодіяти з вибуховими пристроями різних форм і розмірів.

Основне призначення маніпуляторів – це забезпечення безпечності. Вони можуть бути обладнані спеціалізованими інструментами для розмінування, а також контейнерами для безпечного зберігання та перевезення вибухових пристроїв.

Однією з ключових переваг маніпуляторів є можливість віддаленого управління. Оператори можуть керувати ними з відстані, використовуючи спеціальні системи дистанційного керування. Це дозволяє операторам залишатися в безпеці, а також уникати контакту з потенційно небезпечними предметами.

Маніпулятори бувають декількох типів, а саме:

- загального типу;
- важільного типу;
- промислового типу.

Наявність значного числа конструктивних рішень наземних РТК ставить задачу аналізу відомих та розроблення нових наземних РТК, зокрема розроблення конструкторської документації на наземні РТК. Для цього необхідні знання принципів побудови наземних РТК, основ розрахунку їх геометричних, кінематичних та динамічних характеристик, елементів конструювання роботів; вміння здійснити геометричний, кінематичний і динамічний аналіз та проектні розрахунки (синтез) типових представників наземних РТК; компетенції практичної

роботи по аналізу конструкції і функціональних можливостей роботів та їх вузлів, проектних розрахунків і конструювання наземних РТК різного виду [17].

Для вирішення поставлених задач необхідно здійснити: класифікацію, визначити типи і технічні характеристики наземних РТК; геометричні співвідношення в механізмах наземних РТК, робочий простір; конструкції основних вузлів; робочі органи наземних РТК; закони маніпулювання, точність наземних РТК; кінематичний аналіз маніпуляторів наземних РТК; динаміку маніпуляторів наземних РТК; пристрої керування наземних РТК; інформаційні системи наземних РТК; вирішити питання реалізації наземних РТК різного виду [17].

Розглянемо типовий наземний маніпулятор KUKA KR1000, наведено на рис.2.7.

Рисунок 2.7 – Типовий наземний маніпулятор

Даний маніпулятор складається з трьох основних частин: 1 – основа, 2 – маніпулятор та 3 – виконавчий орган. Рух вузлів і деталей робота забезпечує система керування. Система керування забезпечує рух деталей і вузлів роботи.

В промислових роботах застосовуються різні типи приводів і систем керування: електромеханічні, пневматичні, гідравлічні, комбіновані. Важливою характеристикою наземних РТК є точність. Встановлено чотири класи точності

маніпулятора наземного РТК – 0, 1, 2, 3. Класи відповідають відносній похибці позиціювання: клас 0 → 0,01% , 1 → 0,01…0,05%, 2 → 0,05…0,1%, 3 > 0,1% [17].

Наземні РТК розрізняються за ступенем захисту: нормальне, пилозахищене, водозахищене.

Найбільш поширеними схемними і конструктивними рішеннями є роботи важільного типу, що визначають положення виконавчого органу в спеціальній системі координат, наведено на рис.2.8 [17].

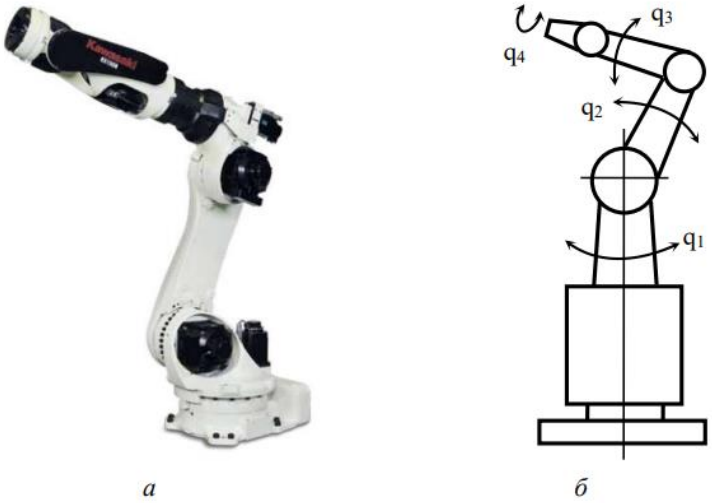

Рисунок 2.8 – Наземний РТК важільного типу в якому реалізується спеціальна система координат: а – загальний вид, б – принципова схема

Положення виконавчого органу задається змінами кутових координат важелів q1, q2,…q4.

Наведені схемні рішення роботів мають розімкнені кінематичні ланцюги. В них дія вхідних координат qi є незалежною. В роботах з паралельними кінематичними структурами положення виконавчого органу визначається спільною дією всіх кінематичних ланцюгів. Реалізовані роботи з трьома штангами змінної довжини, наведено на рис.2.9 [17].

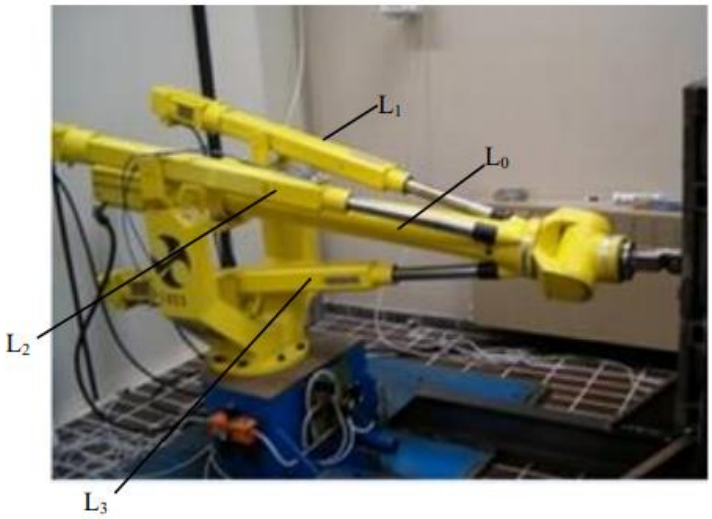

Рисунок 2.9 – Робот з паралельними кінематичними зв’язками, що має три штанги змінної довжини

Робот має центральну штангу, яка встановлюється в необхідному положенні і має один привід поступального руху та два приводи поворотного руху. Дані приводи встановлюють кінець штанги в необхідне положення визначене у сферичній системі координат q1=L0, q2=φ, q3=θ. Три штанги змінної довжини забезпечують поворот виконавчого органу відповідно змінам координат q4=L1, q5=L2, q6=L3 [17].

Для виконання спеціальних задач використовуються наземні роботизовані комплекси, що мають ланцюг однотипних елементів із приводами поворотного руху. Таку конструкцію має наземний роботизований комплекс ModuMan 100 розроблений фірмою Moog в 2013 р. Він призначений для утилізації ядерних об’єктів, проведення робіт з радіоктивними або біологічно небезпечними матеріалами, у тому числі, у недоступних зонах. Маніпулятор має вантажопідйомність до 100 кг (1000 Н) при довжині близько 2,3 м., наведено на рисунку 2.10 [17].

Перераховано кілька різних способів керування, включаючи ручне керування, запам’ятовування траєкторії та запобігання зіткненням. Маніпулятори включають сервоконтролери, датчики, приводи та програмне математичне забезпечення. Управління розташоване поза небезпечною зоною.

Рисунок 2.10 – Наземний РТК у вигляді ланцюгової конструкції складеної з окремих однотипних елементів

Останнім часом багатоланкові наземні РТК стають все більш поширеними. Система зарядки електромобіля використовує багатокоординатні роботи, які складаються з окремих послідовно з'єднаних елементів. Багатоланкові наземні РТК мають багато ланок. Розширення роботів даного типу є пристрій із гнучким маніпулятором із нескінченно великою кількістю ланок, наведено на рис.2.11.

З перерахованих типів вже існуючих маніпуляторів можна зазначити, що кожен з них виконує відповідні завдання. Для виконання дистанційного знешкодження можна зазначити, що кожен з маніпуляторів. Але грає велику роль у складності розробки, чим більше елементів у маніпуляторі тим більше часу адаптації під встановлену задачу. Виходячи з цього було обрано маніпулятор з чотирма змінами кутових координат, бо він надає необхідного кутового положення виконавчій частині цього буде достатньо для поставленої задачі.

При розгляді поставленого завдання було обрано тип маніпулятору, а саме обрано тип та змінні для цього маніпулятору яким він повинен відповідати.

Схемою маніпулятора є планарний шарнірний механізм, встановлений на поворотному шарнірі, що кріпиться до платформи шасі, наведено на рис.2.12.

а *б*

Рисунок 2.11 – Маніпулятор: а – з гнучкими елементами і сильфонними пружними приводами, б – робочий орган маніпулятора

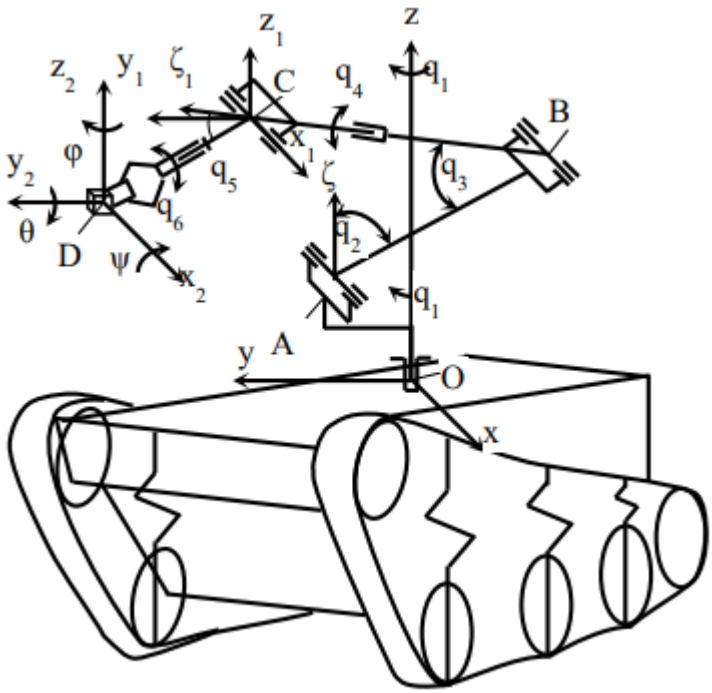

Рисунок 2.12 – Схема маніпулятора

Вектор x-координат, який складається з шести вимірів, характеризує положення виконавчого органу маніпулятора (параліпіпед D): поступальні x, y, z та поворотні ψ, θ, φ переміщення параліпіпеда D.

Кожна з цих координат залежить від шести керованих координат (q координат), які прийняті як кути повороту важелів q1, q2, q3, q4, q5 і q6

маніпулятора. Зміна q координат викликає зміни x координат. У районі номінального положення маніпулятора є незначні зміни координат.

Кожна координата x із всіма керованими координатами q залежить від причинно-наслідкового зв'язку: $x = f_x(q_1, q_2, q_3,..,q_6)$, $y = f_y(q_1, q_2, q_3,..,q_6)$, $z = f_z(q_1, q_2, q_3,..,q_6)$, $\psi = f_\psi(q_1, q_2, q_3,..,q_6)$, $\theta = f_\theta(q_1, q_2, q_3,..,q_6)$, $\varphi = f_\varphi(q_1, q_2, q_3,..,q_6)$.
Для розкриття геометричних кінематичних характеристик великих переміщень маніпулятора, також відомих як макропереміщення, використовуються векторні величини. Радіуси векторів $\overrightarrow{rA}, \overrightarrow{rB}, \overrightarrow{rC}, \overrightarrow{rD}$ визначають положення точок A, B, C і D. Планарний маніпулятор котрий утворений плоским механізмом наведено на рис.2.13.

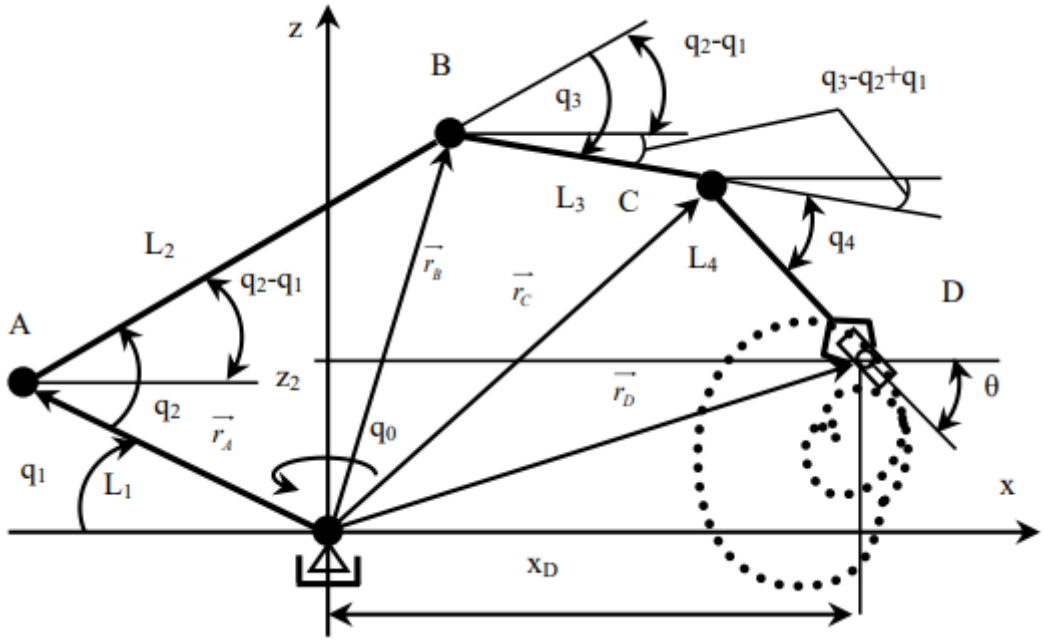

Рисунок 2.13 – Схема п'яти координатного маніпулятора

Визначення координати точок A...D у радіальній площині послідовно. Покладення маніпулятора при q_0=0 визначає координати в напрямку радіуса відносно осі обертання. При цьому: $x_A = -L_1 \cos q_1$, $x_B = x_A + L_2 \cos(q_2 - q_1)$, $x_C = x_B + L_3 \times \cos(q_3 - q_2 + q_1)$, $x_D = x_C + L_4 \times \cos(q_3 - q_2 - q_1)$.

Маніпулятор буде встановлюватися на РТК, як модульна частина. Велику роль грає похибка у роботі з ВНП, тому обирається нульовий клас допустимої похибки, а саме до 0,01%. При геометричному співвідношенні маніпулятор буде

мати можливість конструкцією захвату доторкнутися до землі у любому напрямку при встановленні на РТК. Також у РТК буде реалізовано простір у котрому буде зберігатися запали, тому ще маніпулятор буде мати можливість конструкцією захвату дотягнутися до цього простору, щоб взяти запал. Маніпулятор буде захищений від вологи, пилу та полум’я.

2.4 Висновки до 2 розділу

Розроблені методи представляють собою важливий крок у сфері технологій безпеки. Вони дозволяють забезпечити безпеку операторів, які працюють з вибуховими пристроями та іншими небезпечними об'єктами, завдяки можливості працювати на безпечній відстані від потенційно небезпечних зон. Це дозволяє знизити ризик поранень та втрат серед персоналу, що займається знешкодженням вибухових пристроїв.

Гнучкість та універсальність розроблених методів дозволяють їх використовувати в різних ситуаціях і для різних видів вибухових пристроїв. Це робить їх універсальними і придатними для різних сценаріїв та завдань знешкодження.

Застосування дистанційних методів знешкодження також сприяє підвищенню ефективності операцій. Оператори можуть працювати з великою точністю та безпекою, забезпечуючи швидке та надійне знешкодження вибухових пристроїв.

Крім того, ці методи дозволяють проводити операції в умовах вибухонебезпечності, де існує загроза для життя та здоров'я операторів. Вони стали важливим інструментом для забезпечення безпеки громадськості в умовах сучасних загроз тероризму та війни.

Розробка методів дистанційного знешкодження вибухових пристроїв є важливим інженерним досягненням, що сприяє підвищенню рівня безпеки та ефективності в різних сферах, де існує ризик зіткнення з ВНП.

У підсумку можна зазначити, що для знешкодження ВНП гуманним способом використовувати РТК з маніпулятором. Завдяки маніпулятору РТК зможе розташувати запал для знешкодження ВНП на відстані, це приведе загрозу життя людини до мінімального рівня.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РОБОТОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

3.1 Розроблення комплексної моделі процесу дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів

Моделювання складних систем є основним методом вивчення складних систем; це особливо важливо для вивчення об’єктів, які не можна спостерігати або експериментувати безпосередньо. Це також включає виробничі системи.

Модель є зображенням окремих аспектів об’єкта, які використовуються для дослідження. Вона показує лише ті характеристики, які необхідні для дослідження конкретного об’єкта, наприклад його структуру, зв’язки, властивості та параметри функціонування. Відповідність моделі об'єкту може бути різною, і це залежить від методології дослідження. Моделі, які більш доступні для дослідження, мають практичне значення, ніж самі об’єкти. У зв’язку з тим, що моделювання зазвичай супроводжується спрощенням зображення об’єкта, це робить модель більш доступною для дослідження порівняно з об’єктом.

Аналітична модель буде запропонована. Одним із класів математичного моделювання є аналітична модель. Перевагою аналітичної моделі є можливість аналізувати розв’язки за допомогою математичних методів. Недолік аналітичних моделей полягає в тому, що вони спрощують реальні ситуації для отримання аналітичних розв’язків. Крім того, цей тип моделі розповсюджує представлення екосистеми. Використовується для виявлення, математичного опису, аналізу та пояснення феноменів, пов’язаних з найбільшою кількістю екосистем.

Для дистанційного знешкодження ВНП було обрано метод використання запалу. Даний метод надає великі можливості в універсальності застосування. Одним з прикладів даних запалів, являється запал SF-1, котрий наведено на рис.3.1. Для використанні цього запалу достатньо його зафіксувати над металевою

оболонкою ВНП, та підпалити його. При активації запалу почне плавитися металева оболонка, та самим розплавленим металом почне виплавляти вибухову речовину з ВНП.

Рисунок 3.3 – Запал SF-1

При використанні цього методу необхідно враховувати безпеку та цілісність життя людства, тому цей запал потрібно використовувати за допомогою РТК.

Отже, для цього потрібно створити РТК, який дозволить дистанційно знешкоджувати ВНП. При цьому потрібно звернути увагу на те, що запал потрібно доставляти та встановлювати на ВНП. Тому комплексна модель РТК для дистанційного знешкодження ВНП повинна складатись з:

- корпусу;
- шасі;
- маніпулятора;
- відеокамери;
- система GPS;
- пульт дистанційного керування.

Структурна схема дистанційного керування РТК для знищення ВНП має вигляд, наведено на рис.3.2.

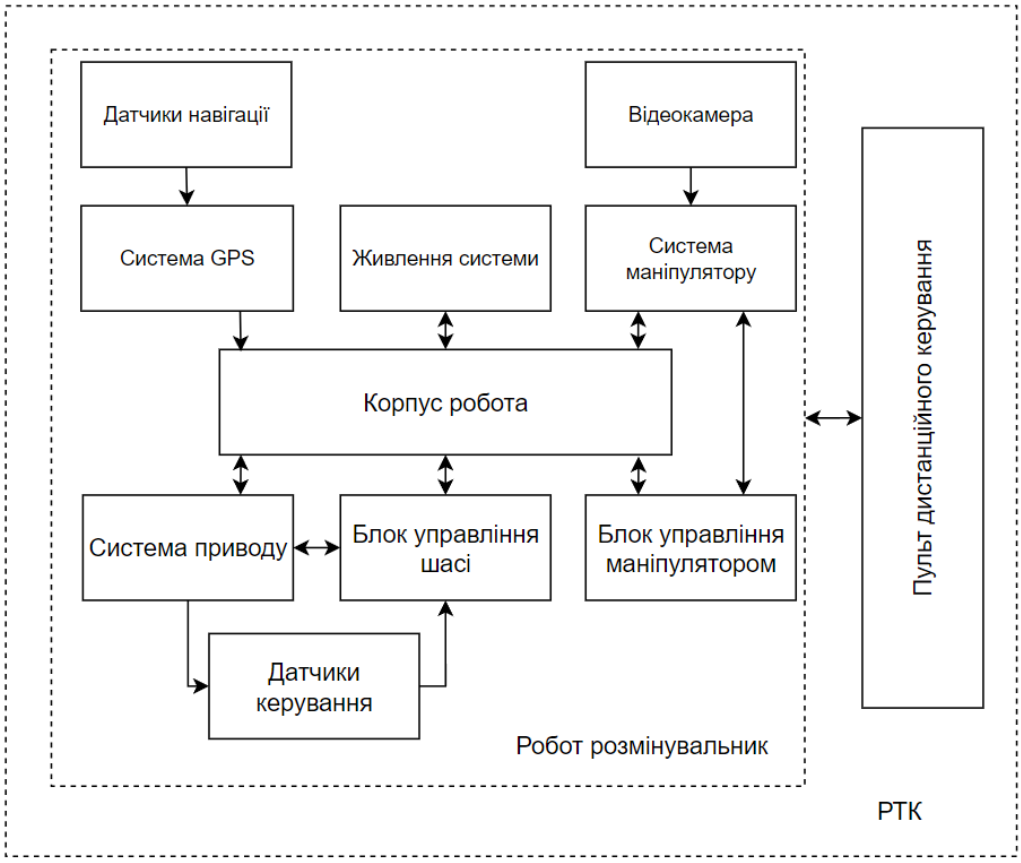

Рисунок 3.2 – Структурна схема дистанційного керування РТК для знищення ВНП

З наведених елементів та структурної схеми РТК можна зазначити, що більшість вже розроблених РТК підходять під дані критерії, але вони не можуть використовувати даний метод. Тому потрібно адаптувати РТК під метод дистанційного знешкодження ВНП завдяки запалу SF-1.

Аналіз показав, що з вже розроблених РТК, є деякі проблеми з використанням маніпулятора. А саме на більшості з розроблених РТК встановлюють одну камеру для виведення виконавчої дії маніпулятора. Оператори (піротехніки) при використанні даних РТК інформують о нестачі поля зору. У 2020 році було запатентовано вирішення даної проблеми, а саме реалізована

автоматизована система зворотнього зв’язку для контролю виходу схвату маніпулятора в задану позицію [21]. Схема конструкції РТК наведено на рис.3.3.

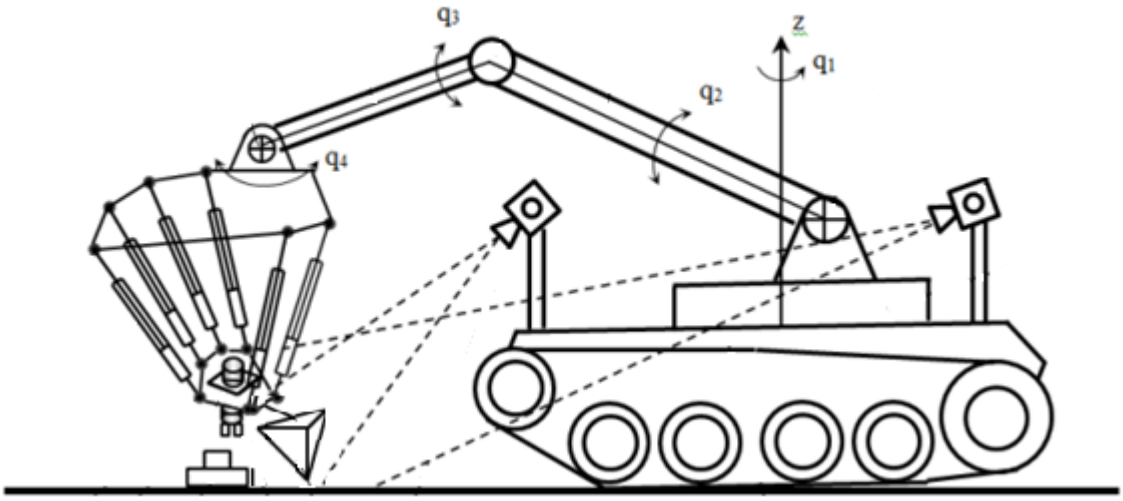

Рисунок 3.3 – Схема конструкції РТК

Для використання даної конструкції РТК у цілях дистанційного знешкодження ВНП, потрібно адаптувати захватну частину маніпулятора. Захватну частину маніпулятора потрібно довести до чіткого охвату запалу, максимально допустима похибка у даній справі матиме 0,01%.

При використанні запалу РТК потрібно також надати можливість дистанційно підпалювати запал SF-1. Тому при знешкодженні ВНП, РТК буде оснащуватися дистанційним підпалювачем та штативу для фіксації запалу.

Після адаптації РТК можна буде застосовувати його у цілях гуманітарного розмінування. Знешкодження ВНП буде виконуватися оператором даного РТК завдяки пульту дистанційного керування. На даному пульту буде надано:

– візуалізація з двох камер процесу використання РТК;

– GPS відстеження РТК;

– керуючі елементи шасі, маніпулятора та дистанційного підпалювача РТК.

3.2 Моделювання системи прийняття рішень для дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів

Для рішення дистанційного знешкодження ВНП потрібно розглянути склад гуманітарного розмінування. А саме розділити процес гуманітарного розмінування на етапи, котрі наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Етапи процесу гуманітарного розмінування

Номер етапу	Зміст етапу
1	Нетехнічне обстеження
2	Технічне обстеження
3	Розмінування території, забруднених ВНП та очищення районів ведення бойових дій
4	Утилізація (знищення, знешкодження) ВНП
5	Контроль якості розмінування

Нетехнічне обстеження – це процес збору, аналізу та оцінювання інформації про територію, яка використовується для класифікації території за статусом небезпеки без використання технічних засобів пошуку ВНП.

Технічне обстеження включає збір і аналіз даних про наявність, тип, розподіл і навколишні умови знаходження мін і вибухонебезпечних предметів. Це робиться для сприяння пріоритезації вивільнення земель і забезпечення прийняття рішень шляхом надання фактів [19].

Виявлення, видалення або знищення мін і вибухонебезпечних боєприпасів є частиною розмінування. Для розмінування також може бути потрібно забезпечити доступ, діагностику, приведення в безпечний стан, остаточну утилізацію та (у разі потреби) захисні роботи.

Очищення районів ведення бойових дій означає виявлення та знищення місць, де проходять бойові дії. Ці місця можуть включати оборонні позиції та місця, де були випущені або скинуті авіаційні або артилерійські боєприпаси, включаючи касетні боєприпаси.

Усі етапи виявлення та знешкодження боєприпасів, що не розірвалися, шляхом операцій з розмінування включають утилізацію, знешкодження ВНП. Операції зі знешкодження та знищення ВНП варіюються від досить простих методів відкритого підриву та знешкодження до надзвичайно складних промислових процесів, які потребують відповідних фахівців.

Контроль якості розмінування є частиною процесу управління якістю розмінування, який контролює дотримання вимог щодо якості розмінування та повне дотримання вимог щодо ліквідації небезпек, пов’язаних з вибухонебезпечними предметами.

3.3 Алгоритм прийняття рішень для дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів

Для моделювання даної системи спочатку розглянемо такий випадок, що вже відомо де саме знаходиться ВНП. Після цього вже можна розглянути поетапні шаги дії для знешкодження даного предмета. Насамперед потрібно зазначити, що запал SF-1 не є універсальним пристроєм для знешкодження ВНП тому, що його взаємодія пов’язана з ВНП в яких металева оболонка, чи металевий заряд. Тобто при знаходженні ВНП у якого нема металевої поверхні даний спосіб не підходить, наведено на рис. 3.4.

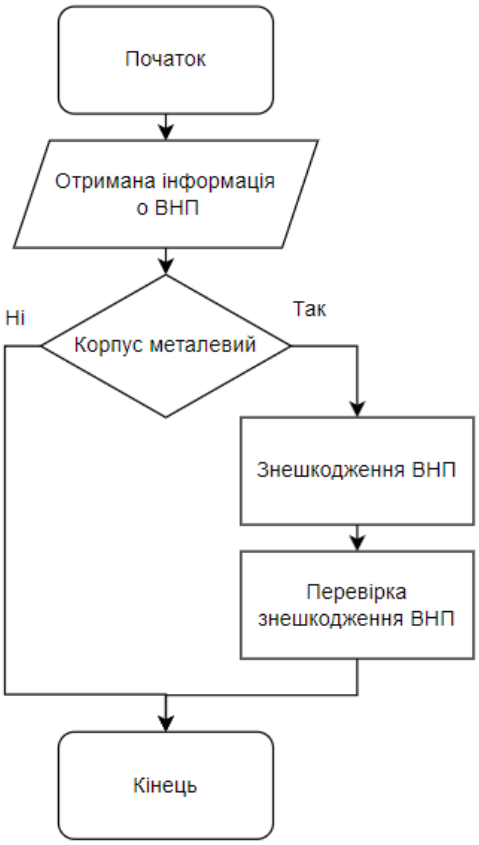

Рисунок 3.4 – Схема алгоритму перевірки відповідного методу знешкодження

Надалі виконується перевірка працездатності елементів РТК, а саме: камеру, шасі, маніпулятор та GPS, наведено на рис.3.5. При несправності даних елементів РТК немає сенсу починати рухатись у напрямку до ВНП.

Після перевірки працездатності оператор споряджає РТК запалом SF-1 та штативом, на котрий встановлюється запал. Далі оператор (піротехнік) направляє РТК до місця знаходження ВНП, завдяки дистанційному пульту керування.

При прибутті до ВНП РТК завдяки маніпулятору встановлює штатив до ВНП. Надалі на цей штатив встановлює запал та фіксує його. Після встановлення запалу РТК встановлює модуль дистанційного підпалу на даний запал.

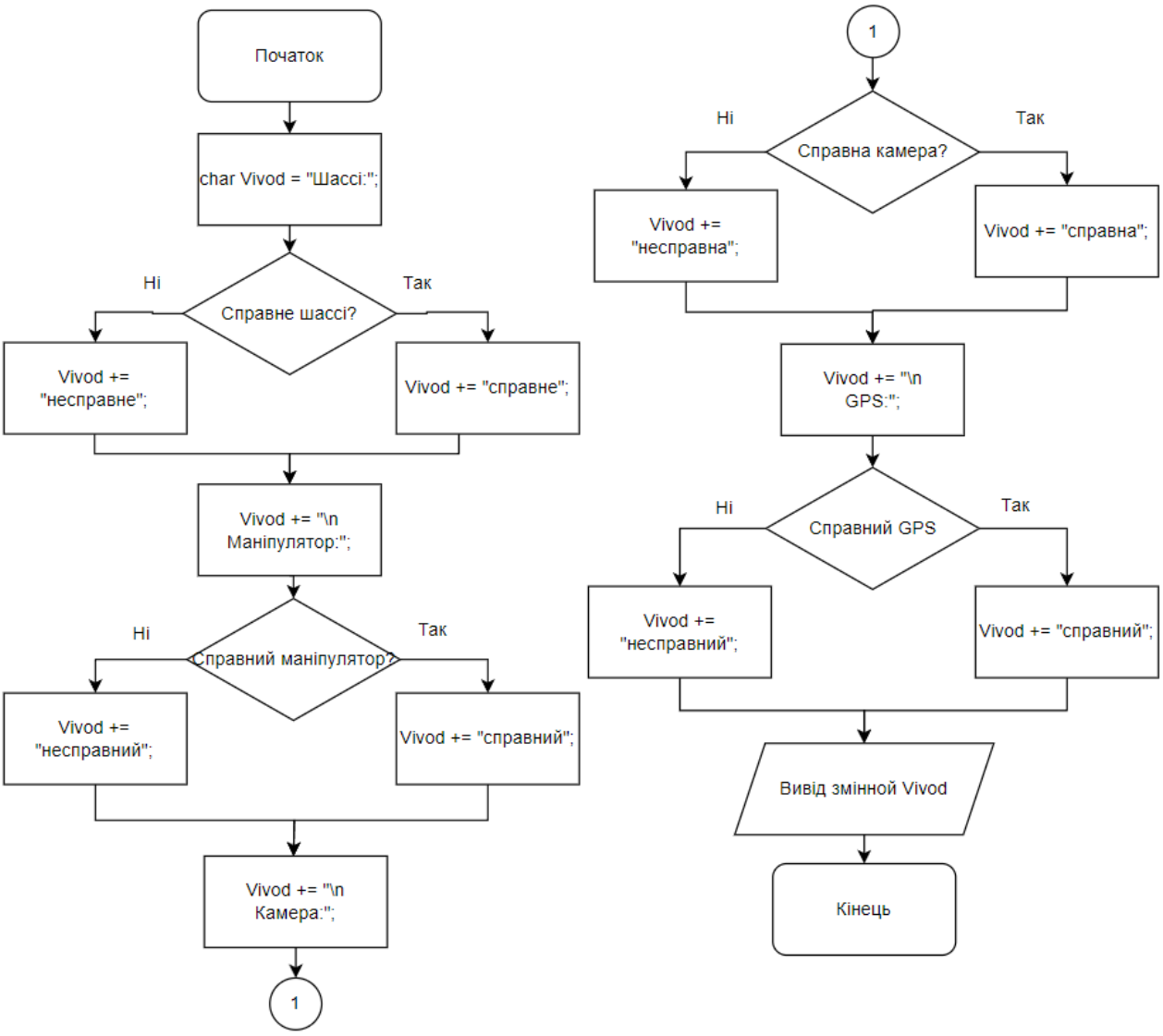

Рисунок 3.5 – Схема алгоритму перевірки працездатності елементів РТК

Далі РТК від'їжджає на безпечну відстань 30 – 50 метрів від ВНП та активує модуль дистанційного підпалу. Після проведення активації запалу очікується випалення вибухової рідини. Проведення дистанційного знешкодження ВНП наведено на рис.3.6.

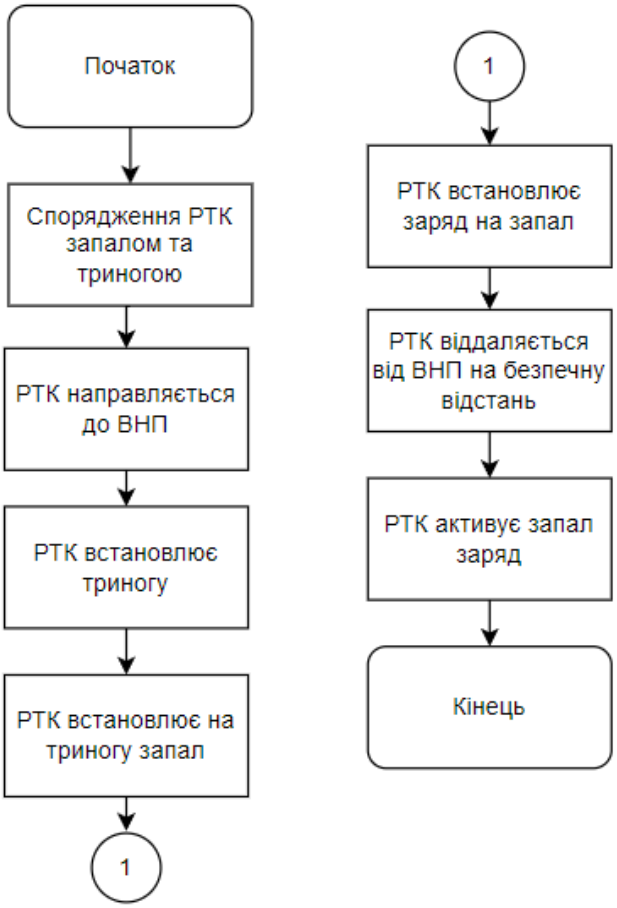

Рисунок 3.6 – Схема алгоритму дистанційного знешкодження ВНП

Останнім кроком РТК у операції знешкодження ВНП являє перевірка результату випалення. Оператор знову відправляє РТК до місця знаходження ВНП. При прибутті РТК оператор візуально оглядає успіх виконаного процесу, наведено на рис.3.7. Успіхом виконаного процесу являється випалення усієї вибухової рідини з ВНП. Якщо все ж таки одного запалу було недостатньо тоді, знешкодження ВНП виконується повторно.

Після цього ВНП являється знешкодженою, тоді вона несе мінімальну загрозу здоров’ю людства.

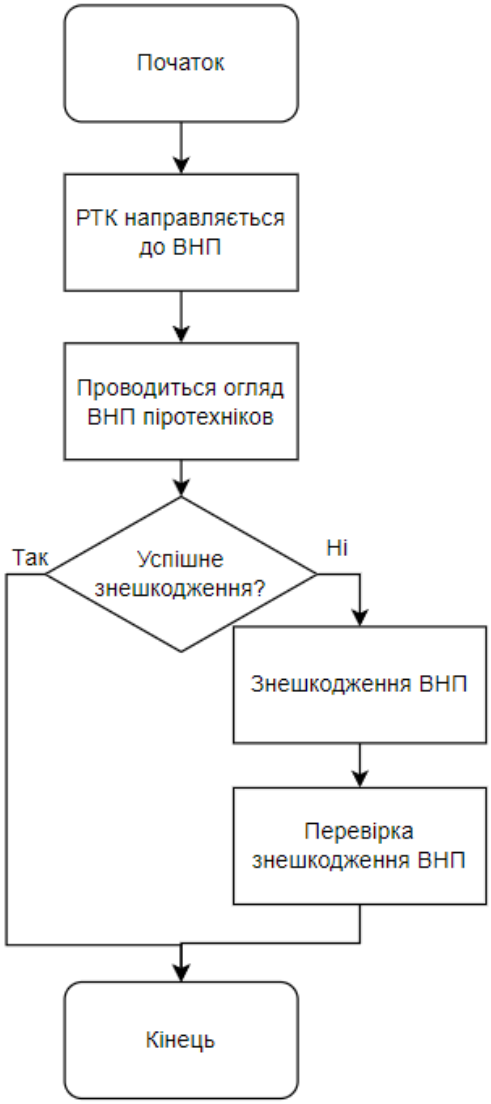

Рисунок 3.7 – Схема алгоритму перевірки знешкодження ВНП

3.4 Висновки до 3 розділу

Моделювання процесу знешкодження вибухонебезпечних предметів за допомогою РТК показало кілька важливих моментів. По-перше, впровадження РТК підвищує продуктивність і безпеку, дозволяючи виконувати завдання в небезпечних для людини умовах. По-друге, робочі місця можуть бути віддаленими від небезпечних об’єктів, що зменшує ризик для операторів. Третє, РТК мають високу точність і швидкість виконання завдань, що є важливою характеристикою для ефективного та оперативного знешкодження. Нарешті, моделювання системи

прийняття рішень дозволяє створювати більш ефективні та безпечні методи знешкодження шляхом адаптації стратегій до різних умов, оптимізації ресурсів і врахування невизначеності. Загалом, моделювання полегшує використання РТК і покращує процес знешкодження вибухонебезпечних предметів.

Обраний метод для дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів, зокрема використання запалу SF-1, є універсальним та простим у застосуванні. Для його впровадження необхідно використовувати РТК з метою забезпечення безпеки та цілісності людства.

Адаптація захватної частини маніпулятора є важливою для ефективного використання запалу SF-1, з максимальною допустимою похибкою 0,01%. Застосування дистанційного підпалювача та штативу в РТК стає обов'язковим для забезпечення можливості дистанційного знешкодження ВНП.

Зазначено, що після адаптації РТК можна використовувати його у гуманітарному розмінуванні, де оператор, за допомогою пульта дистанційного керування, здійснюватиме знешкодження ВНП. Загально вибраний метод дистанційного знешкодження враховує аспекти безпеки, точності та можливості віддаленого управління для ефективного вирішення завдань знешкодження вибухонебезпечних об'єктів.

4 БЕЗПЕКА ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Незалежно від виду професійної діяльності питання охорони праці людини повинні вирішуватися на всіх стадіях трудового процесу. Оцінка шкідливих і небезпечних виробничих факторів в значній мірі залежить від забезпечення здорових і безпечних умов праці. Зміни, які відбуваються в організмі людини, можуть відбуватися з різними причинами. Це може бути результатом робочого середовища, надмірного розумового та фізичного навантаження, нервово-емоційного стресу або всіх наведених причин.

У цьому розділі розглядається безпека роботи програміста, коли він розробляє програмний модуль для автоматизованої системи управління виробничим циклом підприємства [22].

Аналіз умов праці показує, що такі фізичні та психофізіологічні фактори, як ергономіка та організація робочого місця, підвищений шум і електромагнітне випромінювання, можуть негативно впливати на програміста в лабораторії.

4.1.1 Організація робочого місця

Програміст працює в приміщенні площею 25 квадратних метрів з висотою стелі 2,5 метрів.

У приміщенні є шість робочих місць для персональних комп’ютерів. Кожне робоче місце має робочий стол площею 1,2 квадратних метрів, персональний комп’ютер і стілець. Персональний комп’ютер складається з клавіатури, миші, монітора та системного блоку. Оператор ПК повинен мати робоче місце площею більше 6 м2 і об’ємом не менше 20 м3. Отже, цього приміщення не вистачає для розміщення семи робочих місць операторів ПК. З цієї причини найкраще організувати робоче місце програміста таким чином:

– висота програміста має становити приблизно 700 мм над підлогою робочої поверхні. Якщо це можливо, виберіть робочий стіл, який можна регулювати по висоті;

– поверхня столу повинна мати розміри не менше 1500 мм на 900 мм. Вкрай важливо, щоб робочий стіл оператора мав підставку для ніг, розташовану під кутом 15° до поверхні столу.

– відстань клавіатури від краю столу не повинна перевищувати 300 мм. Це дозволить програмісту отримати зручну опору для передпліч. Відстань між очима та екраном монітора повинна становити від 40 до 80 см.

– програміст повинен мати підйомно-поворотний механізм на робочому столі. Висота сидіння має становити від 450 мм до 550 мм.

Опорна поверхня спинки повинна мати висоту не менше 300 мм і ширину не менше 380 мм. Згідно з результатами аналізу важкості та напруженості праці рекомендується скоротити час, який люди проводять за комп'ютером. робити перерви тривалістю 45 хвилин за 8 годин роботи.

4.1.2 Вплив шуму на роботу програміста

Як було зазначено раніше, в лабораторії є сім робочих місць для персональних комп'ютерів. Кожне з цих робочих місць має клавіатуру, монітор, вінчестер в системному блоці та три вентилятори системи охолодження ПК. Крім того, різні периферійні методи працюють поруч [23]. Таким чином, у приміщенні виникають шуми, широкосмугові з аперіодичним підсиленням (наприклад, при роботі принтерів) і механічні та аеродинамічні. У табл. 4.1 наведено приблизні еквівалентні рівні звукового тиску джерел шуму, що діють на програміста на робочому місці. Допустимий рівень шуму для робочого місця програміста становить 50 Дб.

Таблиця 4.1 – Рівні звукового тиску від різних джерел

Джерело шуму	Рівень шуму, Дб
Жорсткий диск	45
Вентилятор	50
Принтер матричний	55
Сканер	45

Для зменшення шуму можна використовувати такі заходи, як:

– облицювання стелі та стін спеціальних звукопоглинаючих матеріалів, які знижують шум від 6 Дб до 8 Дб;

– екранування робочого місця за допомогою перегородок або діафрагм;

– встановлення устаткування, яке зменшує шум, у комп'ютерних приміщеннях; і розумне планування приміщення.

4.1.3 Електробезпека

Приміщення лабораторії можна віднести до 1 класу за безпекою ураження електричним струмом, якщо воно не є надмірно небезпечним (сухе, без пилу, нормальна температура повітря, ізольовані підлоги та мало заземлених приладів).

На робочому місці програміста є лише корпус системного блоку ПК, а все інше є металевим. Однак тут використовуються системні блоки, які є стандартними для IBM. У них є як робоча ізоляція, так і елемент для заземлення. Для приєднання до джерела живлення вони також містять провід із жилою, що заземлює.

Три основні фактори, які можуть призвести до ураження людини електричним струмом на робочому місці:

– дотик до металевих неструмоведучих частин, таких як корпус або периферія комп'ютера, які можуть бути під напругою через пошкодження їх ізоляції;

– нерегламентоване використання електричних приладів; і відсутність навчання співробітників правилам електробезпеки.

На корпусі комп’ютера накопичується статична електрика протягом усього робочого дня.

Напруженість електростатичного поля може становити від 6000 В/м до 280 000 В/м на відстані від 5 см до 10 см від екрана, що в десять разів перевищує стандартну величину 20 000 В/м.

Для забезпечення електробезпеки в лабораторії пропонуються наступні технічні методи та засоби захисту:

– зменшення накопичення статичної електрики за допомогою зволожувачів і нейтралізаторів або антистатичного покриття підлоги;

– забезпечення того, щоб металеві корпуси устаткування були з’єднані з жилою заземлення.

Заземлення корпусу комп’ютера забезпечує підключення заземлюючої жили до розеток. Для електроустановок з напругою до 1000 В опір заземлення складає 4 Ом. Або такі організаційні заходи, як своєчасне проведення інструктажів з техніки безпеки та заборона використання в лабораторії електричних приладів, непередбачених для цього, таких як електричні чайники та обігрівачі.

4.2 Правила безпеки під час проведення гуманітарного розмінування

З метою забезпечення безпеки на ділянках розмінування (контролю якості розмінування) органи та підрозділи з охорони здоров’я створюють схеми та розмітки ділянок розмінування (контролю якості розмінування), огородження та маркування небезпечних зон, нагляд за переміщенням фахівців з розмінування (контролю якості розмінування), відвідувачів і громадян, встановлення та дотримання робочих відстаней, а також ефективного медичного забезпечення.

Небезпечна зона — це місце, де фрагменти вибуху очікуваного джерела небезпеки можуть завдати шкоди здоров’ю.

Відповідно до стандартної оперативної процедури 08.40/ДСНС «Порядок проведення органами та підрозділами цивільного захисту маркування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами», затвердженої наказом ДСНС від 31.05.2017 № 298, небезпечні та безпечні зони в робочих місцях повинні бути розділені чітким і постійним маркуванням. Під час проведення розмінування на робочому місці працівники, які виконують очищення та, за необхідності, найбільше наближаються до джерела небезпеки, є найбільш уразливими.

Схема ділянки розмінування повинна проектуватися таким чином, щоб [24]:

– забезпечувалося чітке візуальне відокремлення небезпечних зон, очищених/розмінованих територій та службові ділянки;

– дотримувалися встановлених робочих відстаней між окремими фахівцями з розмінування, машинами розмінування та мінно-розшуковими собаками й іншим персоналом на ділянках розмінування;

– контролювався рух відвідувачів та персоналу на ділянках розмінування на робочих місцях;

– контролювався рух машини для розмінування та інших транспортних засобів;

– дотримувались обмеження кількості відвідувачів та персоналу на ділянках розмінування, що встановлені для небезпечних зон;

– забезпечувався весь комплекс застережних заходів з метою виключення перебування персоналу на ділянці розмінування, відвідувачів та представників місцевого населення в небезпечних зонах підривних робіт під час контрольованого знищення мін і вибухонебезпечних залишків війни, або ж надання належного захисту всередині будівель, бункерів, або спеціальних мобільних конструкцій;

– здійснювалися заходи з попередження негативного впливу на довкілля та структурних руйнувань.

З метою зниження ризику травмування інших осіб на робочому місці до припустимого рівня органи та підрозділи ЦЗ, що займаються розмінуванням,

повинні встановити відповідні значення робочих відстаней між окремими фахівцями з розмінування, машинами розмінування або МРС й іншим персоналом ділянки розмінування. Робочу відстань розмінування інколи також називають безпечною відстанню, яка повинна встановлюватися на підставі деталізованої та документальної оцінки ризиків з урахуванням небезпек, пов’язаних із особливостями конкретного місця, топографії цього місця та захисту персоналу спеціальним обладнанням. Всі оцінки ризиків мають постійно оновлюватися відповідно до змін ситуації. Чим далі буде 92 просуватися розмінування на конкретній ділянці, тим більше буде змінюватись інформація, на основі якої виконувалась перша оцінка ризиків. Тому для урахування цих змін необхідно на регулярній основі оновлювати оцінку ризиків. Оцінка ризиків для визначення робочих відстаней відомих мін та ВЗВ включає оцінку ймовірності ненавмисної детонації та тяжких травм при цьому [24].

Ймовірність ненавмисної детонації мін або ВЗВ залежить від їх стану, місця розмінування, інструментів і процедур розмінування. Існує більша ймовірність дискомфорту, поганого самопочуття або просто втоми серед працівників розмінування через фактори, такі як клімат, погода та потенційні хвороби працівників на робочому місці. Це збільшує ймовірність ненавмисної детонації.

4.3 Висновки до 4 розділу

У цьому розділі розглядаються правила безпеки, пов’язані з праці програміста на стадії розробки ним програмного модуля, та гуманітарним розмінуванням із застосуванням роботехніки.

Зокрема досліджувалися шкідливі та небезпечні компоненти, які можуть вплинути на роботу. Серед основних є наступні: підвищений рівень шуму та електромагнітних випромінювань, ергономіка та організація робочого місця.

Наведено план і організацію проектування ділянки гуманітарного розмінування, а також розуміння небезпечних і безпечних зон під час проведення гуманітарного розмінування.

Зазначено, що необхідно встановити відповідні робочі відстані між окремими фахівцями з розмінування, РТК та іншим персоналом ділянки розмінування, щоб зменшити ризик травмування людей чи ненавмисної детонації вибухонебезпечних предметів.

ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи було підвищення ефективності здійснення гуманітарного розмінування за рахунок застосування робототехнічних комплексів (РТК) та оптимальних методів дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів (ВНП).

В кваліфікаційній роботі було:

– проведено сучасний аналіз знешкодження вибухонебезпечних предметів;

– розроблено метод дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів;

– розроблено комплексну модель процесу дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів;

– змодельовано системи прийняття рішень для дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів;

– розроблено алгоритм прийняття рішень для дистанційного знешкодження вибухонебезпечних предметів.

Може знайти практичне застосування при здійсненні системи гуманітарного розмінування, яка включає знешкодження ВНП дистанційним методом за допомогою РТК.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки з підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійних програм: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд. І. Ш. Невлюдов, Р. В. Артюх, В. В. Безкоровайний, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. І. Филипенко, О. М. Цимбал. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 55 с.

2. ДСТУ 3008: 2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. К.: ДП "УкрНДНЦ". 2016. 30 с.

3. Янушкевич Д., Іванов Л., Толкунов І. Креативні підходи управління якістю у сфері гуманітарного розмінування із застосуванням робототехнічних систем / Д. Янушкевич, Л. Іванов Л., І. Толкунов // Збірник матеріалів V форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» AERT-2023. – Харків, ХНУРЕ,– С. 55-59.

4. Янушкевич Д., Іванов Л., Толкунов І. Комплексний підхід до застосування робототехнічних комплексів у сфері гуманітарного розмінування / Д. Янушкевич, Л. Іванов Л., І. Толкунов // Виробництво & Мехатронні Системи 2023 // Матеріали VII-ої Міжнародної конференції, Харків, 19-20 жовтня 2023 р. – Харків: ХНУРЕ, [електронний друк]. – 2023. – С. 88-93.

5. Розмінування України [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.slovoidilo.ua/2023/09/07/novyna/bezpeka/dsns-rozpovily-yaka-chastyna-terytoriyi-ukrayiny-zabrudnena-vybuxonebezpechnymy-predmetamy. – 25.10.2023.

6. Інтерактивна мапа територій, які потенційно можуть бути забруднені вибухонебезпечними предметами [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://mine.dsns.gov.ua. – 26.10.2023.

7. Про протимінну діяльність в Україні [Електронний ресурс] : Закон України від 6 грудня 2018 року № 2642-VIII // Верховна Рада України : офіційний веб-портал. – Режим доступу: https://bit.ly/2RD1yF7. – 27.10.2023.

8. Протимінна діяльність [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.mil.gov.ua/diyalnist/protiminna-diyalnist/#:~:text= Розмінування%20 (demining)%20гуманітарне%20розмінування%20—,діяльності %20та%20передача %20очищеної%20території. – 28.10.2023.

9. Піротехніки ДСНС від початку війни знешкодили 3130 авіабомб [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3792734-pirotehniki-dsns-vid-pocatku-vijni-zneskodili-3130-aviabomb.html. – 01.11.2023.

10. Roly Evans, Bob Seddon, Jovana Carapic, Посібник для України «Вибухові боєприпаси», GICHD, 2022

11. Барбашин В.В., Назаров О.О., Рютін В.В., Толкунов І.О., Основи організації піротехнічних робіт, 2010

12. Олівець для розмінування [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.unian.ua/weapons/v-ukrajini-stvorili-olivec-dlya-rozminuvannya-foto-video-12064002.html. – 5.11.2023.

13. Перспективи використання мобільних роботизованих комплексів в широкому спектрі вирішення задач мілітарного спрямування ,Р.В. Зінько,П.І. Ванкевич, А.Д. Черненко, О.В. Федін, Є.Г. Іваник, , Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна.

14. Наземні роботизовані комплекси Струтинський В.Б., Гуржій А.М.,Житомир: ПП «Рута»,2023 . – 524 с.

15. РТК Talon [Електронний доступ] – http://www.army-guide.com/rus/product1795.html. – 7.11.2023.

16. Королюк В.С. Полумарковские процессы и их при- ложения / В.С. Королюк, А.Ф. Турбин. – К.:Наук. думка, 1976. – 182 с.

17. Explosives disposal robot, Andrew Goldenberg, Nenad Kircanski, Sheldon K. Dickie, Gordon D. Scott, Lawrence Gryniewski, 5 King's College Road,Toronto, Ontario, Canada, 1998.

18. Робот Talon [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.depo.ua/rus/war/robot-talon-shcho-za-amerikanske-chudo-tekhniki-dopomagae-ukrainskim-saperam-202001281102788. – 10.11.2023.

19. 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 Черняховського № 2(66). – 2019.– С. 115-119.

20. Олівець для розмінування [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.unian.ua/weapons/v-ukrajini-stvorili-olivec-dlya-rozminuvannya-foto-video-12064002.html. – 14.11.2023.

21. Мобільний робототехнічний комплекс з дистанційним керуванням // Патент України No 140446. 2020. Бюл. No4 / Струтинський В.Б., Гуржій А.М., Вакуленко С.Ю., Новак В.В.

22. Охорона праці при роботі з комп'ютерною технікою. Охорона праці та пожежна безпека. URL: https://bit.ly/3cATg86. – 15.12.2023.

23. Охорона праці при роботі з ПК. URL: https://lektsii.org/3–115998.htm. – 17.12.2023.

24. ДСТУ-П 8820:2018. Інформація та документація. Порядок проведення органами та підрозділами цивільного захисту очищення (розмінування) району ведення бойових дій. Київ, 2020, 76с.