

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри
охорони праці та біотехнічних
систем в тваринництві
_____ Хмельовський В.С.

«____» _____ 2025 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА

на тему _____
«Механізація очищення пасовищ від вибухонебезпечних
предметів»

Спеціальність _____ 133 «Галузеве машинобудування»

Гарант освітньої програми

_____ Д.т.н., професор _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Булгаков В.М.
(ПІБ)

Керівник дипломного проєкту бакалавра

_____ Д.т.н., професор _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Хмельовський В.С.
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

Саламон Я.І.
(ПІБ студента)

Київ-2025

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ОПБСТ

д.т.н., проф. _____ Хмельовський В.С.
(підпис) (ІПБ)

«_18_» _____ 12 _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи
(дипломного проєкту бакалавра) студенту

Саламону Ярославу Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність _____ 133 Галузеве машинобудування
(код і назва)

Тема дипломного проєкту бакалавра «Механізація очищення пасовищ від вибухонебезпечних предметів»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» 12. 2024 р. № 2265 «С»

Термін подання завершеної роботи (проєкту) на кафедру _____ 2025.06.02
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проєкту бакалавра Загальна характеристика проблеми мінної небезпеки в Україні. Масштаби забруднення та учасники розмінування. Типи ВВП та умови їх виявлення. Технологічна схема очищення пасовищ. Об'єкт проєктування. Аналіз засобів механізації. Довідкові дані про машини та обладнання. Оцінка стану механізації. Норми та вимоги безпеки.

Перелік питань, які потрібно розробити:

Перелік графічних документів (за потреби)

1. Схеми агрегатів.
2. Технологічна схема.
3. Конструкційно-функціональна схема.
4. Робочий орган. (Складальне креслення).
5. Деталювання вузла.
6. Економічна оцінка проєкту/
7. Логічна таблиця потенційних небезпек.

Дата видачі завдання «_18_» _____ грудня _____ 2024 р.

Керівник бакалаврського проєкту _____
(підпис)

Хмельовський В.С.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Саламон Я.І.
(прізвище та ініціали студента)

Зміст

Завдання на проектування	2
Зміст	3
Реферат	5
Вступ	7
1. ПРАВОВА БАЗА ПРОЦЕСУ РОЗМІНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ.....	10
1.1. Державна служба України.....	10
1.2. Гуманітарне розмінування.....	12
1.2.1. Фахівці у справі протимінної діяльності	
1.2.2 Джерела фінансування протимінної діяльності	14
1.3. Результати гуманітарного розмінування в Україні у 2024 році: масштаби, досягнення та учасники	15
1.4. Як здійснюється розмінування територій: 6 етапів	16
1.5. Технологія утримання тварин	19
2. МАШИНИ ТА ЗАСОБИ ДЛЯ РОЗМІНУВАННЯ	21
2.1. Загальні проблеми та виклики	
2.2. Основні методи розмінування	
2.3. Механізовані засоби розмінування провідних країн світу	24
2.4. Напрямки розвитку машин розмінування в Україні	34
3. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ РОБОЧОГО ОРГАНУ МІННОГО ТРАЛУ	36
3.1. Огляд робочих органів.....	
3.2. Теоретичне обґрунтування робочого органу	40
3.3. Розрахунок валу	44
4. МЕТОДИ ВИЗНАЧАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ МАШИН	47
4.1. Визначення показників порівняльної економічної ефективності	
4.1.1. Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції	
4.1.1.1. Зональний річний обсяг виробітку новою машиною	
4.1.1.2. Річний економічний ефект	48

4.1.2. Річний прибуток від експлуатації нової машини	
4.1.3. Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину	
4.1.4. Лімітна ціна нової машини	49
4.1.4.1. Балансова вартість машини	50
4.1.4.2. Коефіцієнт ефективності інвестиційних вкладень	
4.1.5. Річна економія затрат праці під час експлуатації нової машини	
4.1.6. Річна економія ресурсів під час експлуатації нової машини	51
4.1.7. Ступінь зміни витрат під час експлуатації нової машини	
4.2. Визначення економічних показників	52
4.2.1. Сукупні витрати	
4.2.2. Прямі експлуатаційні витрати	
4.2.2.1. Затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу	53
4.2.2.2. Затрати коштів на паливно-мастильні матеріали та електроенергію	
4.2.2.3. Затрати на капітальне, поточне ремонтування та технічне обслуговування	54
4.2.2.4. Затрати на амортизацію машини	
4.2.2.5. Витрати на допоміжні технологічні матеріали	55
4.2.2.6. Затрати на зберігання, страхування та монтування машин	
4.2.3. Питомі інвестиційні вкладення	56
4.3. Показники порівняльної економічної ефективності нової машини....	58
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ РОЗМІНУВАННІ ТЕРИТОРІЙ	59
5.1. Засоби захисту операторів	
5.2. Випробування ефективності протимінного взуття Spider Boot із використанням механічної моделі ноги	60
5.3. Безпека та гігієна праці: основи та навчання	61
5.4. Особливі вимоги безпеки під час розмінування	62
5.5. Безпека на робочих ділянках розмінування	64
Висновок	68
Перелік використаної літератури	69
Додатки.....	71

Реферат

У дипломному проєкті «Механізація очищення пасовищ від вибухонебезпечних предметів» розглянуто засоби механізації очищення пасовищ від вибухонебезпечних предметів (ВНП), що залишились після воєнних дій на сільськогосподарських територіях.

У першому розділі пояснювальної записки представлено аналіз сучасного стану сільськогосподарських угідь в Україні, які зазнали мінування та забруднення ВНП. Розглянуто наслідки бойових дій для безпеки пасовищ і економіки аграрного сектору.

У другому розділі описано значення механізації процесу очищення пасовищ, охарактеризовано типи вибухонебезпечних предметів, умови їх виявлення, класифікацію засобів знешкодження..

У конструктивній частині відображено розробку мобільного пристрою для виявлення та локалізації ВНП на відкритих ділянках.

У дипломному проєкті виконано розрахунок техніко-економічних показників застосування механізованих засобів очищення пасовищ, обґрунтовано доцільність використання автономних пристроїв в умовах підвищеної загрози. Також розглянуто питання охорони праці, зокрема безпеки операторів та персоналу, які залучені до робіт з розмінування.

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки, таблиць, рисунків, літературних посилань та графічної частини.

Об'єкт дослідження – мобільна механізована система для очищення пасовищ від вибухонебезпечних предметів.

Мета роботи – обґрунтувати параметри та конструктивні рішення для ефективної та безпечної механізації процесу очищення пасовищ від ВНП.

Метод досліджень – розрахунково-аналітичний з елементами моделювання.

Ключові слова: вибухонебезпечні предмети, пасовище, розмінування, механізація, дистанційне управління, безпека.

Вступ

У XXI столітті проблема мінної небезпеки набула особливої гостроти через збройні конфлікти, що тривають у різних частинах світу, зокрема в Україні. Вибухонебезпечні предмети, серед яких міни, становлять серйозну загрозу для цивільного населення, ускладнюють відновлення інфраструктури, заважають розвитку сільського господарства та поверненню до мирного життя після завершення бойових дій.

Україні потрібно понад 37 мільярдів доларів для розмінування всіх земель. Нині в Україні заміновано понад 139 тисяч квадратних кілометрів території, що становить майже 23% від загальної площі країни.

За оцінкою Світового банку для розмінування всіх земель Україні треба буде витратити більше 37 мільярдів доларів.

До процесу розмінування українських територій долучилися понад 48 іноземних держав. Міжнародні партнери вже надали спеціалізовану техніку та обладнання, загальна вартість яких перевищила 867 мільйонів доларів.

Прем'єр-міністр Денис Шмигаль у вересні 2023 року заявив, що для повного очищення території України від мін знадобиться понад 37 мільярдів доларів та більше 10 тисяч кваліфікованих саперів, у той час як наразі в країні працює лише близько 3 тисяч фахівців. Станом на той час партнери вже виділили 250 мільйонів доларів на ці цілі.

За даними ДСНС, у лютому 2024 року через мінування.

У березні Міністерство економіки України підписало угоду з компанією Palantir — провідною у сфері аналітики великих даних — щодо співпраці у сфері гуманітарного розмінування. Ця ініціатива передбачає використання технологій штучного інтелекту для прискорення та підвищення ефективності процесу розмінування.

РОЗДІЛ 1.

ПРАВОВА БАЗА ПРОЦЕСУ РОЗМІНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ

Хто має право розмінювати території?

1.1. Державна служба України

Відповідно до чинного законодавства та нормативно-правових актів, Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) виконує функції з виявлення, знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів на всій території країни, за винятком ділянок, переданих у розпорядження Збройних Сил України та інших військових формувань.

У межах своїх повноважень ДСНС здійснює заходи у сфері протимінної діяльності відповідно до Міжнародних стандартів протимінної діяльності (IMAS), які були впроваджені в Україні. Основними напрямками цієї діяльності є:

1. Проведення інформаційно-просвітницьких кампаній та навчальних заходів для населення з метою підвищення обізнаності щодо ризиків, пов'язаних із вибухонебезпечними предметами, а також правил безпечної поведінки у випадку їх виявлення.
2. Здійснення гуманітарного розмінування територій та водних акваторій, очищення їх від боєприпасів і вибухонебезпечних залишків війни.
3. Реалізація заходів зі знешкодження, утилізації та знищення надлишкових або непридатних до використання боєприпасів.
4. Надання допомоги:
 - цивільному населенню, включаючи медичну та психологічну підтримку;
 - органам місцевого самоврядування під час евакуаційних заходів, а також у процесі відновлення інфраструктурних об'єктів у зонах ураження.

Для ефективного виконання завдань у сфері гуманітарного розмінування в системі ДСНС створено триступеневу структуру управління:

Координаційний рівень — комісія з питань гуманітарного розмінування, яка формує основні напрямки роботи та визначає пріоритети;

Організаційний рівень — спеціалізований структурний підрозділ у центральному апараті ДСНС, відповідальний за планування, організацію та моніторинг виконання завдань;

Виконавчий рівень — піротехнічні підрозділи, що безпосередньо здійснюють операції з розмінування на місцях.

Для виконання цих функцій у складі ДСНС діє спеціалізоване угруповання з понад 100 піротехнічних відділень, які нараховують понад 600 співробітників. Ці підрозділи розміщені в усіх регіонах країни та забезпечують оперативне реагування на виклики, пов'язані з вибухонебезпекою.

1.2. Гуманітарне розмінування

ЗАКОН УКРАЇНИ

Про протимінну діяльність в Україні та гуманітарне розмінування Донбасу

Цей Закон визначає правові та організаційні засади здійснення протимінної діяльності, визначення процедур гуманітарного розмінування, метою яких є захист цивільного населення і території України від соціального, економічного та екологічного впливу вибухонебезпечних предметів, створення достатніх умов для безпечної діяльності цивільного населення, а також правові та організаційні засади діяльності суб'єктів, що здійснюють протимінну діяльність, права та обов'язки персоналу, що проводить гуманітарне розмінування, визначення соціальних гарантій щодо осіб, які задіяні у виконанні завдань з гуманітарного розмінування, та осіб, які постраждали від вибухів вибухонебезпечних предметів, а також порядок здійснення контролю за протимінною діяльністю.

1.2.1 Фахівці у сфері протимінної діяльності та розмінування

1. До фахівців з протимінної діяльності та розмінування належать особи, які мають відповідну середню спеціальну освіту, володіють спеціальними знаннями та практичними навичками у сфері розмінування, а також пройшли відповідну кваліфікаційну підготовку для виконання робіт у цій галузі.

2. Особи, що працюють у сфері протимінної діяльності та розмінування, зобов'язані:

1. вміти надавати першу медичну допомогу постраждалим;
2. здійснювати розмінування відповідно до законодавчих вимог і національних стандартів безпеки;
3. дотримуватись норм і вимог, визначених міжнародними та вітчизняними стандартами протимінної діяльності;
4. володіти практичними навичками щодо організації безпечної зони на місці робіт, її маркування та облаштування місць для знищення мін і залишків вибухонебезпечних предметів;

Особи, які визнані судом недієздатними або мають обмежену цивільну дієздатність, не можуть працювати фахівцями у сфері протимінної діяльності. Також не допускаються до такої роботи особи, які перебувають на обліку у психіатричних або наркологічних установах.

Не мають права виконувати обов'язки у сфері розмінування і ті, хто має незняту або непогашену судимість за тяжкі чи особливо тяжкі злочини.

3. До участі в заходах протимінної діяльності можуть бути залучені кваліфіковані фахівці, що працюють у відповідних підрозділах центральних органів виконавчої влади.

1.2.2. Джерела фінансування протимінної діяльності

1. Фінансування заходів у сфері протимінної діяльності забезпечується в межах коштів, передбачених у Державному бюджеті України на відповідний рік, а також за рахунок ресурсів місцевих бюджетів, підприємств, установ та організацій усіх форм власності. Крім того, допускається використання інших джерел фінансування, не заборонених чинним законодавством.
2. Для підтримки протимінної діяльності можуть залучатися кошти донорських організацій, включаючи міжнародну технічну допомогу у вигляді грантів, а також поворотну чи безповоротну фінансову допомогу з боку міжнародних структур. Отримані від донорів ресурси спрямовуються до спеціального фонду держбюджету через відповідні бюджетні програми.
3. Центр протимінних операцій здійснює управління бюджетними коштами, виділеними на реалізацію заходів з розмінування, зокрема шляхом проведення процедур публічних закупівель.

1.3. Результати гуманітарного розмінування в Україні у 2024 році: масштаби, досягнення та учасники

Упродовж 2024 року підрозділи розмінування Міністерства оборони України виконали масштабну роботу з очищення територій від вибухонебезпечних предметів. Загальна площа очищених земель становила 252823,23 га, з яких 232105,76 га — це сільськогосподарські угіддя.

- Окрім цього, спеціалісти здійснили очищення таких об'єктів інфраструктури:
 - 538.64 км автодоріг;
 - 163.26 км ліній електропередачі;
 - 444.94 км залізних доріг;
 - 52.41 км трубопроводів;
 - 178.49 га житлових ділянок;

- 37 га акваторій.

За рік сапери виявили й знешкодили 137 821 одиницю небезпечних предметів. Загальна кількість боєприпасів, знешкоджених з початку повномасштабного вторгнення РФ, сягнула 416 877 одиниць.

У 2024 році до переліку до 72. Вони уповноважені проводити гуманітарне розмінування на неокупованих територіях, де не тривають бойові дії.

Згідно з Законом України «Про протимінну діяльність в Україні», виконання гуманітарного розмінування дозволено виключно операторам, що мають відповідну ліцензію.

За даними Головного управління з питань протимінної діяльності, цивільного захисту та Міноборони України, до очищення звільнених від окупації територій від вибухонебезпечних залишків війни сил України та Державної спеціальної служби транспорту.

1.4. Як здійснюється розмінування територій: 6 етапів



Ілюстративне фото

АрміяInform продовжує інформувати громадськість про заходи, які здійснюються в Україні в рамках в Управлінні екологічної безпеки та протимінної діяльності Міністерства оборони України.

Розмінування в Україні відбувається поетапно, відповідно до затвердженого щорічного плану гуманітарного розмінування та з урахуванням актуальних пріоритетів.

Перший етап – це невідкладне реагування після ворожих ударів (артилерійських, ракетних, авіаційних), виявлення та знищення боєприпасів, що не вибухнули, а також забезпечення дій правоохоронних органів.

Другий етап передбачає обстеження й очищення територій для відновлення життєво важливої етапи супроводжуються підводним розмінуванням, особливо при відновленні мостів, переправ і об'єктів водопостачання.

Третій етап орієнтований на забезпечення предметів на сільськогосподарських угіддях для гарантування продовольчої безпеки держави.

Проведення перших трьох етапів організовується служби транспорту та Нацгвардії. Їхню діяльність координують військові адміністрації та командування Сил оборони безпосередньо в постраждалих регіонах.

Четвертий етап – це нетехнічне обстеження територій відповідно до стандартів протимінної діяльності, з метою залучаються сертифіковані оператори протимінної діяльності.

П'ятий етап – безпосереднє гуманітарне розмінування: технічне обстеження, суцільне очищення під контролем Національного органу з питань протимінної діяльності.

Шостий етап передбачає незалежний для безпечного використання.

Етапи 4–6 проводяться лише в районах, де як українські, так і міжнародні організації, що пройшли сертифікацію та працюють за фінансової підтримки донорів. Наразі вони здійснюють гуманітарне розмінування в низці областей: Житомирській, Київській, Чернігівській, Сумській, Харківській, Миколаївській та Херсонській.

Планування та розподіл Національний орган з питань протимінної діяльності. Враховуються безпекова ситуація, доступність ресурсів та пріоритети, визначені державою.

Контроль за виконанням, інформування та аналітика центром гуманітарного розмінування створили інтерактивну карту, яка показує хід очищення територій.

27 вересня в Києві відбувся перший **Demine Ukraine Forum** – національний захід, присвячений гуманітарному розмінуванню. До участі долучилися представники уряду, міжнародних партнерів, операторів розмінування, виробників обладнання, агросектору та інших зацікавлених сторін.

Для пришвидшення темпів Україна прагне створити ринок гуманітарного розмінування. Планується налагодити виробництво відповідного обладнання, залучити інвесторів та надати аграріям компенсації за очищення земель через публічні торги. У проєкті бюджету на 2024 рік закладено **2 млрд грн** на ці потреби.

До кінця року уряд планує повернути в обробіток **165 тисяч гектарів** сільгоспземель. Вже очищено понад 19 тисяч кілометрів інфраструктури та 12 тисяч приватних господарств.

Програма «Розмінуємо Україну» (**Demine Ukraine**) стала державною ініціативою, що об'єднує зусилля держави, бізнесу та міжнародної спільноти. Її організаторами виступили Міністерство економіки України та Київська школа економіки.

1.5. Технології утримання тварин

Для проведення проєктних стійлах на прив'язі, із забезпеченням прогулянок на спеціальних вигульних майданчиках. Усі необхідні процеси догляду та одержання продукції виконуються безпосередньо на місці утримання, як правило, без розподілу обов'язків між працівниками.

Змінно-потокова система передбачає використання спільного кормодояльного приміщення, де тварини обслуговуються групами згідно з графіком, що зміщується. Така організація дозволяє скоротити витрати на одну голову, підвищити ефективність використання обладнання і техніки, а також збільшити продуктивність праці як при прив'язному, так і при безприв'язному утриманні.

Щодо великої рогатої худоби, її утримують трьома основними способами: прив'язним, безприв'язним і комбінованим.

Прив'язний спосіб характерний для молочних і м'ясо-молочних господарств, особливо племінних. Зимовий період тварини проводять у прив'язі в корівниках, а влітку — на вигульних майданчиках або в літніх таборах. Цей метод потребує значних трудових і фінансових витрат, однак дозволяє раціонально використовувати корми і підстилку, а також забезпечити індивідуальний підхід до догляду за тваринами.

Безприв'язне для пересування, що полегшує обслуговування стада і знижує потребу в дорогому обладнанні. Зменшення витрат на працю і амортизацію сприяє зниженню собівартості продукції, хоча й потребує наявності великої кількості кормів і підстилки.

Комбінований спосіб поєднує елементи безприв'язного утримання з короткочасною фіксацією тварин під час годівлі — як у приміщеннях, так і в спеціально облаштованих їдальнях. Існують також інші варіанти комбінованого утримання, що враховують особливості господарства і продуктивність тварин.

РОЗДІЛ 2

МАШИНИ ТА ЗАСОБИ ДЛЯ РОЗМІНУВАННЯ

2.1. Загальні проблеми та виклики

Збройні Сили України зіштовхуються з засобів розмінування. Існуюче технічне оснащення часто не відповідає актуальним вимогам, що створює нагальну потребу в оновленні обладнання, удосконаленні методик та підвищенні загальної ефективності протимінної системи.

Від початку Операції Об'єднаних Сил було обстежено понад 1,5 тис. га територій, близько 30 км дорожнього за допомогою застарілого радянського обладнання (зокрема, ИМП-2, РВМ2), яке не здатне належним чином виявляти сучасні міни з пластиковими корпусами, що значно знижує ефективність пошукових операцій.

2.2. Основні методи розмінування

У сучасній практиці застосовуються наступні способи розмінування:

Ручний — найдовший за часом, але доволі точний метод.





Механічний — використовується для очищення великих площ за допомогою спеціальної техніки (тралів, плугів).





Вибуховий — шляхом керованого підриву створюється вибухова хвиля, що знешкоджує ВМП.

Комплексний — поєднання вищезазначених методів для досягнення максимальної ефективності.

2.3. Механізовані засоби розмінування провідних країн світу

MV-4 – Хорватія

Це легка дистанційно керована гусенична машина для розмінування, розроблена компанією DOK-ING з Хорватії. Вона призначена для знешкодження протипіхотних мін у складних умовах, включаючи міські райони, ліси, схили та вузькі проходи.

Переваги:

-Дистанційне керування

Керується оператором на відстані до 1500 метрів, що значно знижує ризик для життя людини під час розмінування.

-Компактність та мобільність

MV-4 — легка гусенична машина, здатна працювати у важкодоступних місцевостях, зокрема у міській забудові, лісах та на схилах.

-Універсальність

Оснащується різними типами обладнання — фрезами, ножами, відвалами — що дає змогу адаптувати її під різні типи ґрунтів та мін.

-Висока маневреність

Завдяки компактним розмірам і гусеничній базі MV-4 має хорошу прохідність та маневреність у складних умовах.

Недоліки:

-Обмежена продуктивність

Через невеликий розмір і масу MV-4 менш ефективна для розмінування великих територій, ніж важкі машини (типу MV-10).

-Чутливість до протитанкових мін

Хоча машина витримує підриви протипіхотних мін, вибух протитанкової міни може вивести її з ладу.

-Потребує кваліфікованого оператора

Керування дистанційною машиною вимагає навичок і спеціальної підготовки.

-Обмежена глибина обробки ґрунту

Фреза не завжди здатна знешкодити міни, що закладені на великій глибині (понад 20 см).



Mini Mine Wolf (MW240) – Німеччина

Це дистанційно керована платформа для безпечного знищення ВВП. Основні характеристики:

Дистанційне керування через відеокамери.

Використання взаємозамінних робочих органів.

Можливість очищення території від протипіхотних і протитанкових мін.

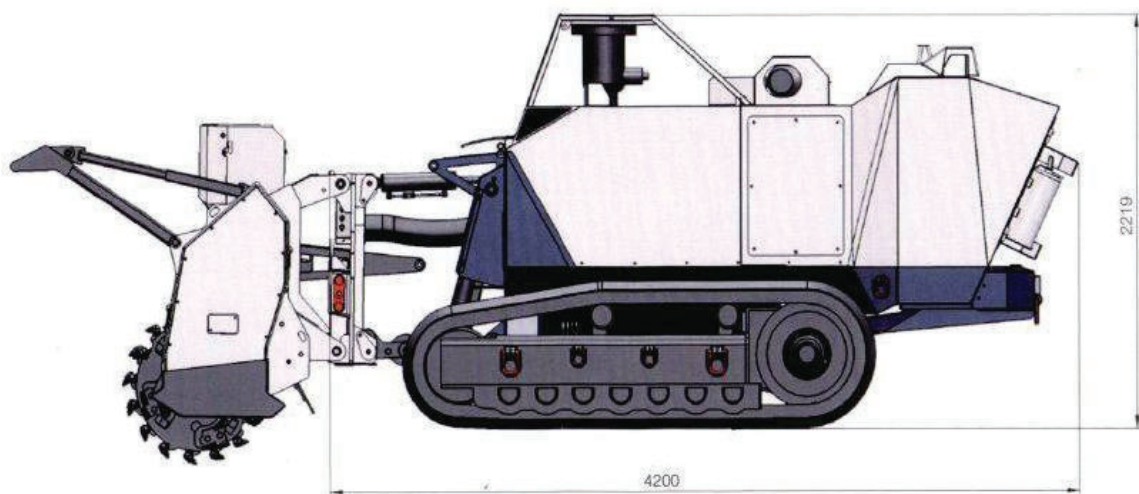
Тралове обладнання змінного типу.

Переваги:

- Компактні розміри дозволяють працювати у важкодоступних місцях.
- Модульна конструкція – можливість оснащення різними типами інструментів для розмінування (фреза, зубчастий барабан).
- Дистанційне керування (радіоуправління) – зниження ризику для оператора.
- Висока маневреність – гусеничне шасі забезпечує хорошу прохідність на складних ділянках.
- Легка для транспортування – може бути перевезена вантажівками або повітряним транспортом.

Недоліки:

- Порівняно невелика продуктивність – підходить для локального, а не масштабного розмінування.
- Захист обмежений – бронювання недостатнє для роботи в зоні можливих обстрілів.
- Залежність від оператора – повністю автономна робота неможлива.
- Потребує частого технічного обслуговування при інтенсивному використанні.



FEГ "Уран-6"

Цей комплекс призначений для механізованого розмінування місцевості. Оснащений траловим обладнанням і здатен працювати на різних типах ґрунтів.

Переваги:

- Потужний броньований корпус – здатен витримувати підрив протипіхотних мін.
- Висока ефективність – здатен розмінувати площу до 1 500 м² за годину.
- Дистанційне управління – оператор знаходиться на безпечній відстані (до 1 км).
- Універсальність – можливість оснащення різними розмінувальними інструментами.
- Вже використовується в збройних силах РФ, має бойовий досвід.

Недоліки:

- Велика маса – понад 6 тонн, що ускладнює транспортування і обмежує прохідність в деяких умовах.
- Висока вартість виробництва та обслуговування.
- Відносно великі габарити – не може працювати у вузьких або міських умовах.
- Обмежена автономність – потребує постійного контролю з боку оператора.



Minebreaker – ФРН

Це потужна машина для знешкодження ВВП із наступними характеристиками:

Продуктивність:

Легкий ґрунт — до 4000 м²/год.

Середній — 2400 м²/год.

Важкий — 1000 м²/год.

Відстань дистанційного керування — до 1000 м.

Високий рівень безпеки для оператора.

Переваги:

- Висока продуктивність — до 4000 м²/год на легких ґрунтах.
- Потужна конструкція — ефективне знищення як протипіхотних, так і протитанкових мін.
- Застосування на великих площах — підходить для очищення сільськогосподарських або лісових територій.
- Надійність у тривалих операціях.

Недоліки:

- Значне зниження ефективності на важких типах ґрунту — лише до 1000 м²/год.
- Габаритність — важко транспортувати й маневрувати на пересіченій місцевості.
- Висока вартість — як виготовлення, так і обслуговування.
- Потребує професійного екіпажу для експлуатації.



"Ураган" – Швеція

Оснащена двома робочими органами, які обертаються зі швидкістю 1200 об/хв. Призначена для утворення проходів шириною до 3,5 м. Робочі органи виготовлені з немагнітної сталі, що дозволяє працювати з мінами в пластиковому корпусі.

Недоліки:

- Вузька спеціалізація — оптимально працює лише в певних умовах.
- Складність технічного обслуговування — потребує навченого персоналу.
- Вартість — імовірно висока через інноваційні компоненти.
- Відсутня броня — обмеження у використанні на активних бойових ділянках.



MPV "ShrekOneRCV" – Україна

Розроблена вітчизняною компанією "АвтоКРАЗ", ця машина базується на шасі КрАЗ і призначена для безпечного знищення ВВП. Вона є прикладом успішної спроби імпортувати досвід провідних країн світу в українські реалії.

Переваги:

- Високий рівень захисту — броньований корпус захищає від обстрілів та вибухів.
- Вітчизняна розробка — адаптована до умов бойових дій в Україні.
- Оснащення системами для виявлення та знешкодження СВП.
- Базується на надійній платформі КрАЗ — висока прохідність, простота ремонту.



2.4 Напрямки розвитку машин розмінування в Україні

Розвиток засобів розмінування має спиратися на досвід передових країн. Основними напрямками мають бути:

Впровадження дистанційного керування для мінімізації ризиків для особового складу.

Уніфікація платформ із можливістю встановлення різних типів робочих органів.

Підвищення рівня безпеки й автономності.

Зменшення собівартості виробництва.

Україна активно займається створенням нових типів техніки, але головною перешкодою залишаються фінансові обмеження.

1. Проблеми виявлення ВВП

Серйозною проблемою розмінування є міни в пластикових корпусах, які не виявляються індукційними міношукачами через низьку електропровідність.

Багатофакторні сенсори— комбінація магнітних, акустичних і хімічних методів виявлення.

Безпілотні наземні та повітряні платформи — для дистанційного зондування.

2. Обмеження та вимоги до проєктування

Процес створення нових машин розмінування передбачає:

Визначення характеристик та показників ефективності.

Прогнозування умов застосування.

Моделювання ефективності функціонування систем.

Формування технічного завдання на проєктування.

Основні обмеження:

Бюджетні обмеження.

Технологічні можливості виробництва.

Вимоги до безпеки експлуатації.

Важливо передбачити тривалу програму розвитку та стандартизації засобів розмінування, адаптовану до українських умов та можливостей оборонної промисловості.

РОЗДІЛ 3.

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ РОБОЧОГО ОРГАНУ МІННОГО ТРАЛУ

3.1. Огляд робочих органів

«Дракон» — це імпровізований засіб дистанційного підриву мін, який використовується Збройними Силами України як один зі способів оперативного розмінування мінних полів у зоні бойових дій.

Це саморобна система розмінування, що працює за принципом гусениці з вибухівкою, яку тягне за собою тягач (наприклад, БТР, броньований "Горинич" або інша техніка). Після розкладання вибухового заряду — він підривається, знищуючи протипіхотні та деякі типи протитанкових мін на своєму шляху.

Робочий орган мінного тралу відноситься до військово-промислової галузі і може бути використаним у розмінуванні територій, зокрема, це самохідні машини для розмінування; пристрої для розмінування, приєднані до транспортних засобів.

Найближчий аналог – робочий орган мінного тралу до складу якого входить вал круглої форми, матеріалом якого може бути броньована сталь, до якого закріплені ланцюги, на кінцях останніх знаходяться бойки.

Недоліком найближчого аналогу є те, що руху та під час вибуху пошкоджується, оскільки гнучка конструкція ланцюга унеможлиблює швидке виведення бойка із зони ураження вибухового предмету. Крім цього, в умовах роботи, така конструкція немає можливості швидкого розгортання прямолінійності ланцюга, тим самим сила удару на вибуховий предмет зменшується, а збільшення частоти обертання приводить до більших енергозатрат.

Завдання патенту на винахід полягає у створенні робочого органу мінного тралу для розмінування територій та знешкодження вибухових предметів, запропонована конструкція якого, забезпечить підвищення ефективності

процесу розмінування територій та знешкодження вибухових предметів, надійності при роботі мінного трала, зниження технічних неполадок.

Поставлене завдання досягається тим, що робочий орган мінного тралу, який має вал, матеріалом якого є броньована сталь згідно патенту на винахід, вал має форму квадрата та у валу зроблені прорізи та крізь які закріплені суцільні двосторонні консолі та які розміщені одна відносно одної на кут 90 градусів та до яких закріплені ланцюги та на кінцях останніх знаходяться ножі-шайби.

Запропонований патент на конструкції суцільних двосторонніх консолей. Також така конструкція має можливість швидкого розгортання прямолінійності ланцюга та ножа-шайби, тим самим сила удару на вибуховий предмет не зменшується, а ніж-шайба має можливість зрізати частину ґрунту, що дає можливість знешкоджувати приховані вибухонебезпечні предмети.

Робочий орган мінного тралу рис. 3.1, має встановлений вал 1, який у поперечному перерізі має форму квадрата, у валу 1, зроблені прорізи для встановлення суцільних двосторонніх консолей 2, до яких закріплені ланцюги 3, на кінцях останніх знаходяться ніж-шайби 4. По ширині валу встановлені суцільні двосторонні консолі 2, які розміщені одна відносно одної на кут 90 градусів (рис. 3.2).

Запропонований робочий орган мінного тралу працює таким чином: в процесі роботи вал 1, який у поперечному перерізі має форму квадрата, отримує урухомлення від зовнішнього джерела та завдяки встановленим суцільним двостороннім мінного тралу узгоджується із швидкістю руху машини. При потраплянні ножа-шайби 4 на вибуховий предмет, останній детонує, а ніж-шайба завдяки тому, що конструкція має встановлені суцільні двосторонні консолі 2, швидко виводиться із зони ураження вибухового предмету. Крім цього, розміщення консолей, в одній площині, через 180 градусів унеможливує потрапляння конструкції під дію вибухового предмету, що детонував. При взаємодії ножа-шайби із вибуховим предметом в точці М наступна консоль має повернутись на кута α , така конструкція унеможливує пошкодження консолі, оскільки струмінь вибухового предмету розсіюється.

Технічний результат полягає у підвищенні ефективності процесу розмінування, зниженню поломок та енергомісткості, завдяки узгодженню частоти обертання ротора та поступальної швидкості машини.

РОБОЧИЙ ОРГАН МІННОГО ТРАЛУ

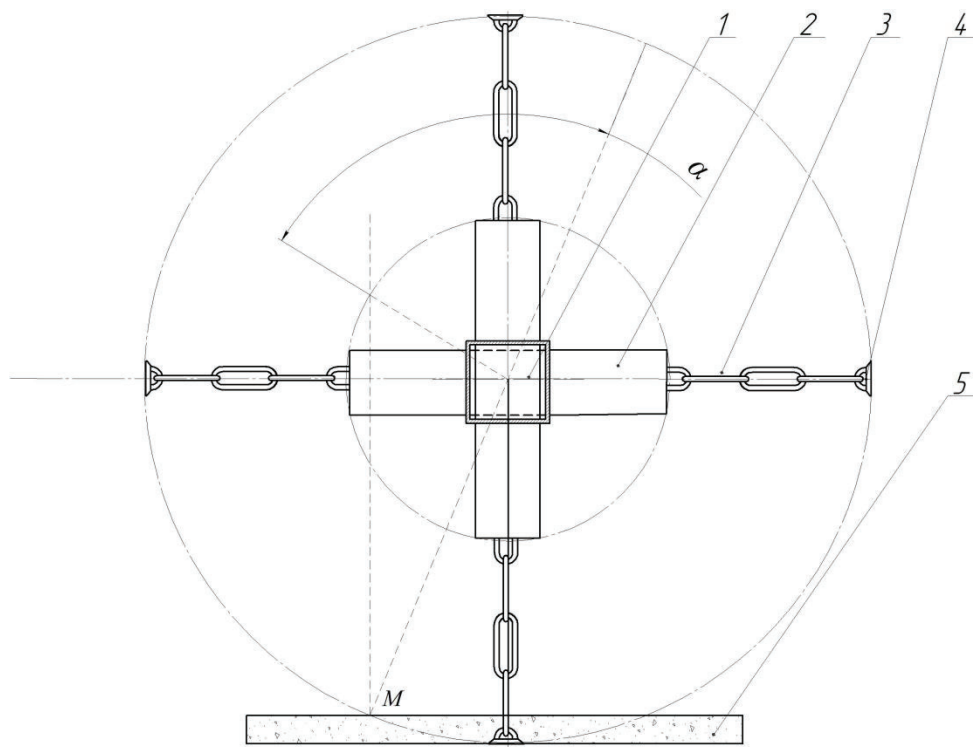


Рис. 3.1. Робочий орган мінного трапу

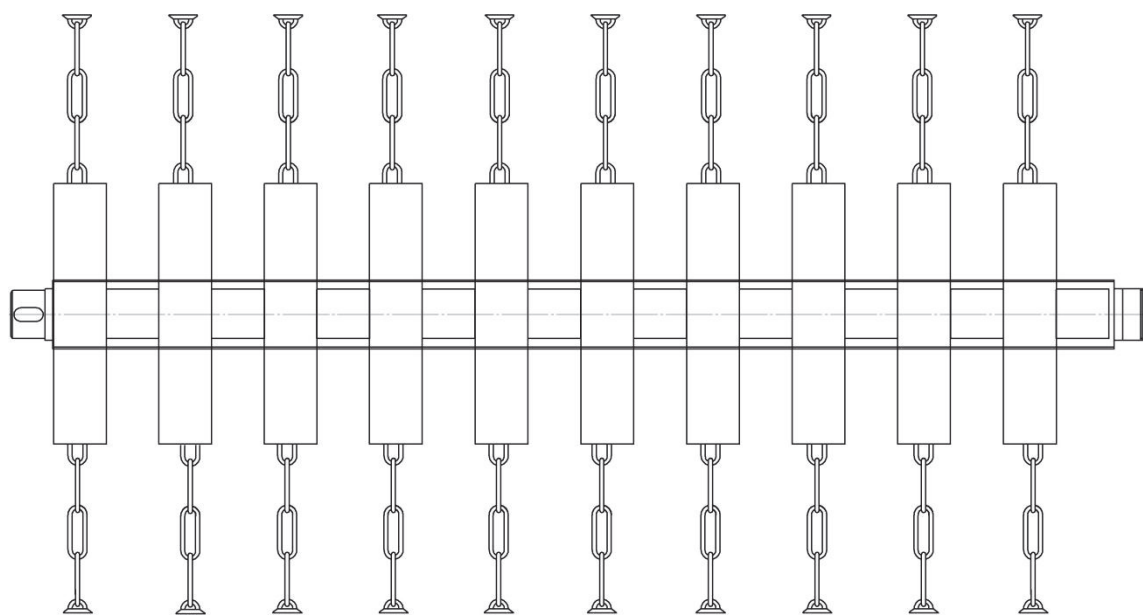


Рис. 3.2. Розміщення робочих органів

Робочий орган мінного тралу, який має вал, матеріалом якого є броньована сталь, який **відрізняється** тим, що вал має форму квадрата та у валу зроблені прорізи та крізь які закріплені суцільні двосторонні консолі та які розміщені одна відносно одної на кут 90 градусів та до яких закріплені ланцюги та на кінцях останніх знаходяться ножі-шайби.

3.2. Теоретичне обґрунтування робочого органу

Повномасштабна війна, що триває в Україні три роки, призвела до небачених досі масштабів мінування. Загалом, від 24 лютого 2022 року, Україна втратила 23% посівних площ . У травні, цього ж року, сапери очистили та повернули аграріям майже 30 тисяч га сільськогосподарських земель. В середньому, вони розмінують від 3,5 до 6 тисяч га за тиждень .

За даними Світового банку, лише, пріоритетне розмінування сільськогосподарських земель, коштуватиме близько 1,5 млрд. доларів США . Без обстеження та розмінування, використання забруднених земель аграріями неможливе. Це ті території, які сьогодні понівечені війною. За оцінками Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, через війну, ґрунтам нанесено збитків на понад 900 млрд грн. .

Цілком очевидно, що після завершення війни, без вжиття надзвичайних заходів на державному рівні та підтримки міжнародної спільноти, Україна може на роки втратити третину посівних площ - 10-12 млн.га. Це 30-35 млн тонн зерна, які можуть забезпечити продовольством значну частинку жителів планети.

Уряд України втілює низку кроків для пришвидшення гуманітарного розмінування сільськогосподарських земель, завдяки цьому, вдалося суттєво наростити темпи. Якщо, на початок року в Україні не було жодної машини для гуманітарного розмінування, лише 26 операторів та майже 3000 саперів. Заводи України почали виготовляти техніку для розмінування, наприклад, легка роботизована машина MV-4, Божена 4, «Змій» [6].

В зв'язку з цим, нами розроблено конструкційно-функціональну схему мінного тралу. Така машина може знешкоджувати вибухонебезпечні предмети, безпосередньо, на полі. Робочим органом тралу є вал, до якого закріплені важелі, на кінцях останніх прикріплюються ланцюги із тягарцями.

Швидкість ланок ланцюгів збільшуються із збільшенням радіусу обертання

$$v_l = \omega_6 R_1 < \omega_6 R_2 < \omega_6 R_3, \quad (3.1)$$

де ω_1 – колова швидкість ротора, c^{-1} ;

R_1, R_2, R_3 - радіуси відповідно біля кріплення ланцюга, посередині та на кінці ланцюга, м.

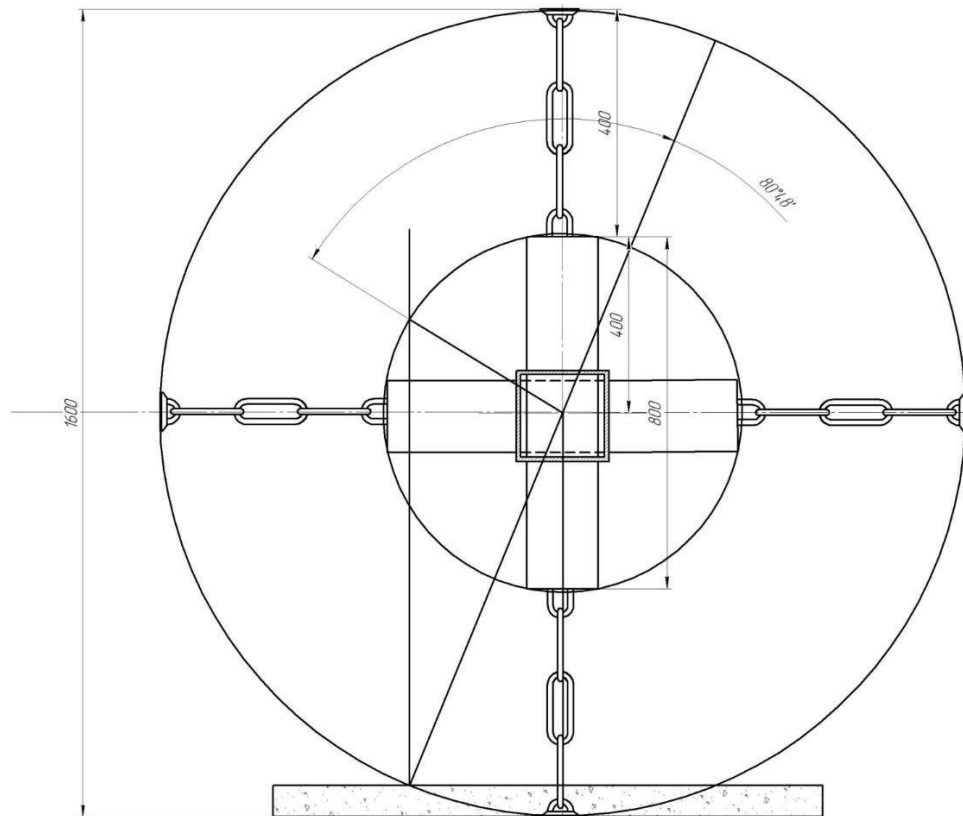


Рис. 3.3 визначення точки взаємодії

Швидкість ланок ланцюгів збільшуються із збільшенням радіусу обертання

$$v_l = \omega_6 R_1 < \omega_6 R_2 < \omega_6 R_3$$

де ω_1 – колова швидкість ротора, c^{-1} , R_1 , R_2 та R_3 - радіуси відповідно біля кріплення ланцюга посередині на кінці ланцюга, м.

В такому випадку із збільшенням радіусу, буде збільшуватись маса ланцюга $m_1 < m_2 < m_3$. Це означає, що буде збільшуватись відцентрова сила ланцюга. Оскільки

$$T_1 \omega_0^2 R_1 < T_2 \omega_0^2 R_2 < T_3 \omega_0^2 R_3.$$

$$g < \omega_0^2 R_3$$

прирівнявши

$$g = \omega_0^2 R_3$$

знайдемо

$$\omega_0^2 = \frac{g}{R_3}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{R_3}}$$

$$n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{R_3}}$$

$$n = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \cdot \sqrt{\frac{9,8}{0,4}} = 0,16 \cdot 5,0 = 0,8 \text{ c}^{-1}$$

$$n = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \cdot \sqrt{\frac{9,8}{0,8}} = 0,16 \cdot 3,5 = 0,56 \text{ c}^{-1}$$

Таким чином, мінімально допустима частота обертання барабана виходячи із умови рівності сил становить 34 – 48 хв⁻¹.

Розглянемо умову переміщення агрегату.

З огляду аналогів середня швидкість переміщення таких агрегатів становить 5 км/год. Це становить 1,4 м/с.

Виходячи з умови величини тіла пошуку (діаметр 0,2 метра) частоту обертання ротора потрібно збільшити

$$n = 1,4 : 0,2 = 7 \text{ разів.}$$

Враховуючи конструкцію ротора, на якому в одній площині встановлено чотири або два більших елементи, частоту обертання можна змінювати.

При застосуванні в одній площині два або чотири біла.

$$n = 7 : 4 = 1,75 \text{ разів.}$$

$$n = 7 : 2 = 3,5 \text{ разів.}$$

Раціональніша форма із двома білами в одній площині провертання

Для забезпечення роботи агрегату за швидкістю, потрібно частоту обертання ротора збільшити до 120 - 170 хв⁻¹.

$$n = 7 : 2 = 3,5 \cdot 34 \dots 48 = 120 \dots 170 \text{ хв}^{-1}$$

$$n = 7 : 4 = 1,75 \cdot 34 \dots 48 = 60 \dots 85 \text{ хв}^{-1}.$$

Виходячи з умови величини тіла пошуку (діаметр 0,2 метра) та враховуючи конструкцію ротора, ротора потрібно збільшити.

Використання запропонованої машини, дасть можливість знешкоджувати вибухонебезпечні предмети на полях і усуне травмування людей та тварин, а також підрив техніки.

3.3. Розрахунок валу робочого органу

Відомості:

1. Матеріал – сталь «30ХГСА»
2. Діаметр валу (d) – 150 мм.
3. Довжина валу (L) – 1800 мм.
4. Частота обертання (n) – 400 об/хв.

5. Потужність на валу (P) – 186 кВт.

6. Маса однієї ланцюгової «гірлянди» (m_s) - 3 кг.

Розрахунок:

1. Крутний момент

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 400}{60} = 41.89 \text{ рад/с}$$

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{186 \times 10^3}{41.89} = 4.45 \text{ кН/м}$$

Динамічний та ударний коефіцієнт:

$$T_d = K_t T = 3 \times 4.45 = 13.33 \text{ кН/м}$$

2. Згинаючий момент

2.1 Вага гірлянд

$$W = N_s m_s g = 40 \times 3 \times 9.81 = 1.18 \text{ кН}$$

Розподіляємо рівномірно на довжину L:

$$w = \frac{W}{L} = \frac{1.18}{1.8} = 0.653 \text{ кН/м}$$

2.3. Загальний момент з коеф. динаміки $K_m = 2$:

$$M_d = K_m (M_g + M_{imp}) \approx 2(0.264 + 16.2) = 33.0 \text{ кН/м}$$

3. Перевірка міцності

3.1. Напруження від згину та кручення:

$$\sigma = \frac{32M_d}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 33000}{\pi \cdot 0.15^3} = 85.6 \text{ МПа}$$

$$\tau = \frac{16T_d}{\pi d^3} = \frac{16 \cdot 13330}{\pi \cdot 0.15^3} = 34.3 \text{ МПа}$$

3.2. Еквівалент:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{85.6^2 + 3 \cdot 34.3^2} = 97 \text{ МПа}$$

3.3. Коефіцієнт запасу

Беремо допустиму $\sigma_a = 0.4\sigma_t = 0.4 \cdot 740 = 296 \text{ МПа}$

$$n = \frac{\sigma_a}{\sigma_{eq}} = \frac{296}{97} \approx 3.0$$

Висновок: запас міцності ~ 3 , тобто вал відповідає вимогам

4. Жорсткість (крутильна)

4.1. Полярний інерційний момент:

$$J = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi 0.15^4}{32} = 4.98 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$$

4.2. Кут закручування:

$$\theta = \frac{T_d L}{GJ} = \frac{13330 \cdot 1.8}{80 \cdot 10^9 \cdot 4.98 \cdot 10^{-6}} = 0.00604 \text{ рад} \approx 0.35^\circ$$

$< 1^\circ$ — жорсткість прийнятна.

Примітка: Радіальні сили від центробіжного вирівнювання гірлянд майже симетричні, додатково не збільшують згин

РОЗДІЛ 4.
МЕТОДИ ВИЗНАЧАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОГО
ОЦІНЮВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ МАШИН

4.1 Визначення показників порівняльної економічної ефективності

4.1.1 Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції (E_p) у гривнях визначають за формулою:

$$E_p = (\Pi_б - \Pi_н) \cdot B_з + E_я$$

де $\Pi_б, \Pi_н$ — сукупні витрати на одиницю наробітку відповідно по базовій і новій машинах, грн/га. наробітку;

$B_з$ — річний обсяг наробітку новою машиною в умовах певної природно-кліматичної зони, од. наробітку;

$E_я$ — річний економічний ефект, одержаний за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн.

$$E_p = (52781,0 - 48734,0) \cdot B_з + E_я$$

$$E_p = (52781,0 - 48734,0) \cdot 195 + 4052 = 793217$$

4.1.1.1 Зональний річний обсяг наробітку новою машиною ($B_з$) в одиницях наробітку визначають за формулою:

$$B_з = W_{ек} \cdot T_з$$

де

$W_{ек}$ — продуктивність нової машини за 1 год експлуатаційного часу, га/год;

$T_з$ — зональне річне завантаження машин, год.

$$B_3 = 0.15 \cdot 1300 = 195$$

$$B_3 = 195$$

4.1.1.2 Річний економічний ефект, одержаний за рахунок зміни кількості та якості продукції ($E_{я}$) у гривнях визначають за формулою:

$$E_{я} = C_{ян} - C_{яб}$$

де $C_{ян}$, $C_{яб}$ — вартість 1 га розмінованої території, одержаної при застосуванні відповідно нової та базової машин, грн.

$$E_{я} = 52787,0 - 48735,0 = 4052$$

4.1.2 Річний прибуток (O) від експлуатації нової машини у гривнях визначають за формулою:

$$O = (I_B - I_H) \cdot B_3 + E_{я}$$

де

I_B , I_H — прямі експлуатаційні витрати відповідно по базовій та новій машинах на одиницю наробітку, грн/од. наробітку.

$$O = (54750 - 44200) \cdot 195 + 44052 = 2101302$$

4.1.3 Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину ($T_{ок}$) у роках визначають за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K_H - K_B}{O}$$

де K_H, K_B — сумарні інвестиційні вкладення відповідно у нову та базову машини, грн.

$$T_{OK} = \frac{15600000 - 13000000}{2101302} = 1,3$$

4.1.4 Лімітну ціну нової машини (C_L) у гривнях визначають за формулою:

$$C_L = \left(\frac{E_p}{a_H + E_H} + B_H \right) \cdot \frac{1}{k_6} \cdot \delta$$

де

B_H — балансова вартість нової машини (без податку на додану вартість), грн;

a_H — коефіцієнт врахування на амортизацію по новій машині;

k_6 — коефіцієнт перерахунку цін придбання в балансову вартість машини;

δ — коефіцієнт гарантії споживачу економічного ефекту від використання нової машини;

E_H — коефіцієнт ефективності інвестиційних вкладень.

$$C_L = \left(\frac{793\,217}{0,1 + 0,03} + 12\,000\,000 \right) \cdot \frac{1}{1,2} \cdot 0,9 = 13568952$$

Примітка. Коефіцієнт гарантії споживачу економічного ефекту від використання нової машини приймають рівним 0,8 у випадку, коли нова машина забезпечена вільними трудовими ресурсами, заміну яких вона потребує, та 0,7 — у разі їх відсутності (за узгодженням із споживачем ринку — 0,90...0,95).

4.1.4.1 Балансову вартість машини (B) у гривнях визначають за формулою:

$$B = C_M \cdot k_6$$

$$B = 12000000 \cdot 1,3 = 15600000$$

Примітка. Відрахування на амортизацію, капітальний та поточне ремонтування, питомі інвестиційні вкладення визначають з урахуванням балансової вартості будівельної частини, якщо така необхідна для експлуатації машини.

4.1.4.2 Коефіцієнт ефективності інвестиційних вкладень (E_H) визначають за формулою:

$$E_H = \frac{C_6}{100}$$

де C_6 — ставка пільгового кредиту Національного банку України у відсотках 3%.

$$E_H = \frac{3}{100} = 0,03$$

4.1.5 Річну економію затрат праці під час експлуатації нової машини ($Z_{пр}$) у людино-годинах визначають за формулою:

$$Z_{пр} = (Z_{пб} - Z_{пн}) \cdot B_3$$

де $Z_{пб}$, $Z_{пн}$ — затрати праці відповідно по базовій і новій машині на одиницю наробітку, люд./од. наробітку.

$$Z_{пр} = (5 - 2) \cdot 195 = 585$$

4.1.6 Річну економію ресурсів під час експлуатації нової машини (Z_{pp}) в натуральних одиницях визначають за формулою:

$$Z_{pp} = (Z_{pb} - Z_{pn}) \cdot B_3$$

$$Z_{pb} = 365 \cdot t \cdot m_1 / P_k,$$

$$Z_{pb} = 365 \cdot 8 \cdot 2 / 195 = 30,2 \text{ люд.год/га},$$

$$Z_{pn} = 365 \cdot 8 \cdot 2 / 50 = 117,8 \text{ люд.год/га},$$

де Z_{pb} , Z_{pn} — затрати ресурсів відповідно базовою та новою машиною на одиницю виробітку, натуральних одиниць/од. виробітку.

4.1.7 Ступінь зміни витрат під час експлуатації нової машини порівняно з базовою (С) у відсотках визначають за формулою:

$$C = \frac{Z_{pb} - Z_{pn}}{Z_{pb}} \cdot 100$$

де

Z_{pb} , Z_{pn} — річні затрати (затрати праці, ресурси, прямі експлуатаційні затрати, сукупні затрати) відповідно за базовою та новою машинами, люд.-год (натуральних одиниць, грн).

$$C = \frac{117,8 - 30,2}{117,8} \cdot 100 = 74,4 \%$$

4.2 Визначення економічних показників

4.2.1 Сукупні витрати (П) у гривнях на одиницю виробітку визначають за формулою:

$$\Pi = И + К \cdot E_n$$

де

И — прямі експлуатаційні витрати, грн/од. виробітку;

К — питомі інвестиційні вкладення, грн/од. виробітку;

$$\Pi = 10372 + 80000 \cdot 0.03 = 12772$$

4.2.2 Прямі експлуатаційні витрати (И) у гривнях на одиницю виробітку визначають за формулою:

$$И = З + \Gamma + P + A + \Phi + M$$

де

З — затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн/од. виробітку;

Г — затрати на паливно-мастильні матеріали та електроенергію, грн/од. виробітку;

Р — затрати на технічне обслуговування, поточне та капітальне ремонтування, грн/од. виробітку;

А — затрати на амортизацію, грн/од. виробітку;

Ф — затрати на допоміжні матеріали, грн/од. виробітку;

М — затрати на зберігання, страхування та монтування, грн/од. виробітку.

$$И = 27500 + 44240 + 26742 + 11430 + 7514 + 34507 = 151933$$

4.2.2.1 Затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу (З) у гривнях на одиницю виробітку визначають за формулою:

$$З = \frac{\sum_{j=1}^n L_i \cdot t_i \cdot r_i \cdot k_d \cdot n_i}{W_{3M}}$$

де

n_i — коефіцієнт, що враховує доплати до годинної ставки за продукцію, класність, стаж роботи тощо;

$W_{зм}$ — продуктивність нової машини за годину змінного часу, од. наробітку/год.

$$З = \frac{3 \cdot 8 \cdot 260 \cdot 29,85 \cdot 1.1}{0.15} = \frac{204890,4}{0,15} = 1365936,0$$

4.2.2.2 Затрати коштів на паливно-мастильні матеріали та електроенергію (Γ) у гривнях на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$\Gamma = q \cdot k_{п} \cdot Ц_{п}$$

де

q — питомі витрати палива (електроенергії), кг (кВт·год)/од. наробітку;

$Ц_{п}$ — ціна одного кілограма палива (однієї кіловат-години електроенергії), грн/кг (грн/кВт·год);

$k_{п}$ — коефіцієнт, що враховує втрати мастильних матеріалів.

$$\Gamma = 100 \cdot 1.1 \cdot 402.18 = 44240$$

4.2.2.3 Затрати на капітальне, поточне ремонтування та технічне обслуговування (P) у гривнях на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$P = \frac{Б \cdot (r_T + r_K)}{W_{ек} \cdot T_H}$$

де

r_T — коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування;

r_K — коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

T_H — строк служби машини у роках.

$$P = \frac{15600000 \cdot (0.00115 + 0.00065)}{0.15 \cdot 7} = 26742$$

4.2.2.4 Затрати на амортизацію машини (А) у гривнях на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{3M} \cdot T_3}$$

де

a — коефіцієнт відрахувань на амортизацію машини. Визначають за допомогою прямолінійного методу нарахування амортизації, тобто:

$$a = \frac{1}{n}$$

де

n — термін служби машини у роках.

$$a = \frac{1}{7} = 0,142$$

$$A = \frac{15600000 \cdot 0.142}{0.15 \cdot 1300} = 11430$$

4.2.2.5 Витрати на допоміжні технологічні матеріали (Ф) у гривнях на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$\Phi = \sum_{i=1}^T h_i \cdot \text{Ц}_{\text{Ti}}$$

де:

h_i - питомі витрати i -го виду технологічного матеріалу, кг (м, шт.)од. виробітку;

Ц_{Ti} - ціна одиниці i -го технологічного матеріалу, грн/кг (м, шт.).

$$\Phi = 17 \cdot 442 = 7514$$

4.2.2.6 Затрати на зберігання, страхування та монтування машин (М) у гривнях на одиницю виробітку визначають за формулою:

$$M = \frac{\sum_i Z_{\text{pi}} \cdot r_i \cdot n_i \cdot \text{Ц}_{\text{д}} + S_{\text{зсм}}}{W_{\text{ек}} \cdot T_{\text{з}}}$$

де:

Z_{pi} - затрати праці i -ої категорії працівників на докладання та монтування устаткування, люд.-год.;

$\text{Ц}_{\text{д}}$ - вартість матеріалів, які використані на докладанні та монтуванні машин, грн;

$S_{\text{зсм}}$ - річні витрати на зберігання та страхування машин, грн.

$$M = \frac{30.2 \cdot 260 \cdot 1.1 \cdot 750 + 250000}{0.15 \cdot 1300} = 34507$$

4.2.3 Питомі інвестиційні вкладення (К) у гривнях на одиницю виробітку визначають за формулою:

$$K = \frac{B + K_{\text{буд}}}{B_{\text{з}}}$$

де

$K_{\text{буд}}$ - балансова вартість будівельної частини, необхідної для експлуатації машини, (вводиться в формулу за наявності різниці в обсягах будівельної частини нової та базової машини), грн.

$$K = \frac{15600000 + 0}{195} = 80000$$

4.2.3.1 Затрати на амортизацію, капітальне та поточне ремонтування, інвестиційні вкладення на одиницю наробітку стосовно машин, які агрегатуються з базовою та новою машинами тієї самої марки, а також тракторів, зчіпок та інших машин, якщо потреба господарства в останніх не змінюється, визначають через експлуатаційну продуктивність базової машини.

4.2.4 Затрати праці $Z_{\text{п}}$ на виконання машиною чи працівником виробничого процесу в людино-годинах на одиницю наробітку визначають за формулою:

$$Z_{\text{п}} = \frac{\sum_{s=1}^n L_i \cdot t_1}{B_3}$$

4.3 Оформлення вихідних даних та результатів обчислювання показників порівняльної економічної ефективності виконують за формою, наведеною в додатку А.

4.4 Економічні показники виконання технологічного процесу із застосуванням нової та базової машини оформляють у вигляді таблиці, наведеної у додатку Б.

4.5 Показники економічної ефективності за відсутності бази порівняння заносять в таблицю згідно з додатком В.

4.6 На основі отриманих результатів випробування проводять їхнє аналізування, формують висновки відповідно до мети та поставлених завдань і складають протокол випробування за установленою формою.

4.7. ПОКАЗНИКИ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ НОВОЇ МАШИНИ

Показник	Значення показника
1. Річна економія затрат праці, люд.-год	
2. Річна економія ресурсів, натуральних одиниць	
3. Річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн	793 217
4. Річний економічний ефект, одержаний за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн	
5. Річний прибуток, грн	
6. Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень, роки	1,92
7. Лімітна ціна, грн	
8. Балансова вартість машини, грн	

РОЗДІЛ 5.

ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ РОЗМІНУВАННІ ТЕРИТОРІЙ

5.1. Засоби захисту операторів

Протимінне взуття «Spider Boot»

Протимінне взуття **Spider Boot** — це модернізоване армійське взуття, призначене для зниження спеціальних матеріалів для зменшення передачі ударної хвилі через підошву, а також для відведення частини енергії вибуху вбік.

Недоліком традиційних протимінних черевиків є безпосередній контакт підошви з ґрунтом, що сприяє більшій передачі енергії вибуху до стопи. Крім того, екстремальні тиски в зоні вибуху можуть перевищувати міцність багатьох матеріалів, знижуючи ефективність захисту.

Основні інженерні рішення:

- Підвищення відстані між вибухом і ногою сапера;
- Розсіювання енергії через опори;
- Захисна оболонка від осколків і хвилі;
- Амортизація залишкової енергії вибуху;
- Сумісність з різними типами ґрунтів і умовами розмінування.

Spider Boot носяться поверх звичайного взуття й поєднують високий рівень захисту з достатнім комфортом під час виконання саперних робіт.



Рис. 5.1. Взуття розмінувальника

5.2. Випробування ефективності протимінного взуття Spider Boot із використанням механічної моделі ноги

Початкові конструктивні Досліджень (DIRP) на базі DRES (Саффілд), з використанням механічної моделі ноги, здатної точно фіксувати параметри, що впливають на ризик травм нижніх кінцівок.

Вимірювалися ключові показники: прискорення в області гомілковостопного суглоба, сила згинання коліна й з використанням як справжніх протипіхотних мін (PMA1, PMA2, PMA3, PPMiNa1), так і сурогатних зарядів С4 (від 25 до 200 г), розташованих у піску на глибині 3 см під взуттям.

Основні результати:

- Прискорення механічної моделі при підриві під Spider Boot варіювалося від 150g до 2860g, залежно від ваги заряду та місця його розташування. Для звичайних бойових черевиків цей показник сягав 10 300g.
- Згідно з вимірюваннями, Spider Boot зменшує ударне прискорення більше ніж на 90% для заряду С4 масою 25 г та на 80% для міни PMA3 порівняно зі

звичайним військовим взуттям. Також виявлено, що Spider Boot має «жертвні елементи», які руйнуються під час вибуху, поглинаючи частину енергії, аналогічно зоні зминання в автомобілях. Це знижує ризик травм у саперів. У 1999 році додаткові випробування проводилися з використанням гнучкої моделі ноги, розробленої DSTO (Австралія), і аналіз цих даних триває.

5.3. Безпека та гігієна праці: основи та навчання

Для безпечного проведення робіт з розмінування підрозділи та органи Цивільного захисту (ЦЗ) впроваджують системи управління безпекою і гігієною праці відповідно до ДСТУ OHSAS 18001:2010. Такі системи мають передбачати чіткий розподіл обов'язків і повноважень, а також відповідність робочих умов нормам законодавства.

Обов'язки керівництва ЦЗ щодо охорони праці:

- створення служб охорони праці, призначення відповідальних осіб;
- затвердження інструкцій і контроль за їх дотриманням;
- організація навчання, інструктажів, медичної допомоги та страхування;
- проведення планових перевірок, розслідувань інцидентів і ведення відповідної документації.

Обов'язки особового складу:

- дбати про власну і колективну безпеку;
- відповідати за порушення вимог БГП.

Навчання та інструктажі

Відповідно до нормативних актів (накази №15 від 26.01.2005 та №282 від 27.04.2009), особовий склад ЦЗ проходить обов'язкові інструктажі:

1. Вступний — при зарахуванні на службу.
2. Первинний — перед початком виконання завдань, на робочому місці.

5.4. Особливі вимоги безпеки під час розмінування

Особовий склад повинен діяти лише в межах своєї компетенції, використовуючи захисне спорядження (шолом, бронежилет). Робоча зона має

бути чітко позначена та обладнана згідно з вимогами. Заборонено проводити розмінування без постійного зв'язку з керівництвом.

Піротехніки повинні вміти надавати домедичну допомогу. У разі порушення правил безпеки роботи припиняються, а персонал проходить повторну перевірку знань. Без позитивного результату – до роботи не допускається.

Під час розмінування необхідно:

- поводитися з ВВП обережно;
- працювати на ділянці лише одній особі;
- заздалегідь визначити шляхи евакуації;
- уникати взаємодії з підозрілими дротами та розтяжками;
- пересуватись лише перевіреною територією;
- дотримуватись заходів безпеки під час роботи з вибуховими речовинами (ВР) та засобами підриву (ЗП).

Категорично заборонено:

- використовувати несправне обладнання;
- працювати без засобів захисту;
- накопичувати людей у зоні розмінування;
- чіпати ВВП без необхідності;
- залишати місце роботи без дозволу;
- снаряди та міни з механічними пошкодженнями;
- гранати без запобіжників;
- інженерні міни з пошкодженими підривниками.
-

Роботи дозволяється проводити лише вдень і за сприятливої погоди. Тривалість зміни – не більше 8 годин. Безперервна праця – до 45 хв, з обов'язковим відпочинком у безпечному місці.

При знищенні ВВП заборонено:

- залучати непідготовлений персонал;

- виготовляти заряди у непридатних місцях;
- зберігати сторонні предмети поруч зі складами ВР/ЗП;
- працювати за недостатнього освітлення або вночі.

Начальник підрозділу зобов'язаний попереджати владу та населення про заплановані підриви, забезпечувати оточення, дотримання порядку і безпеки.

5.5. Безпека на робочих ділянках розмінування

Забезпечення безпечних умов праці на ділянках розмінування здійснюється органами та підрозділами цивільного захисту через розробку схем зонування, огороження та маркування небезпечних ділянок, контроль пересування спеціалістів, відвідувачів і громадян, дотримання встановлених робочих відстаней, а також організацію медичного супроводу і заходів аварійної евакуації.

Небезпечна зона — це територія, де фрагменти вибуху можуть завдати шкоди здоров'ю. Відповідно до нормативів (наказ ДСНС № 298 від 31.05.2017) всі зони мають бути чітко промарковані.

Найвищий ризик травм отримують безпосередньо фахівці, які працюють біля вибухонебезпечних предметів. Для інших осіб на робочих ділянках ризику значно нижчі. Щоб мінімізувати травматизм, встановлюються безпечні робочі відстані між розмінувальниками, технікою та іншими працівниками.

Робочі відстані визначаються на основі комплексної оцінки ризиків, враховуючи особливості території, стан ВВП, кліматичні умови та рівень захисту персоналу спеціальним спорядженням. Оцінка ризиків повинна оновлюватися регулярно, оскільки ситуація на ділянці змінюється в процесі робіт.

Фактори, що впливають на ймовірність випадкової детонації мін або ВЗВ, включають їх стан, методи розмінування, погодні умови, а також стан здоров'я і втомленість персоналу.

Особовий склад зобов'язаний дотримуватися встановлених мінімальних безпечних відстаней під час робіт із знешкодження вибухонебезпечних предметів Табл.1

Тип боєприпаса	Радіус небезпечної зони, м		
	Об'єкт на поверхні, огорожений мішками з піском	Об'єкт у траншеї огорожений мішками з піском	Об'єкт на поверхні, неогорожений
Ручна граната ЗБП	100 м	100 м	200 м
Гвинтівкова граната ЗБП	100 м	100 м	200 м
Гранати РПГ	100 м	100 м	500 м
Ручні гранати ПТ (ЗБП ПТ)	100 м	100 м	500 м
Мінометні міни калібром від 50 до 82 мм	100 м	100 м	500 м
Мінометні міни калібром від 100 до 160 мм	400 м	400 м	1250 м
Артилерійські снаряди калібром до 100 мм	250 м	250 м	1000 м
Артилерійські снаряди калібром від 100 до 152 мм	400 м	400 м	1250 м
Ракетні снаряди калібром до 100 мм	250 м	250 м	1000 м
Ракетні снаряди калібром від 100 мм до 140 мм	400 м	400 м	1250 м

Табл. 1. Безпечні відстані знаходження особового складу на відкритій місцевості від місця знищення боєприпасів

Примітки:

1.Безпечна відстань при підриві зарядів, які знаходяться у ґрунті, загальною вагою 10 кг, становить 500 метрів. На кожні 10 кг понад зазначеної ваги необхідно додавати по 100 метрів.

Калібр боєприпасу, мм	Вага (маса) підривного заряду тротилу, кг	Можлива дальність розльоту уламків, м
Снаряди і мінометні міни		
37-76	0,2-0,4	До 500
76-105	0,4-0,6	До 700
105-150	0,6-0,8	До 850
150-200	0,8-1,0	До 1000
200-300	1,0-2,0	До 1200
300-400	2,0-3,0	До 1350
Більше 400	Більше 3,0	До 1500
Авіабомби		
25-50	0,4	До 850
100	0,6	До 1000
250	1,0	До 1200
500	1,6	До 1350
1000	2,0	До 1500
1500	2,4	До 1600
2000	3,0	До 1750
3000	3,6	До 1900
5000	5,0	До 2000

Табл. 2. Дальність розльоту уламків

3.За можливості, під час підготовки до підриву боєприпасів, необхідно проводити інженерно-технічні заходи, що дозволяють зменшувати безпечні відстані.

4.У разі знищення боеприпасів іншими способами, наприклад за допомогою гідродинамічних руйнівників, безпечні відстані є такими ж, що і при вибуховому способі.

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті проведено комплексний аналіз сучасних технологій і засобів для очищення пасовищ від вибухонебезпечних предметів, що залишилися після бойових дій. Обґрунтовано необхідність впровадження механізованих рішень з урахуванням безпеки персоналу, економічної доцільності та технічної ефективності.

Теоретичні розрахунки доводять, що оптимальна частота обертання ротора становить 120–170 об/хв, що забезпечує необхідну ударну силу без перевантаження енергосистеми машини. Раціональна конструкція робочого органу зменшує ризик пошкодження при вибуху, знижує енергомісткість та збільшує надійність машини в умовах польових робіт.

Внаслідок реалізації проєкту:

- досягнуто підвищення ефективності очищення пасовищ від ВВП до 6 000 га за тиждень;
- річний економічний ефект становить 793 217 грн, термін окупності становить менше 2 років.

Таким чином, запропоноване рішення сприяє не лише підвищенню безпеки та продуктивності робіт з розмінування, але й створює передумови для повернення аграрного виробництва на звільнені території.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ ПОСТАНОВА від 2 лютого 2024 р. № 123 Київ Про реалізацію експериментального проекту щодо сертифікації операторів протимінної діяльності та процесів протимінної діяльності <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/123-2024-%D0%BF#Text>.

2. ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ СТАНДАРТНА ОПЕРАЦІЙНА ПРОЦЕДУРА 09.10/ДСНС Порядок проведення органами та підрозділами цивільного захисту очищення (розмінування) територій, забруднених вибухонебезпечними предметами, ручним способом <https://dsns.gov.ua/upload/2/6/8/9/6/4/w8U1FR1A8jtuJP1ay8pcIxPRJIwwhOM75TYtsxSJ.pdf>.

3. Протимінне взуття «Павуки»(Spider Boot): ефективна система захисту ніг від вибуху протипіхотної міни. https://saper.in.ua/ua/a493325-protivominnaya-obuv-paukispider.html?srsltid=AfmBOooubL2qgpv0TseGvtS_JmsjnwJEh4ubO3GGwTR_wFLfx78zRVq

4. Машини та обладнання для тваринництва. І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.С. Хмельовський. – К.: ТОВ «ЦП Компрінт», 2018.-567 с.

5. Машини і обладнання для тваринництва. Ревенко І.І., Хмельовський В.С., Заболотько О.О. та ін. – Ніжин, ПП Лисенко М.М. 2017. – 304 с.

6. Проектування технологічних процесів у тваринництві. І.І. Ревенко, В.С. Хмельовський, О.О. Заболотько та ін. – К.: ТОВ «ЦП Компрінт», 2018.-289 с.

7. Розмінування потребують понад 470 тисяч гектарів сільгоспземель - ДСНС <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3684922-rozminuvanna-potrebuut-ponad-470-tisac-gektariv-silgospzemel-dsns.html>

8. Розмінування України: потенційно забруднена площа зменшилася до 156 тис.кв.км <https://mvs.gov.ua/news/rozminuvannia-ukrayini-potenciino-zabrudnena-ploshha-zmensilasia-do-156-tiskvkm>

9. THE IMPACT OF THE RUSSIAN WAR IN UKRAINE ON WORLD FOOD SECURITY <https://ukrainianvictory.org/wp-content/uploads/ICUV-Research-Presentation-EN.pdf>

10. Україні потрібно понад 37 мільярдів доларів для розмінування всіх земель <https://suspilne.media/835473-ukraini-potribno-ponad-37-milardiv-dolariv-dla-rozminuvanna-vsih-zemel/>

11. Гуманітарне розмінування України: що робитиме Міністерство економіки та аграрії у 2024 році, щоб розв'язати цю проблему. <https://nv.ua/ukr/ukraine/events/2024-gumanitarne-rozminuvannya-plan-diy-ministerstva-ekonomiki-ta-agrarijiv-50381366.html>

12. Українська машина для розмінування «Змій» успішно пройшла випробування і отримала сертифікат відповідності. <https://demine.gov.ua/news/ukrainska-mashyna-dlia-rozminuvannia-zmii-uspishno-proishla-vyprobuvannia-i-otrymala-sertyfikat-vidpovidnosti>

13. Як здійснюється розмінування територій: 6 етапів <https://armyinform.com.ua/2022/12/22/yak-zdijsnyuyetsya-rozminuvannya-terytorij-6-etapiv/>

14. Заходи безпеки під час розмінування <https://dsns.gov.ua/upload/1/8/9/6/9/2019-6-27-321-123.odt>

15. Про протимінну діяльність в Україні та гуманітарне розмінування Донбасу <https://ips.ligazakon.net/document/JH7081CA?an=3>

16. MV-4 <https://dok-ing.hr/defence-security/mv-4/>

ДОДАТКИ