

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Конструювання та дизайну

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри**

Конструювання машин і обладнання  
(назва кафедри)

Вячеслав ЛОВЕЙКІН

(підпис)

(ПІБ)

“ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ  
ДЛЯ РОЗМІНУВАННЯ

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування  
(код і назва)

**Гарант освітньої програми**

Д.Т.Н., професор  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Володимир БУЛГАКОВ  
(ПІБ)

**Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи**

Д.Т.Н., професор  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Вячеслав ЛОВЕЙКІН  
(ПІБ)

К.Т.Н.  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Анастасія ЛЯШКО  
(ПІБ)

**Виконав**

(підпис)

Предоляк Кирило Олександрович

(ПІБ студента)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Конструювання машин і обладнання

Д.Т.Н., професор Вячеслав ЛОВЕЙКІН  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)  
“ ” 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Преодоляк Кирило Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи (дипломного проекту бакалавра) **РОЗРОБКА  
КОНСТРУКЦІЇ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ РОЗМІНУВАННЯ**

затверджена наказом ректора НУБіП України від “16” грудня 2024 р. №2265 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 2025 червня 03

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи (дипломного проекту бакалавра)

Технологічна схема застосування пошукового робота

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Провести аналіз існуючих конструкцій мобільних платформ для розмінування
2. Розглянути перспективи створення нової мобільної платформи для розмінування
3. Виконати розрахунок ковша
4. Розглянути питання охорони праці
5. Виконати розрахунок економічної ефективності

Перелік графічних документів (за потреби)

1. Загальний вигляд

Дата видачі завдання “06” червня 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Вячеслав ЛОВЕЙКІН.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Анастасія ЛЯШКО

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Кирило Преодоляк

(підпис)

(прізвище та ініціали студент)

## ЗМІСТ

ЗМІСТ .....	3
РЕФЕРАТ .....	5
ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ.....	8
1.1. Актуальність розробки .....	8
1.2. Загальні відомості про розмінування.....	9
1.3. Засоби для виявлення вибухонебезпечних предметів .....	16
1.4. Аналіз конструкцій техніки для розмінування .....	19
1.4.1. Класифікація техніки для розмінування .....	19
1.4.2. Машини для розмінування.....	24
1.4.3. Роботи для розмінування .....	28
1.5. Патентний пошук за темою .....	30
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ.....	35
2.1. Вихідні дані.....	35
2.2. Розрахунки .....	35
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	41
3.1. Нормативно-правова база.....	42
3.2. Заходи безпеки під час розробки конструкції.....	42
3.3. Безпечна експлуатація обладнання.....	43
3.4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).....	43
3.5. Психофізіологічна безпека та підготовка персоналу.....	43
3.6. Екологічна безпека .....	44
3.7. Зони відповідальності та евакуаційні заходи.....	44
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ .....	45
4.1. Визначення капітальних витрат .....	45

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Предоляк К.О.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Ляшко А.П.			3	52	
Н. Контр.		Матухно Н.В.			ЗМІСТ		
Затверд.		Ловейкін В.С.			НУБіП України		

4.2.	Визначення експлуатаційних витрат .....	45
4.3.	Розрахунок ефекту від впровадження .....	45
4.4.	Розрахунок терміну окупності .....	46
4.5.	Висновки .....	46
ВИСНОВКИ .....		47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....		49
ДОДАТКИ .....		52

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

## РЕФЕРАТ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблено конструкцію мобільної платформи для розмінування, актуальність якої обумовлена потребою в ефективному очищенні території України від вибухонебезпечних предметів. Робота складається з 52 сторінок, містить вступ, чотири основні розділи, висновки, список літератури та додатки.

У першому розділі виконано аналіз існуючих рішень у сфері розмінування, наведено класифікацію технічних засобів, охарактеризовано бойові, гуманітарні та роботизовані машини, розглянуто актуальні патенти.

Другий розділ присвячений безпосередній розробці конструкції мобільної платформи, зокрема ковша для ґрунтових робіт, проведено відповідні розрахунки сил, моментів та підбір сервоприводу.

У третьому розділі висвітлено питання охорони праці при створенні і застосуванні роботизованої техніки в зоні підвищеного ризику.

Четвертий розділ містить розрахунок економічної ефективності проєкту, доведено доцільність впровадження розробки з терміном окупності до 4,1 року.

**Ключові слова:** мобільна платформа, розмінування, вибухонебезпечні предмети, ківш, дистанційне керування.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Преодоляк К.О.			РЕФЕРАТ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.					5	52
<i>Н. Контр.</i>		Матухно Н.В.			НУБіП України			
<i>Затверд.</i>		Ловейкін В.С.						

## ВСТУП

У ХХІ столітті питання збереження життя та здоров'я людини в умовах бойових дій і постконфліктного відновлення стало одним із найгостріших викликів для інженерної галузі. Особливо актуальним це є для України, яка за офіційними оцінками наразі є однією з найбільш замінованих країн світу. Заміновані території не лише становлять серйозну небезпеку для цивільного населення, але й унеможливають використання значної частини сільськогосподарських угідь. В умовах, коли аграрний сектор є одним із ключових драйверів економіки, проблема гуманітарного розмінування набула не лише технічного, а й стратегічного значення для держави.

Сучасні підходи до розмінування базуються як на ручних методах, так і на використанні спеціалізованої техніки. Проте ручне розмінування – надзвичайно небезпечний, повільний та витратний процес. Це зумовлює нагальну потребу в розробці автономних або дистанційно керованих мобільних платформ, які здатні ефективно виявляти та нейтралізувати вибухонебезпечні предмети, зберігаючи при цьому життя та здоров'я фахівців.

**Об'єктом дослідження** є процес виконання технічних робіт із виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів на відкритих територіях.

**Предметом дослідження** виступає конструкція мобільної платформи для розмінування та її робочого органу – ковша, що здійснює механічну взаємодію з ґрунтом.

**Метою** роботи є розробка конструкції мобільної платформи для розмінування з оптимальними технічними характеристиками, яка забезпечить ефективність, безпечність та економічну доцільність її використання на практиці.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Преодоляк К.О.			<b>ВСТУП</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.					6	52
<i>Н. Контр.</i>		Матухно Н.В.			НУБіП України			
<i>Затверд.</i>		Ловейкін В.С.						

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

- Проаналізувати сучасні технології розмінування та класифікувати типи машин і роботизованих комплексів.
- Провести патентний пошук з метою виявлення актуальних інженерних рішень у сфері мобільних систем розмінування.
- Розробити технічну схему та конструкцію мобільної платформи, визначити доцільні параметри ковша.
- Виконати силові розрахунки робочого органу та підібрати відповідний електросервопривід.
- Провести аналіз питань охорони праці та екологічної безпеки під час експлуатації платформи.
- Обґрунтувати економічну ефективність розробки та визначити термін її окупності.

Вважаю, що реалізація такого інженерного рішення має не лише суто технічну, а й глибоку гуманітарну місію: повернути людям доступ до безпечного життя, відновити родючі українські землі та знизити ризики, які несуть у собі вибухонебезпечні предмети. Запропонована мобільна платформа стане кроком до майбутнього, у якому технології служать життю.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

## РОЗДІЛ 1. ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

### 1.1. Актуальність розробки

На сьогоднішній день, в умовах війни заміновано величезну кількість територій, близько 30% вкриті вибухонебезпечними боеприпасами за офіційною статистикою, тобто Україна зараз найбільш замінована країна в стіті. Близько 10% від загальної площі орних земель країни знаходяться в непридатному для використання стані, через що страждає економіка країни, зменшується кількість експортної продукції, та підвищення цін у внутрішньому ринку.



Рис. 1.1. Зображення масштабів замінування

Над важливим завданням є розмінування території, через що проводиться створення робочих комплексів для виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів, це актуально як для аграріїв, на земельних ділянках, так і для військових, в зоні бойових дій. Зараз активно відбувається очищення земель,

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Преодоляк К.О.			РОЗДІЛ 1. АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ	Лім.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Ляшко А.П.					8	52
Н. Контр.		Матухно Н.В.			НУБіП України			
Затверд.		Ловейкін В.С.						

## 1.2. Загальні відомості про розмінування

Розмінування - це комплекс заходів, спрямованих на виявлення, ідентифікацію, знешкодження або знищення вибухонебезпечних предметів, таких як міни, гранати, боєприпаси, що не розірвалися, саморобні вибухові пристрої та інші. У випадку України розмінування є критично важливим через значне забруднення її території внаслідок російської агресії.

Серед вибухонебезпечних засобів відносять: снаряди, ракети, гранати, що не вибухнули, імпровізовані вибухові пристрої, касетні боєприпаси, протипіхотні (рис. 1.2.-1.6.) та протитанкові міни.



Рис. 1.2. Протипіхотна міна МОН-50



Рис. 1.3. Протипіхотна міна ПФМ-1

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9



Рис. 1.4. Протипіхотна міна кругового ураження ОЗМ-72



Рис. 1.5. Фугасна протипіхотна міна ПМН-2

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Рис. 1.6. Проти танкова міна ТМ-62



Рис. 1.7. Ручна кумулятивна граната РКГ-3

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



Рис. 1.8. Уламкова граната Ф-1

У світі поширено декілька форм розмінування, залежно від ситуації та завдань. Найскладнішим з точки зору технічної реалізації та регламентації є гуманітарне розмінування, воно проводиться виключно з метою захисту цивільного населення, і виконується в умовах, коли активні бойові дії вже припинено. Особливістю такого розмінування є високі вимоги до точності, безпеки та ретельності. В порівнянні із бойовим розмінуванням, яке може виконуватись терміново для тактичних військових потреб, гуманітарне проводять із глибоким аналізом ризиків виконуючи повільну та детальну перевірку. IMAS (International Mine Action Standards) це стандарт на якому вона базується, він регулює всі аспекти: від маркування території до підготовки персоналу та контролю якості очищених ділянок.

Найпоширенішими інструментами в розмінуванні є металодетектори, геофізичні радари, дрони з камерами високої роздільності, а також спеціально навчені собаки, які здатні відчувати запах вибухівки навіть у складних умовах. Процес знешкодження мін обов'язково розпочинається з етапу збору інформації про небезпечні території. На цьому етапі передбачається робота із архівами, картами, свідченнями місцевих жителів, записами військових дій, а також аналіз

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

супутникових знімків. Метою даної послідовності є визначення території, де з високою імовірністю можуть знаходитися вибухонебезпечні предмети. Далі настає етап технічного обстеження - фахівці за допомогою спеціальних засобів досліджують підозрілі ділянки.



Рис. 1.9. Металодетектор для розмінування Garrett Recon-Pro AML 1000

Саме знешкодження відбувається після точного визначення розташування небезпечних предметів. Процес розмінування може відбутись у вигляді знешкодження або знищення за допомогою різноманітних засобів, а саме: зроблено вручну, механізовано або з використанням дистанційно керованих роботів, все залежить від умов місцевості та технічних можливостей.

Найнебезпечніше є саме ручне розмінування, яке передбачає кропітку працю саперів у повному захисному спорядженні. Відбувається повноцінне знешкодження ділянки. Особливу увагу приділяють забезпеченню того, щоби не залишити жодного вибухонебезпечного об'єкта - для цього застосовують методики перехресного обстеження територій.

По завершенню очищення в обов'язковому порядку проводиться контроль якості, тобто перевірка часткового або повного характеру, залежно від рівня ризику. Це означає, що незалежна від виконавців команда, перевіряє ділянку на наявність залишків мін або боєприпасів. Після цієї перевірки можна сказати чи

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

безпечні та придатні для повернення населення або для використання в аграрній промисловості території.

Якщо говорити про бойове розмінування то його головними засадами є швидкість, мобільність та мінімально необхідний набір дій для ефективної роботи в тактичних ситуаціях. За метою таке розмінування намагається забезпечити швидке і безпечне просування військ, техніки або евакуацію людей через заміновані або заблоковані території.

Дуже часто інженерно-саперні підрозділи мають створити прохід в мінних полях або барикадах для танків і піхоти. В більшості ситуацій це здійснюється під вогнем противника, що вимагає рішучості та злагодженості дій виконавців.

У бойовому розмінуванні застосовують ручні та механізовані методи. До ручних відноситься пошук мін саперами за допомогою металошукачів або пробниками, часто подібний метод може виконується швидко і з великою імовірністю пропуску потенційно замінованих ділянок. Якщо говорити про механічні методи тут все достатньо обширно, використовуються інженерні машини розгородження, трали, катки або снаряди з вибуховими шнурами, які мають змогу створити проходи у мінних полях за допомогою вибуху. В наш час актуальність отримали дрони для візуального виявлення мінних полів, сенсорні систем для детекції сигналів вибухівки, роботизовані комплекси для дистанційного розмінування.



Рис. 1.10. Роботизований комплекси для дистанційного розмінування ПОСТ-01, CALIBER T5

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк. 14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.11. Дрон детектор для виявлення ВВП



Рис. 1.12. Інженерна машина для розгородження

Також необхідно звернути увагу на керовані або саморобні вибухові пристрої, які можуть бути приховані у будівлях, транспорті, на дорогах. Тут бойове розмінування часто поєднується з контрдиверсійною діяльністю, тобто сапери виконують перевірку об'єктів на наявність пасток або дистанційно керованих зарядів.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Зараз для ручного розмінування застосовуються високочутливі металодетектори, перевагами якого є здатність відрізнити сигнали від металу в ґрунті чи смітті від сигналів, які дає справжній вибуховий пристрій це дозволяють виявляти як великі протитанкові міни, так і маленькі фрагменти боєприпасів або мін-пасток.

### 1.3. Засоби для виявлення вибухонебезпечних предметів

Найбільш поширеним засобом виявлення мін із нині існуючих це металодетектор. Він є одним із найстаріших, але досі актуальним пристроєм для пошуку металевих виробів, зокрема вибухонебезпечних предметів. Сучасні моделі володіють високою чутливістю, можуть регулювати глибину сканування та деякі із них здатні розрізнити типи металів, що знижує кількість хибних спрацювань. Проте вони менш ефективні у випадку саморобних вибухових пристроїв із малим вмістом металу та пластиковими мінами.

Можна також згадати про ґрунтові радары (рис. 1.13) (GPR, ground penetrating radar), прилад який за допомогою електромагнітного сканування здатен перевірити поверхню землі на наявність зайвих об'єктів. Він не обмежений лише виявленням металевих виробів, а зможе виявити будь-які аномалії у структурі ґрунту, включаючи пластикові чи дерев'яні корпуси вибухових пристроїв.

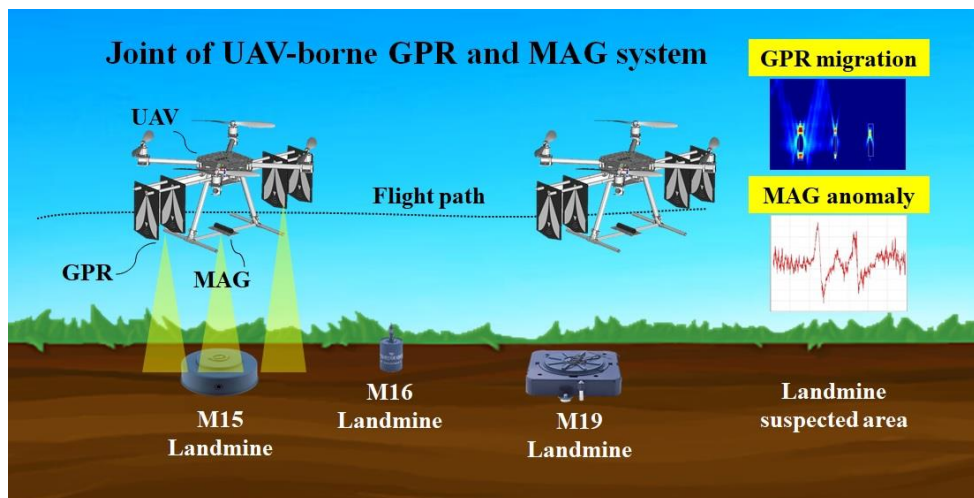


Рис. 1.13. Схема роботи Ground penetrating radar із використанням БПЛА

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

В наш час для виявлення ВВП активно застосовують дрони (рис. 1.14)). Безпілотники, оснащені мультиспектральними камерами, тепловізорами, LiDAR-сенсорами і навіть магнітометрами, завдяки цим приладам вони можуть проводити детальний огляд території з повітря. Тепловізор здатен виявляти відмінність температур в зоні, де закладено міну, а LiDAR - зафіксувати зміну в геометрії ґрунту. А наявність в деяких мобільних платформах вбудованого штучного інтелекту дає можливість автоматично розпізнавати об'єкти.



Рис. 1.14. Дрон із встановленим термодатчиком

Також варто згадати про собак-міношукачів (рис. 1.15) – це надзвичайно ефективний біологічний метод виявлення ВВП. Чудово навчені собаки здатні відчути навіть незначні сліди вибухових речовин, включаючи компоненти, що важко виявити за допомогою техніки, тому нюх є надзвичайно ефективним засобом. Але не зважаючи на їхні переваги, недоліки також присутні, серед яких складність застосування, собаки-міношукачі потребують ретельної підготовки, не завжди можуть бути застосовані у складному рельєфі, специфічні умови.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17



Рис. 1.15. Собака міношукач у спорядженні

Наступний цікавий метод який зараз розвивається це біосенсори (рис.1.16), побудовані на основі бактерій, рослин або штучних рецепторів, які реагують на хімічні сполуки вибухових речовин. Частина таких сенсорів створюється для швидкого діагностування та моніторингу забрудненості територій. На даний момент в Україні їх широко не використовують, але в світовій практиці вони поступово розвиваються.

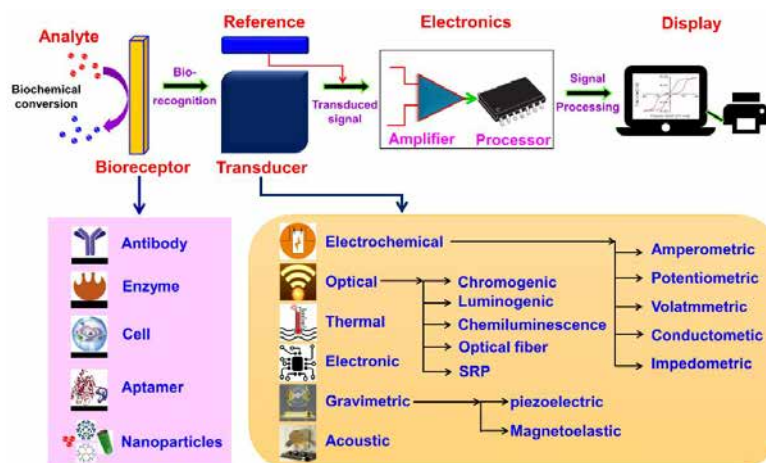


Рис. 1.16. Схема роботи біосенсора

## 1.4. Аналіз конструкцій техніки для розмінування

### 1.4.1. Класифікація техніки для розмінування

Класифікацію техніки для розмінування можна розбити на декілька ключових факторів.

За призначенням розмінувальні апарати поділяються на:

Бойова техніка (рис. 1.17) для розмінування, яка використовується в зоні бойових дій прикладом може слугувати інженерна машина розгородження ІМР-2, застосовується для створення проходів у мінних полях під вогнем противника. Подібні машини здебільшого базуються на танкових шасі та мають потужний бронезахист, оснащені тралами або катками, які детонують міни створюючи прохід.



Рис. 1.17. Leopard 2R, бойова машина розмінування, створена на базі танка Leopard 2A4

Гуманітарна техніка для розмінування (рис. 1.18), як приклад можна навести MV-4, Возена-5, приступають до завдання після завершення бойових дій. Вони здебільшого оснащені робочими органами, які не надто ефективні для бойових завдань, але добре себе показують при тривалому точному розмінуванні великих площ, зазвичай така техніка легша та маневреніша.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19



Рис. 1.18. Легка роботизована машина розмінування MV-4

**За типом робочого органу** розмінувальні апарати поділяються на:

Фрезерні (рис.1.19), за конструкцією мають обертовий барабан із ланцюгами, ножами або зубцями, за допомогою даної побудови ВВП детонують за рахунок удару робочим органом. Такий тип підходить для обробки відкритих площ, зокрема полів або доріг.



Рис. 1.19. Приклад фрезерної розмінувальної машини PT-300 D:MINE

Тральні (рис. 1.20), розмінувальний орган таких машин найпростіший з точки зору конструктивної реалізації, це класичний метод бойового

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

розмінування. Такі розміновувачі прочісують поверхню або ґрунт, витягаючи або підриваючи міни.



Рис. 1.20. Приклад тральної розмінувальної машини M1150 AVV

Катковими (рис.1.21) називають машини котрі застосовують важкі сталеві барабани і за рахунок прокочування на землі вони підривають міни. Часто подібну техніку використовують на передовій.



Рис. 1.21. Приклад каткового типу -16-ти тонна машина розмінування прототип, українського виробництва

Маніпуляторні (рис. 1.22) робочі органи імітують руку людини, або володіють певними інструментами та за допомогою дистанційного керування знешкоджують чи переміщують ВВП. Такі машини переважно використовуються для точної роботи, наприклад міські, цивільні зони.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21



Рис. 1.22. Приклад маніпуляторного робота для розмінування CALIBER FLEX

**За способом керування** розмінувальні апарати поділяються на:

Пілотовані (рис.1.23), здебільшого застосовуються в бойових умовах, вони оснащуються броньованими кабінами та можуть працювати з оператором на борту.



Рис. 1.23. Пілотований машинний комплекс розмінування MineWolf 370

Дистанційно керовані (рис.1.24), це апарати які використовують радіозв'язок або дротову систему, тому вони дають можливість оператору керувати технікою із безпечної відстані, що дозволяє мінімізувати ризики.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22



Рис. 1.24. Дистанційно керований робот Avenger LT UGV

Автономні (роботизовані) (рис.1.25), до таких систем належать машини, котрі використовують алгоритми навігації, ШІ або запрограмовані маршрути, вони здатні самостійно, або із обмеженим втручанням оператора обстежувати територію. На даний момент такі платформи в активній розробці та стрімко покращуються.



Рис. 1.25. Автономний дрон із використанням ШІ - ST1 [МІНОШУКАЧ]

Варто відзначити **масово-габаритну** характеристику, тут можна зробити поділ на:

**Легкі** (міні-машини), які використовують у важко доступному середовищі, часто використовуються для обстеження території.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

**Середні** це переважна більшість, з таких форм фактором можливо реалізувати досить велику кількість конструктиву, та забезпечити оптимальну ціну.

До **важких** зазвичай відносять бойові машини, вони оснащуються хорошим захистом, володіють високою прохідністю, та масивними робочими органами.

#### **1.4.2. Машини для розмінування**

Машини для розмінування зазвичай характеризуються великими розмірами, переважно це потужні комплексна гусеничному або колісному шасі, вони бувають гуманітарного або бойового призначення, за розмінувальними принципами вони переважно застосовують пряму детонацію, використовуючи ківшове обладнанням, трали, фрезерні барабани, каткові барабани, із досить масивним та максимально міцним конструктивом.

Бойові машини для розмінування зазвичай діють у зоні активних бойових дій. Використовуються для створення проходів в мінних полях, розчищаючи дороги для наступу військ. Машини цього напрямку комплектуються потужним бронюванням, а часто і додаткове озброєння.

Ось приклади:

Bionix Trailblazer (рис. 1.26) – розмінувальна машина із ланцюговим барабаном та оснащена системою позначення стежки за допомогою розмічувальних стрижнів.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



Рис. 1.26. 30-ти тонна протимінна машина Bionix Trailblazer

K600 Rhino (рис. 1.27) – машина для проривання мінних полів, вона оснащена широким плугом та здатна проривати ґрунт глибиною до 0.3 м. Також даний апарат використовує детонатори, котрі випромінюють магнітне поле задля підриву мін.



Рис. 1.27. Тральна розміновувальна машина K600 Rhino

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Keiler (mine flail) (рис. 1.28) – призначена для розмінування, створюючи проходи у мінних полях, вона здатна детонувати як протипіхотні так і протитанкові міни, оснащена потужним роторним барабаном із ланцюгами кількістю 24 штуки. Розчищає в ширину близько 4.7 м, та здатна обробити 120 метрів шляху за 10 хвилин.



Рис. 1.28. Машина для розмінування Keiler (mine flail)

Гуманітарні машини для розмінування оснащуються меншим бронюванням, відзначаються більшою точністю, та можливістю тривалої роботи. Їх застосовують для очищення сільськогосподарських угідь, міст, доріг та іншої цивільної інфраструктури, після бойових дій. Такі агрегати переважно дистанційно керовані, використовують фрезерні, тральні або комбінові робочі органи. Можна навести приклади із таких машин:

Armtrac 400 (рис. 1.29) – багатофункціональна машина, на гусеничній платформі, здатна використовувати різні типи тралів, фрез.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



Рис. 1.29. Барабанний розміновувач Armtrac 400

MV-4/10 (DOK-ING) (рис. 1.30) – відносно не велика платформа із гусеничним приводом, комплектується різноманітними типами розміновувальних органів.



Рис. 1.30. Знешкоджувач мін із барабано-ланцюговим робочим органом DOK-ING MV-10

Vozena-4 та Vozena-5 (рис. 1.31) – дистанційно керовані установки, менших розмірів, в порівнянні із попередніми. Встановлюються фрезерні або маніпуляторні пристрої.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



Рис. 1.31. Апарат для розмінування із фрезерним барабаном Vozena-4

### 1.4.3. Роботи для розмінування

Роботи для розмінування в переважній більшості мають менші габарити, володіють вищою мобільністю, та їхнім застосуванням є точне виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів, часто такі машини проектуються для ефективної роботи у міських районах, приміщеннях, тунелях або на обмежених ділянках. Також можна відзначити, що вони не так часто використовують конструктив із фізичним детонуванням міни, як важкі машини, а застосовуються для точного виявлення й нейтралізації конкретних об'єктів.

Сучасні моделі оснащені усіма можливими іноваційними технологічними рішеннями, маніпулятори, відеокамери, сенсори, системами рентгенівського аналізу. Це все використовується за для максимальної ефективності і точності робіт.

Ось перелічені приклади робіт для розмінування:

TALON (рис.1.32) – дистанційно керований робот для виявлення ВВП, може використовуватись і у військових, і в цивільних цілях;

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

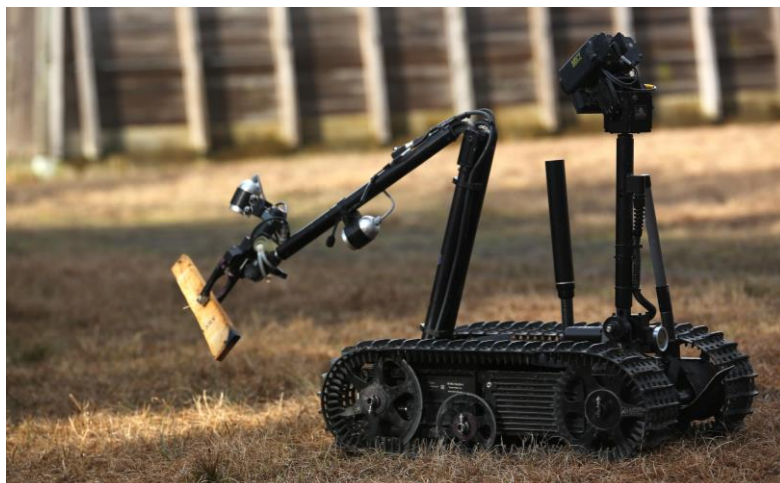


Рис. 1.32. Маніпуляторний робот для розмінування TALON

PackBot (рис. 1.33) – мобільний робот, що здатний діяти у завалених будівлях або підвалах;



Рис. 1.33. Маніпуляторний робот для знешкодження ВВП PackBot 510

Teodor (рис.1.34) – роботизований комплекс для саперів, обладнаний маніпулятором і відеоспостереженням;

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



Рис. 1.34. Роботизований комплекс розмінування Teodor

### 1.5. Патентний пошук за темою

Дрони для виявлення та видалення мін, корейський патент №KR102299872В. Основною ідеєю є система, що складається із двох дронів: дрон детектор та дрон для знешкодження. Мобільна платформа детектор оснащена флуоресцентним маркуванням розташування місць мін, а платформа знешкоджувач застосовує самохідний вибуховий пристрій. Дрон для видалення скидає вибухову речовину, яка знаходиться в амортизаційній капсулі на ВВП, після детонації дрон детектор перевіряє місце вибуху на наявність ВВП.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

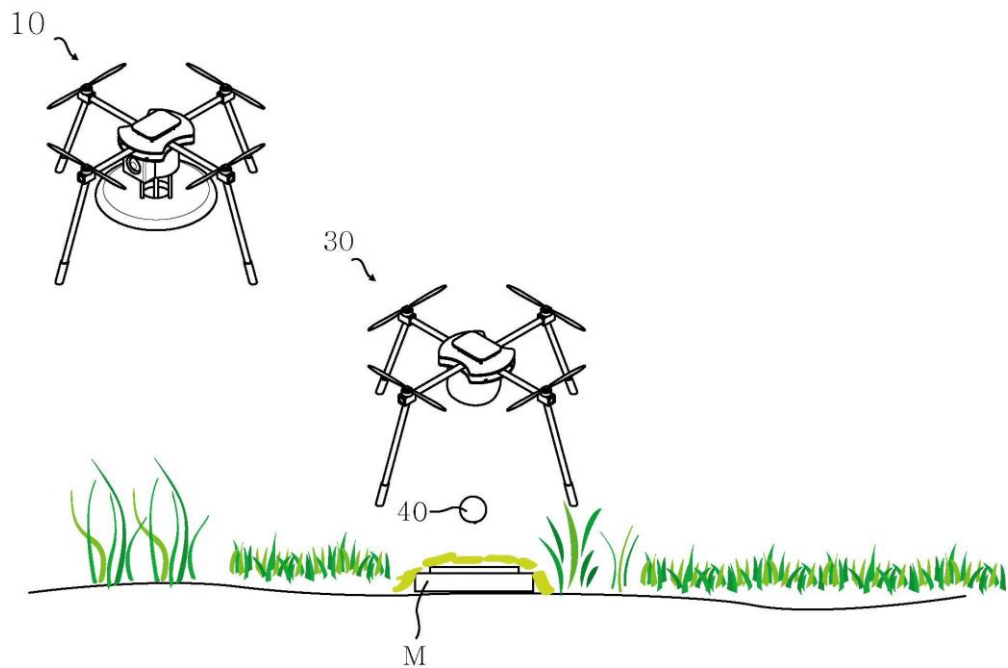


Рис. 1.35. Умовне зображення роботи, 10-дрон виявлення, 30-дрон знешкоджувач, 40-вибуховий заряд, М-міна

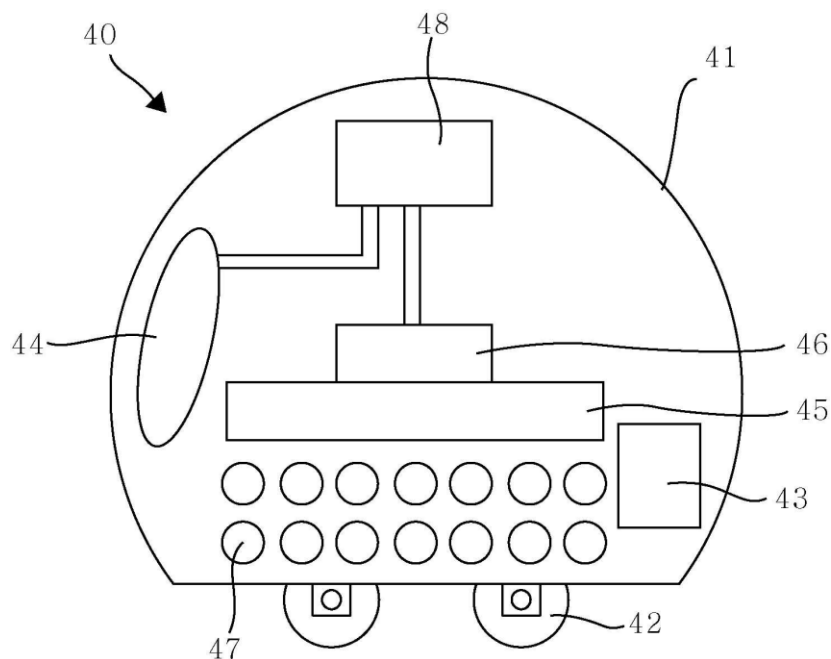


Рис. 1.36. Зображення вибухового заряду, 41-корпус, 42-колеса, 43-привідні засоби, 44-міношукач, 45-порох, 46-електронний детонатор, 47-дріб, 48-пристрій зв'язку

Робот для знешкодження вибухових пристроїв, патент США №US6113343A, спеціально призначений для використання в небезпечних серидовищах для знешкодження ВВП, оснащений колісно платформою, механізмом намотування кабелю для запобігання його заплутуванню, встановлена обертова турель з універсальним маніпулятором.

U.S. Patent

Sep. 5, 2000

Sheet 1 of 13

6,113,343

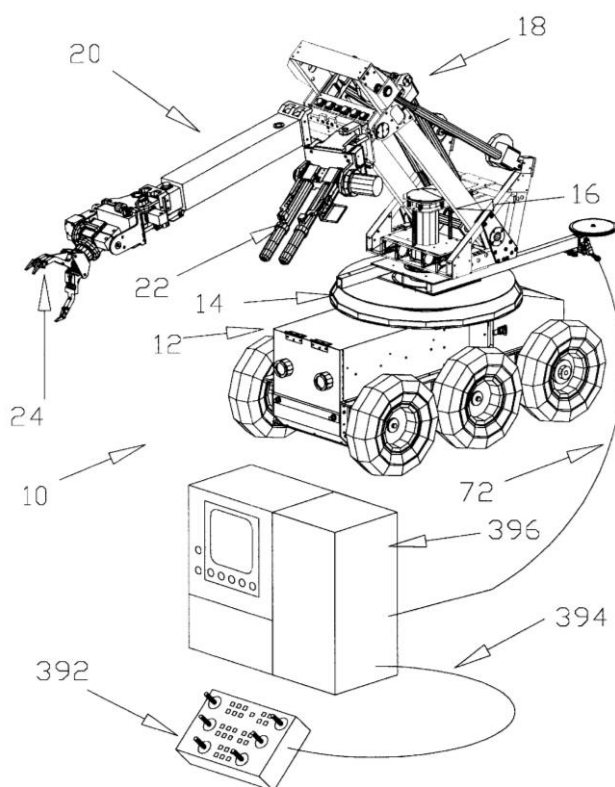


Рис. 1.37. Загальний вид патенту, 10-робот, 12-колісна база, 14-механізм намотування кабелю, 16-револьверний механізм, 18-маніпулятор, 20-висувна ланка, 22-механізм прицілювання і руйнування, 24-механізм захвату, 72-кабель керування, 392-панель управління, 394-кабель, 396-базова станція

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Фінський патент №FI112398В, розміновувальний транспортний засіб, особливістю якого є обертові ґрунто проникні елементи для фізичного детонування мін.

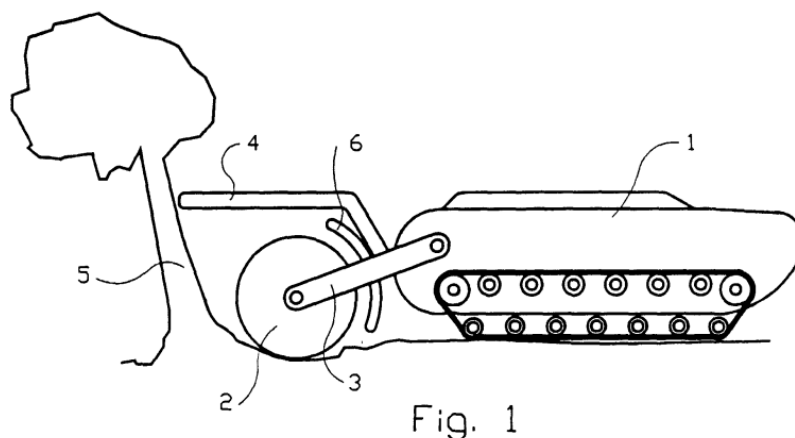


Fig. 1

Рис. 1.38. Вигляд збоку, 1-розміновувальна машина, 2-фрезерний барабан, 3-кріплення барабана, 4-рама знешкодження перешкод, 5-дерево, 6-захист

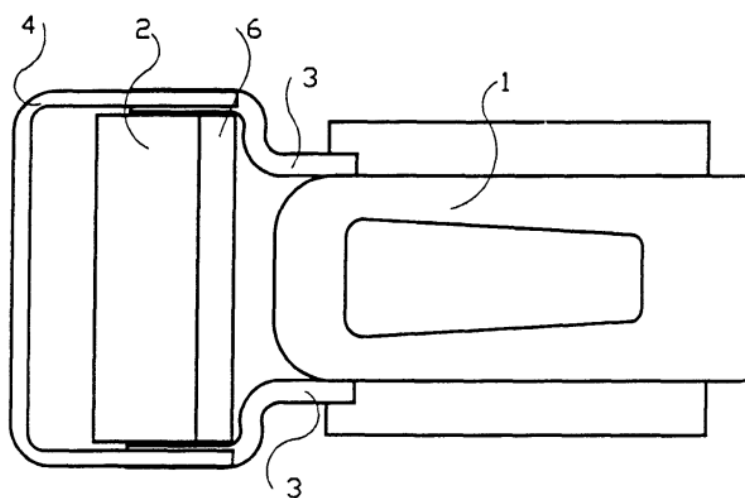


Fig. 2

Рис. 1.39. Вигляд зверху

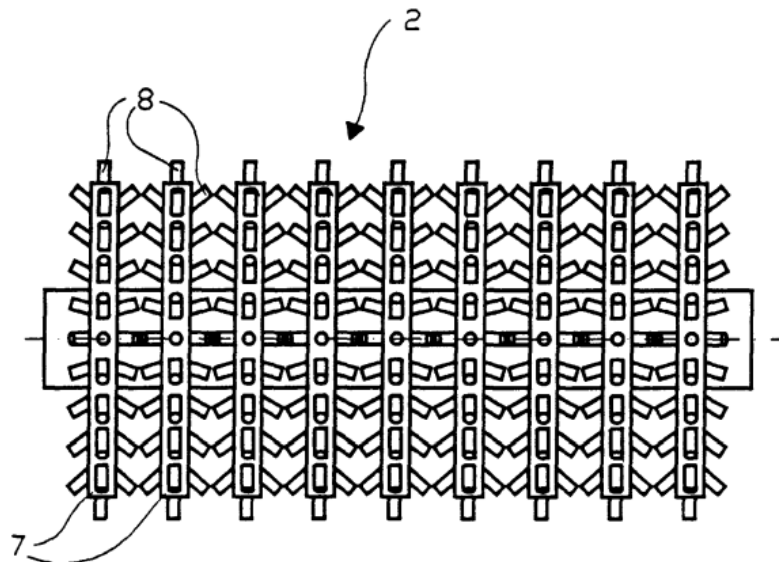


Fig. 3

Рис. 1.40. Вигляд фрезерного барабана, 7-диски барабана, 8-зубці

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

## РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ

### Розрахунок ковша екскаватора для розмінувального робота

#### 2.1. Вихідні дані

- Тип ґрунту: Щільна глина;
- Питома сила руйнування ґрунту:  $m_{\text{ср}} = 0,3$  МПа;
- Тривалість робочого циклу:  $t_{\text{ц}} = 20$  с;
- Орієнтовна місткість ковша:  $q_{\text{ор}} = 0,25$  м<sup>3</sup>;
- Ширина ковша:  $B = 0,65$  м;
- Глибина зрізу:  $h = 15$  см;
- Довжина шляху копання:  $H = 15$  см (глибина розробки)

Адаптовані параметри для мобільної платформи

Коефіцієнти для розмінувального робота:

- $k_{\text{розп}} = 1,20$  (коефіцієнт розпушення ґрунту);
- $k_{\text{нап}} = 0,8$  (коефіцієнт наповнення ковша - знижений для точності);
- $k_{\text{ч}} = 0,8$  (коефіцієнт використання за часом).

Привод: електросервопривод:

- Точність позиціонування:  $\pm 2$  мм;
- Швидкість обертання: регульована 0-3000 об/хв.

#### 2.2. Розрахунки

##### 1. Площа поперечного перерізу ґрунту

$$F = (q \cdot k_{\text{нап}}) / (k_{\text{розп}} \cdot H) \cdot 10^4 \text{ см}^2 \quad (2.1)$$

$$F = (0,25 \cdot 0,8) / (1,20 \cdot 0,15) \cdot 10^4 = 1111 \text{ см}^2$$

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 012 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Предоляк К.О.			РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Ляшко А.П.					35	52
<i>Н. Контр.</i>		Матухно Н.В.			НУБіП України			
<i>Затверд.</i>		Ловейкін В.С.						

## 2. Товщина зрізу

$$h = F/V = 1111/65 = 17,1 \text{ см}, \quad (2.2)$$

Обираємо 15 см.

## 3. Площі лобових частин поперечного перерізу зрізу

$$F_{\text{пз}} = b \cdot h \cdot n = 7 \cdot 15 \cdot 3 = 315 \text{ см}^2 \quad (2.3)$$

Для мобільної платформи де  $b = 7$  см – ширина зубця;

$h$  – глибина різання, см;

$n = 3$  – кількість зубців на ріжучій частині ковша.

## 4. Площі бокових частин поперечного перерізу зрізу

$$F_{\text{бок}} = F - F_{\text{пз}} = 1111 - 315 = 796 \text{ см}^2 \quad (2.4)$$

## 5. Сумарна довжина ліній бокового зрізу ґрунту

$$L_{\text{бок.з}} = 2h(1 - k_{\text{бок}})n = 2 \cdot 15 \cdot (1 - 0,8) \cdot 3 = 18 \text{ см} \quad (2.5)$$

де  $k_{\text{бок}} = 0,8$  – коефіцієнт глибини частини прорізу, яка розширюється.

## 6. Середньомаксимальна дотична складова сили різання

$$P = m_{\text{ср}}(\varphi \cdot F_{\text{пз}} + \eta_{\text{бок}} \cdot F_{\text{бок}} + \eta_{\text{бок.р}} \cdot L_{\text{бок.з}}) \quad (2.6)$$

$$P = 0,3 \cdot 10^6 \cdot (1 \cdot 315 + 0,45 \cdot 796 + 6,5 \cdot 18) \cdot 10^{-4}$$

$$P = 0,3 \cdot 10^6 \cdot (315 + 358,2 + 117) \cdot 10^{-4} = 2370 \text{ Н}$$

де  $m_{\text{ср}}$  – питома сила руйнування ґрунту перед лобовою гранню зубця з кутом різання  $45^\circ$ , МПа (вихідні дані);

$\varphi = 1$  – коефіцієнт, який враховує вплив кута різання;

$\eta_{\text{бок}} = 0,45$  – коефіцієнт, який характеризує відношення питомих сил різання у бокових та лобовій частинах прорізу (для вихідних даних);

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\eta_{\text{бок.р}} = 6,5$  – коефіцієнт, який характеризує відношення питомих сил різання боковими ребрами ножа.

7. Середньомаксимальна нормальна складова сили різання

$$N = P \cdot \text{ctg}(\delta + \mu) = 2370 \cdot \text{ctg}(55^\circ) = 2370 \cdot 0,7 = 1659 \text{ Н} \quad (2.7)$$

де  $\delta = 360^\circ$ - кут різання;

$\mu = 19$  - кут тертя ґрунту об сталь.

8. Додаткова сила опору для притуплених робочих органів

Для  $h = 15$  см, методом інтерполяції:  $\eta_{\text{пл.зн}} = 0,09b = 0,09 \cdot 7 = 0,63$

$$P_{\text{пл.зн}} = m_{\text{ср}} \cdot \eta_{\text{пл.зн}} \cdot h \cdot L_{\text{пл.зн}} \cdot n \cdot 10^2 \quad (2.8)$$

де  $\eta_{\text{пл.зн.}} = 0,02b = 0,02 \cdot 7 = 0,14$ – коефіцієнт, який враховує притуплення робочих органів і залежить від ширини ділянки зносу  $a = 0,5b$  і товщини зрізу  $h$ ;

$L_{\text{пл.зн}} = b$  – довжина зношеного ріжучого краю зубця ковша.

$$P_{\text{пл.зн}} = 0,3 \cdot 10^6 \cdot 0,14 \cdot 15 \cdot 7 \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 1323 \text{ Н}$$

9. Середня дотична складова сили різання

$$P_{\text{ср}} = P \cdot k_e + P_{\text{пл.зн}} = 2370 \cdot 0,8 + 1323 = 3219 \text{ Н} \quad (2.9)$$

де  $k_e = 0,8$  – коефіцієнт енергомісткості процесу різання.

10. Середня нормальна складова сили різання

$\delta_1 = 0,17$  рад

$$N_{\text{ср}} = N \cdot k_e - P_{\text{пл.зн}} \cdot \text{ctg}(\delta_1 + \mu) \quad (2.10)$$

де  $\delta_1 = 0,8$  рад – кут між траєкторією різання і ділянкою зносу, рад.

$$N_{\text{ср}} = 1659 \cdot 0,8 - 1323 \cdot \text{ctg}(0,8 + 0,33) = 1327 - 625 = 702 \text{ Н}$$

Приймаємо  $N_{\text{ср}} = 1327 \text{ Н}$ .

11. Середня питома дотична сила різання

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$P'_{cp} = P_{cp}/F \cdot 10^{-2} = 3219/1111 \cdot 10^{-2} = 0,029 \text{ МПа} \quad (2.11)$$

## 12. Коефіцієнт питомої сили різання

$$k_{риз} = P'_{cp}/(P_{коп.о} + (1 + k_1) \cdot P_{cp} \cdot 10^{-6}) \quad (2.12)$$

де  $P_{коп.о} = 0,025 \text{ МПа}$  – питома сила копання для умовного ґрунту з нульовим опором різанню, Мпа;

$k_1 = 0,08$  – безрозмірний коефіцієнт.

$$k_{риз} = 0,029/(0,025 + 1,08 \cdot 7849 \cdot 10^{-6}) = 0,071/0,033 = 0,88$$

## 13. Дотична складова сили копання

$$P_{коп} = P_{cp}/k_{риз} = 3219/0,88 = 3658 \text{ Н} \quad (2.13)$$

## 14. Нормальна складова сили копання

$$N_{коп} = N_{cp} + (P_{коп} - P_{cp}) \cdot \psi = 1327 + (3658 - 3219) \cdot 0,58 = 1582 \text{ Н} \quad (2.14)$$

де  $\psi = ctg(\pi/3) = 0,58$  - коефіцієнт, який характеризує співвідношення складових повної сили копання ґрунту.

Приймаємо  $N_{коп} = 1582 \text{ Н}$

Результати розрахунку сил

- Дотична складова сили копання:  $P_{коп} = 3658 \text{ Н} \approx 3,7 \text{ кН}$
- Нормальна складова сили копання:  $N_{коп} = 1582 \text{ Н} \approx 1,6 \text{ кН}$
- Повна сила копання:  $F_{коп} = \sqrt{(P_{коп}^2 + N_{коп}^2)} = \sqrt{(3658^2 + 1582^2)} = 3985 \text{ Н} \approx 4 \text{ кН}$

Рекомендації для електроприводу

Перерахунок потужності:

- Швидкість копання:  $v_{коп} = 0,1 \text{ м/с}$ ;
- Потужність:  $P_{дв} = F_{коп} \cdot v_{коп} / \eta = 3985 \cdot 0,1 / 0,85 \approx 0,46 \text{ кВт}$ ;

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- З урахуванням коефіцієнта запасу (2,0) та пікових навантажень:  $P_{дв} = 1,0$  кВт;

Розрахунок крутного моменту:

Для ковша з довжиною стріли 0,5 м (компактна мобільна платформа):

$$M = F_{коп} \cdot L = 3985 \cdot 0,5 = 1993 \text{ Н}\cdot\text{м} \approx 2000 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Підбір конкретного сервоприводу:

Рекомендація: Kollmorgen AKM74P-BNCNR-00

- Потужність: 5,2 кВт (з запасом)
- Номінальний момент: 33 Н·м
- Піковий момент: 99 Н·м
- Швидкість: до 3000 об/хв
- Редуктор: планетарний 1:200
- Результуючий момент: 6600 Н·м

Альтернатива: Siemens 1FK7083-5AF71-1SG0

- Потужність: 3,5 кВт
- Номінальний момент: 22 Н·м
- Максимальний момент: 65 Н·м
- Редуктор: 1:300
- Результуючий момент: 6600 Н·м
- Технічні характеристики системи:
- Точність позиціонування:  $\pm 0,02^\circ$
- Час відгуку:  $< 2$  мс
- Енкодер: абсолютний 23 біт
- Контролер: з функцією Safety

Висновки

Розрахований ковш об'ємом 0,25 м<sup>3</sup> з шириною 0,65 м підходить для розмінувального робота на мобільній платформі. Електросервопривод

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

забезпечує необхідну точність та контрольованість руху, що критично важливо для безпечної роботи з вибухонебезпечними об'єктами.

Основні переваги:

- Точне позиціонування
- Плавний хід без ударів
- Можливість програмування траєкторії
- Низький рівень вібрацій
- Енергоефективність
- Технічні характеристики ковша:
- Місткість: 0,25 м<sup>3</sup>
- Ширина: 0,65 м
- Глибина копання: 0,15 м
- Сила копання: 4 кН

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

### РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

В процесі розробки та експлуатації мобільної платформи для розмінування першочерговим значенням є створення безпечних умов праці персоналу, який займається виготовленням, налаштуванням, технічним обслуговуванням, транспортуванням та безпосередньому виконанні завдання. Враховуючи, що розмінування знаходяться у високій зоні ризику, питання охорони праці має важливе значення як у проектуванні так і під час експлуатації виробу.

Якщо говорити про етап створення робота, необхідно відзначити важливість умов праці людей котрі створюють, обслуговують та проводять діагностику мобільної платформи, для запобігання травм при роботі із механізмами робота, конструктивно передбачаються блокувальні пристрої, захисні кожухи, попереджувальні знаки, та системи датчиків повідомлення про несправність. Також необхідно відмітити важливість ергономічності пультів керування та інформаційну підтримку оператора задля контролю та за потреби надання допомоги.

Під час проектування приділяється особлива увага конструктивним рішенням, які здатні зменшити ймовірність контакту людини із вибухо небезпечними предметами. За допомогою дистанційного керування, броньованих елементів корпусу, а також інтеграції автоматизованих систем виявлення мін, дозволяє мінімізувати присутність оператора в небезпечній зоні. У порівнянні із ручним розмінування, де сапери працюють безпосередньо на полі такі методи значно безпечніші.

Необхідно враховувати важливість організації робіт в зоні замінування відповідно до чинного законодавства України, зокрема до Закону України «Про охорону праці», а також міжнародних стандартів, до прикладу IMAS. Особи котрі займаються розмінування допускаються лише при належній кваліфікації, всі працівники повинні проходити відповідні навчання та інструктажі із техніки

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Преодоляк К.О.			РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ		
Перевір.		Ляшко А.П.					
Н. Контр.		Матухно Н.В.			Літ.	Арк.	Акрушів
Затверд.		Ловейкін В.С.				41	52
					НУБіП України		

безпеки, знати правила поведінки із вибухонебезпечними предметами та практичну підготовку з використання індивідуальних засобів захисту. Також немало важливим фактором є психологічна допомога персоналу, через роботу у постійній зоні ризику необхідно впроваджувати ментальну підтримку.

Не менш важливими є екологічні фактори, створенні мобільні платформи повинні відповідати усім вимогам екологічних стандартів, мінімізація шкідливих викидів як при створенні так і під час експлуатації є необхідними. Деталі робота мають виготовлятися з безпечних матеріалів, а використання гідравлічних, електричних і паливних систем мають відповідати нормам герметичності та пожежної безпеки.

### **3.1. Нормативно-правова база**

Захист життя та здоров'я працівників ґрунтується на положеннях:

- Закону України "Про охорону праці";
- Кодексу цивільного захисту України;
- Міжнародних стандартів IMAS (International Mine Action Standards) – особливо IMAS 04.10 (безпека персоналу), IMAS 10.30 (особисті засоби захисту), IMAS 06.10 (механізоване розмінування);
- ДСН 3.3.6.042-99 – Державні санітарні норми щодо шкідливих факторів на робочому місці;
- ДСТУ EN ISO 12100:2016 – Основи забезпечення безпеки машин.

### **3.2. Заходи безпеки під час розробки конструкції**

На етапі проектування конструкції мобільної платформи реалізовано комплекс заходів для мінімізації ризику:

- застосування дистанційного керування на основі захищеного радіоканалу;
- проектування захисного корпусу, виготовленого з протиударних та вогнестійких матеріалів;
- електроблокування приводів під час сервісного обслуговування;

					01.09 – КР. 2265 "С" 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- сигнальні індикатори, системи візуального та звукового попередження про несправності;
- використання модульної конструкції для швидкої заміни несправних вузлів без перебування оператора в зоні ризику.

### 3.3. Безпечна експлуатація обладнання

Щоб забезпечити безпечну експлуатацію мобільної платформи:

- оператори працюють із захищених пунктів управління на відстані не менше 100 м;
- перед початком роботи проводиться візуальний огляд техніки та контроль заземлення;
- на платформі встановлено датчики нахилу, удару та температури, які автоматично зупиняють рух у разі перевищення допустимих параметрів;
- в зону дії платформи допускається тільки техніка, персонал – згідно з графіком чергування, із застосуванням радіозв'язку.

### 3.4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Для всього персоналу обов'язкове використання таких засобів:

Категорія персоналу	Обов'язкові ЗІЗ
Інженери/ремонтники	Захисні окуляри, діелектричні рукавички, каска, спецвзуття
Оператори керування	Балістичний жилет, каска з візором, захисні навушники
Технічні інспектори	Детектори газу, термодатчики, респіратори при роботі в зонах забруднення
Особи на місцевості	Жилет підвищеної видимості, індивідуальні аптечки, GPS-трекери

### 3.5. Психофізіологічна безпека та підготовка персоналу

Оскільки розмінування пов'язане з високим емоційним та когнітивним навантаженням:

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк. 43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- усі оператори проходять обов'язкову медико-психологічну комісію;
- впроваджуються програми ментальної підтримки (групи зниження стресу, психологічні тренінги);
- проводиться поглиблене навчання, яке включає теорію вибухових речовин, тренування віртуальної симуляції ризиків та сертифікацію за міжнародними стандартами (наприклад, IMAS або EOD Level 1).

### 3.6. Екологічна безпека

Проектування платформи враховує екологічні стандарти:

- приводи мають низький рівень шуму (<60 дБА) та відсутність шкідливих викидів (електропривод);
- передбачено герметизацію гідравлічних систем, щоб запобігти витіканню робочої рідини у ґрунт;
- застосовуються екологічно безпечні мастила та змазки;
- конструкція передбачає відсутність постійного контакту з ґрунтом, щоб не порушувати біологічну структуру під час очищення територій.

### 3.7. Зони відповідальності та евакуаційні заходи

При розгортанні мобільної платформи обов'язково створюється зона безпеки з розміткою IMAS: мінімум 100 м у всіх напрямках.

Створюється аварійний план евакуації з позначенням маршрутів, медичних пунктів і місць укриття.

Передбачено резервне автономне живлення та автоматичне повернення платформи в безпечну зону у випадку втрати зв'язку з оператором.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

### 4.1. Визначення капітальних витрат

Капітальні витрати (Кв) включають витрати на виготовлення мобільної платформи, її складання та налаштування:

- Вартість матеріалів – 500 000 грн;
- Вартість комплектуючих (електроніка, датчики, приводи) – 300 000 грн;
- Вартість розробки програмного забезпечення – 150 000 грн;
- Вартість праці фахівців (конструкторів, інженерів) – 200 000 грн;
- Інші витрати (логістика, податки) – 50 000 грн.

**Загальні капітальні витрати:**

$$K_b = 500\,000 + 300\,000 + 150\,000 + 200\,000 + 50\,000 = 1\,200\,000 \text{ грн}$$

### 4.2. Визначення експлуатаційних витрат

Щорічні експлуатаційні витрати (Ев) включають:

- Вартість обслуговування та ремонту – 100 000 грн;
- Вартість енергоспоживання – 50 000 грн;
- Вартість амортизації (10% від капітальних витрат) – 120 000 грн.

**Загальні експлуатаційні витрати:**

$$E_b = 100\,000 + 50\,000 + 120\,000 = 270\,000 \text{ грн на рік}$$

### 4.3. Розрахунок ефекту від впровадження

Очікуваний економічний ефект (Ее) полягає у:

- Зменшенні витрат на ручне розмінування завдяки використанню платформи (орієнтовно 500 000 грн на рік);
- Збільшенні швидкості розмінування (підвищення продуктивності в 2 рази).

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Предоляк К.О.			РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Ляшко А.П.					45	52
Н. Контр.		Матухно Н.В.			НУБіП України			
Затверд.		Ловейкін В.С.						

## Розрахунок вартості робочого часу оператора

Припустимо, вартість робочого часу одного оператора розмінування становить 150 грн/год, а ручне розмінування займає 8 год на 1 га території. Мобільна платформа може розмінувати таку ж площу за 4 год.

Показник	Значення
Вартість 1 год роботи оператора	150 грн
Вартість розмінування 1 га вручну	1200 грн
Вартість розмінування 1 га з платформою	600 грн
<b>Економія на 1 га</b>	<b>600 грн</b>

Якщо за рік планується розмінування 100 га, економія складе:

$$100 \text{ га} \times 600 \text{ грн} = \mathbf{60\ 000 \text{ грн на рік}}$$

Це додатково підвищує річний економічний ефект ( $E_e$ ).

**Річний економічний ефект з урахуванням економії на робочому часі:**

$$E_e = 500\ 000 + 60\ 000 = \mathbf{560\ 000 \text{ грн}}$$

### 4.4. Розрахунок терміну окупності

Термін окупності ( $T_{ок}$ ) визначається як:

$$T_{ок} = K_B / (E_e - E_B)$$

$$T_{ок} = 1\ 200\ 000 / (560\ 000 - 270\ 000) = 1\ 200\ 000 / 290\ 000 \approx \mathbf{4,1 \text{ роки}}$$

### 4.5. Висновки

Запропонована конструкція мобільної платформи для розмінування дозволяє:

- Скоротити витрати на проведення робіт;
- Зменшити кількість необхідного персоналу;
- Підвищити продуктивність розмінування;
- Скоротити термін окупності інвестицій до **приблизно 4 років**.

Таким чином, розробка та впровадження мобільної платформи для розмінування є економічно доцільною і має значний потенціал для зменшення витрат та підвищення безпеки операцій.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи на тему «Розробка конструкції мобільної платформи для розмінування» досягнуто низку ключових цілей, які комплексно відображають важливість, актуальність і практичну значущість обраної тематики.

### Технічні підсумки:

Проаналізовано існуючі технології розмінування – від бойових машин до автономних роботів. Це дало змогу визначити найбільш ефективні конструктивні рішення, що лягли в основу авторської розробки. Виконано розрахунки сил копання, параметрів ковша, підібрано сервопривід з урахуванням точності позиціонування і моменту навантаження. Отримано реалістичні значення сили копання (близько 4 кН), що відповідають умовам роботи на цільному ґрунті.

### Інженерні переваги:

Запропонована мобільна платформа демонструє збалансованість між енергоефективністю, точністю, витривалістю та модульністю. Враховано вимоги до безпечної дистанційної роботи, що значно знижує ризики для оператора. Точність сервоприводу, обраного на основі глибоких розрахунків, дозволяє з мінімальною похибкою виконувати рухи в зоні можливого знаходження ВВП.

### Економічна доцільність:

Проект пройшов повне техніко-економічне обґрунтування. Розраховано капітальні та експлуатаційні витрати, визначено економічний ефект і термін окупності проекту (близько 4,1 року). Це свідчить про високу ефективність і конкурентоспроможність розробки.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Предоляк К.О.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Ляшко А.П.				47	52
Н. Контр.		Матухно Н.В.			ВИСНОВКИ НУБіП України		
Затверд.		Ловейкін В.С.					

### **Соціальна значущість:**

У контексті розмінування територій України дана робота має потенційно високу прикладну цінність. Її реалізація може стати кроком у напрямі безпечного повернення аграріїв до своїх земель і забезпечення продовольчої безпеки держави.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
						48
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко В.В. Протимінна діяльність в Україні: проблеми та перспективи // Наука і оборона. - 2016. - №3. - С. 12-18.
2. Гуменюк В.С., Коваль В.В. Інженерне забезпечення бойових дій: навч. посібник. - К.: НУОУ, 2014. - 324 с.
3. Humanitarian Demining: Innovative Solutions and the Challenges of Technology / Ed. by Habib M.K. - Vienna: I-Tech Education and Publishing, 2008. - 392 p.
4. Daniels D.J. Ground Penetrating Radar. - 2nd ed. - London: The Institution of Electrical Engineers, 2004. - 726 p.
5. Bruschini C. Commercial Systems for the Direct Detection of Explosive Objects // Proc. EUDEM2-SCOT-2003. - Brussels: European Commission, 2003. - P. 45-52.
6. Jol H.M. Ground Penetrating Radar Theory and Applications. - Amsterdam: Elsevier, 2009. - 524 p.
7. Gridley J. Metal Detector Handbook for Humanitarian Demining. - Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2003. - 156 p.
8. Ткачук П.П., Яковлев С.С. Спеціальні інженерні машини: навч. посібник. - К.: НТУУ "КПІ", 2018. - 280 с.
9. Murphy R.R. Introduction to AI Robotics. - Cambridge: MIT Press, 2019. - 487 p.
10. Nonami K., Kendoul F., Suzuki S., Wang W., Nakazawa D. Autonomous Flying Robots: Unmanned Aerial Vehicles and Micro Aerial Vehicles. - Tokyo: Springer, 2010. - 329 p.

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Предоляк К.О.							49	52	
Перевір.	Ляшко А.П.							НУБіП України		
Н. Контр.	Матухно Н.В.									
Затверд.	Ловейкін В.С.									

11. Siciliano B., Khatib O. Springer Handbook of Robotics. - 2nd ed. - Berlin: Springer, 2016. - 2227 p.
12. Кравець В.І. Основи конструювання машин: підручник. - К.: Либідь, 2015. - 456 с.
13. Шевченко О.М. Мобільні роботи в екстремальних умовах: монографія. - Харків: НТУ "ХПІ", 2019. - 312 с.
14. Nelson C.V., McDonald J.R. Multisensor Towed Array Detection System for UXO Detection // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. - 2001. - Vol. 39, No. 6. - P. 1139-1145.
15. Желібо Є.П., Заверуха Н.М. Безпека життєдіяльності: навч. посібник. - К.: Каравела, 2017. - 344 с.
16. Коваленко О.В. Охорона праці в машинобудуванні: підручник. - К.: Основа, 2018. - 398 с.
17. Тарасенко І.О. Економічна ефективність інженерних рішень: навч. посібник. - К.: Логос, 2019. - 267 с.
18. Петренко В.П. Інвестиційний аналіз: підручник. - К.: Центр навчальної літератури, 2017. - 432 с.
19. International Mine Action Standards (IMAS). - 2nd ed. - Geneva: Geneva International Centre for Humanitarian Demining, 2023. - Available at: <https://www.mineactionstandards.org/>
20. STANAG 2143 - Explosive Ordnance Disposal (EOD) Terms and Definitions. - NATO Standardization Office, 2021. - 84 p.
21. ДСТУ 8824:2019 Гуманітарне розмінування. Терміни та визначення понять. - К.: ДП "УкрНДНЦ", 2019. - 28 с.
22. Патентна база даних Укрпатент [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://base.uipv.org/>
23. Google Patents [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://patents.google.com/>

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

24. Espacenet - Європейська патентна база даних [Електронний ресурс]  
- Режим доступу: <https://worldwide.espacenet.com/>

25. USPTO Patent Database [Електронний ресурс]. - Режим доступу  
<https://www.uspto.gov/patents/>

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

## ДОДАТКИ

					01.09 – КР. 2265 “С” 2024.12.16. 013 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Предоляк К.О.			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Ляшко А.П.					52	52
Н. Контр.		Матухно Н.В.			НУБіП України			
Затверд.		Ловейкін В.С.						