

## РОЗМІНУВАННЯ: МИНУЛЕ, СУЧАСНІСТЬ і МАЙБУТНЄ

*Рябініна С. С., студ. (гр. ОС-01, НН ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського);  
Мітюк Л. О., к.т.н., доц. (каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

**Анотація.** Розмінування – це складний процес видалення вибухонебезпечних об'єктів із земельної площі. Стаття розглядає еволюцію розмінування від минулого до сучасності, а також майбутні тенденції у цій галузі. Проведено аналіз стану питання, методики розмінування, використовувані матеріали та отримані результати. Розкрита важливість цієї галузі, її вплив на світ та можливості для подальшого розвитку.

**Ключові слова:** розмінування, вибухонебезпечні об'єкти, безпека, гуманітарна діяльність, інновації.

**Abstract.** Demining is a complex process of removing explosive objects from the land area. This article examines the evolution of demining from the past to the present and considers future trends in the field. We will examine the state of the issue, demining techniques, materials used and results obtained. Our goal is to reveal the importance of this industry, its impact on the world and opportunities for further development.

**Keywords:** demining, explosive objects, security, humanitarian activities, innovations.

**Вступ.** Розмінування – це процес виявлення і видалення вибухонебезпечних об'єктів, які залишилися після війн та військових конфліктів. Цей вид діяльності має величезне значення для гарантування безпеки людей та розвитку територій, які зазнали зруйнування внаслідок війни. Розглянемо еволюцію розмінування, а також подивимося на сучасні методи і технології, які використовуються для досягнення цієї мети.

**Аналіз стану питання.** Світова історія військових конфліктів залишила після себе мільйони нерозірваних мін, боєприпасів та інших вибухонебезпечних об'єктів. Ці об'єкти становлять серйозну загрозу для мирного населення та перешкоджають розвитку зруйнованих регіонів. Справжнім викликом стало виявлення і видалення цих об'єктів, і тут розмінування стає найважливішою галуззю гуманітарної діяльності. У минулому розмінування здебільшого здійснювалося вручну – люди під час небезпечної роботи вручну шукали та видаляли вибухонебезпечні об'єкти. Це було дуже небезпечно та часом неефективно. З часом з'явилися ручні та механізовані методи розмінування, що покращили ситуацію, але ризики залишалися високими [1].

**Мета роботи:** дослідження розмінування в його різних аспектах: минулому, сучасності та майбутньому. Визначити, як розмінування впливає на безпеку населення та на розвиток регіонів, які потерпіли від війн. Інновації в цій галузі та можливості для їх подальшого впровадження.

**Методики, матеріали і результати досліджень.** Методики розмінування: Ручне розмінування є одним з найбільш традиційних методів виявлення та

знищення земних мін. Цей метод включає використання спеціалістів, які ретельно перевіряють ділянку на наявність мін [2].

Процес ручного розмінування включає наступні етапи:

1. Пошук: Демінери, обладнані металодетекторами, оглядають ділянку в пошуку мін або інших вибухових пристроїв. Це може бути дуже повільний процес, оскільки кожен квадратний метр землі потрібно ретельно перевірити.

2. Виявлення: Якщо металодетектор виявляє щось підозріле, демінер маркує місце і використовує різні інструменти, такі як проби, щоб обережно виявити, чи є об'єкт міною.

3. Знищення: Якщо виявлена міна, демінер або знешкоджує її на місці, або за допомогою вибухового заряду проводить контрольований вибух.

4. Перевірка: Після того, як ділянка була оглянута та очищена від мін, вона знову перевіряється, щоб переконатися, що жодна міна не була пропущена.

Ручне розмінування є часомістким і небезпечним процесом, але в деяких випадках це може бути єдиним варіантом, особливо в складній або важкодоступній місцевості.



Рис. 1. Ручне розмінування

Машинне розмінування – це ефективний спосіб виявлення і знищення мін на великих ділянках землі. Цей метод використовує спеціальні машини, які можуть виявити і знищити міни.

Ось як працює машинне розмінування:

1. Виявлення: Машини для розмінування можуть бути оснащені металодетекторами або ґрунтовими проникаючими радарами для виявлення мін.

2. Знищення: Одним з методів знищення мін є флейл (металева брусорова система з кованою ланцюговою чи тросовою підвіскою), який встановлений на передній частині машини. Флейл розмінування використовує обертовий барабан з кованою ланцюговою підвіскою для надривання або вибуху міни на поверхні або під землею.

3. Безпека: Машини для розмінування зазвичай використовуються так, щоб вони були захищені від вибуху міни. Вони можуть мати дистанційне керування, зменшуючи ризик для людей.

Важливо зазначити, що хоча машинне розмінування може бути швидким та ефективним, воно не завжди може бути реалізовано (наприклад, на дуже крутих схилах або на ділянках з великою кількістю природних перешкод).



Рис. 2. Машинне розмінування

Використання робототехніки для розмінування стає все більш поширеним, оскільки це зменшує ризик для людського життя. Ось декілька способів, як роботи можуть використовуватися для розмінування:

1. Розпізнавання та детектування: роботи можуть бути обладнані сенсорами та сканерами для виявлення мін. Це може включати металодетектори, ґрунтові пенетраційні радары або системи для хімічного аналізу.

2. Знищення мін: після виявлення міни, деякі роботи мають змогу знищити її на місці. Це може бути зроблено шляхом вибуху, використання високого тиску води або інших методів.

Використання робототехніки дозволяє виконувати роботу швидше та безпечніше, оскільки роботи можуть працювати в умовах, які були б надто небезпечні для людей. Однак, не всі мінні поля можуть бути легко обробленими роботами, і в деяких випадках необхідні люди.

Дрони стають все більш важливим інструментом в процесі розмінування. Вони можуть використовуватися для різних завдань, залежно від їх оснащення та конфігурації.



Рис. 3. Робототехніка для розмінування

Слід зауважити, що хоча дрони можуть збільшити ефективність і безпеку процесу розмінування, вони не можуть повністю замінити людей. Рішення про використання дронів залежить від конкретних умов і вимог.

Організація АРОРО, заснована в Бельгії, розробила унікальну методику використання щурів для розмінування. Ці «щури-сапери», відомі як HeroRATs, навчені виявляти міни та інші вибухові пристрої.

Ось як працює цей процес:

1. Навчання: Щури проходять ретельне навчання з молодого віку. Вони навчаються асоціювати звук клацання з отриманням їжі, а потім вони навчаються шукати специфічний запах вибухівки.

2. Пошук: Щури, які були навчені виявляти міни, потім використовуються на місці, де відомо про наявність мін. Вони рухаються по ділянці землі, використовуючи свій гострий нюх, щоб виявити наявність вибухівки.

3. Ідентифікація: Щури здатні ідентифікувати конкретне місце, де вони виявили запах вибухівки. Вони зупиняються та починають дряпати землю, щоб показати де саме вони виявили міну.

4. Розмінування: Після виявлення потенційного місця розташування міни, спеціалісти з розмінування приходять на місце і обережно знищують міну.

Основна перевага використання щурів полягає в тому, що вони мають недостатньо ваги для того, щоб спричинити вибух міни. Вони також дуже швидкі та ефективні у виявленні вибухівок.



Рис. 4. Щури для розмінування

Матеріали та дослідження в сфері розмінування: Для розробки та вдосконалення методів розмінування проводяться дослідження в різних галузях науки та техніки. Ці дослідження включають в себе роботу із матеріалами, сенсорами, а також алгоритмами обробки даних.

Сучасні дослідження спрямовані на використання новітніх матеріалів для створення більш надійних сенсорів та роботів. Наприклад, вивчаються матеріали зі збудженням п'єзоелектричних ефектів, які можуть бути використані для створення більш чутливих сенсорів при виявленні небезпечних предметів.

Дослідження в галузі штучного інтелекту спрямовані на розробку ефективних алгоритмів для обробки сенсорних даних та прийняття рішень щодо розмінування. Ці алгоритми допомагають роботам із штучним інтелектом ефективно виявляти та нейтралізувати міни.

Результати досліджень та сучасний стан розмінування: Сучасні методи розмінування значно покращилися завдяки дослідженням та розвитку технологій [3]. Роботи із штучним інтелектом стають все більш розповсюдженими в сфері розмінування, що дозволяє ефективніше виявляти та нейтралізувати міни.

Відповідно до Плану виконання заходів гуманітарного розмінування на звільнених територіях з врахуванням виконання пріоритетних завдань, розмінування здійснюється за умовними етапами. Так, перший етап – це оперативне реагування після артилерійських, ракетних та авіаційних ударів, після інцидентів із вибухонебезпечними предметами, з метою пошуку та знищення боєприпасів, що не вибухнули, та їхніх залишків, забезпечення процесуальних дій правоохоронних органів.

Другий етап – це проведення оперативного реагування з метою пошуку, виявлення, знищення (знешкодження) вибухонебезпечних предметів на звільнених територіях для розблокування функціонування об'єктів життєзабезпечення, об'єктів транспортної інфраструктури та доступу населення до соціальних об'єктів та житлового фонду.

У багатьох випадках, перший та другий етапи потребують проведення обстеження на наявність вибухонебезпечних предметів, робіт з підводного розмінування, особливо при відновленні мостів, організації тимчасових переправ через водні перешкоди, при відновленні об'єктів водопостачання.

Третій етап – забезпечення безпеки сільськогосподарських робіт. Мається на увазі оперативний пошук вибухонебезпечних предметів на визначених сільськогосподарських територіях у рамках забезпечення харчової безпеки держави.

Заходи 1-3 етапу зазвичай мають оперативний характер та координуються безпосередньо у регіонах, що постраждали від російської агресії. Координацію заходів оперативного реагування здійснюють відповідні командування Сил оборони України та військові адміністрації.

До виконання перелічених етапів залучаються виключно урядові підрозділи сил оборони та безпеки (групи розмінування Державної спеціальної служби транспорту, піротехнічні підрозділи Державної служби України з надзвичайних ситуацій, вибухотехнічні групи Національної поліції України, інженерно-саперні підрозділи Збройних Сил України та Національної гвардії України).

Четвертий етап – це нетехнічне обстеження в рамках виконання алгоритму вивільнення земель відповідно до національних та міжнародних стандартів протимінної діяльності. Основна мета – ідентифікація імовірно забруднених та забруднених територій, які потенційно можуть містити ризики від вибухонебезпечних предметів. До цього етапу залучаються оператори протимінної діяльності.

П'ятий етап – проведення гуманітарного розмінування в рамках виконання алгоритму вивільнення земель. Включає в себе процедуру зменшення територій під час технічного обстеження, суцільне очищення територій методом розмінування або очищення району ведення бойових дій. Цей етап виконується операторами протимінної діяльності під моніторингом Національного органу з питань протимінної діяльності.

Шостий етап – це проведення зовнішнього контролю якості розмінування силами акредитованих органів із інспектування. Після успішного проведення зовнішнього контролю якості, оператор протимінної діяльності передає відповідальність за територію місцевим органам влади.

Виконання зазначеного етапу надає гарантію на безпечне користування землею та є найбільш ефективним з огляду на максимальні можливі зусилля з усунення ризиків від вибухонебезпечних предметів. Етапи 4-6 проводяться лише на територіях, де командуванням Збройних Сил України підтвердило сприятливу безпекову ситуацію для виконання процесу вивільнення земель.

Майбутнє розмінування обіцяє ще більші досягнення завдяки розвитку науки та технологій. Однією з перспективних галузей є використання дронів та автономних роботів для розмінування в ускладнених умовах, таких як ліси чи гірські регіони.

Також важливо розвивати методи швидкого та безпечного розмінування, щоб міни не завдали шкоди життю та здоров'ю людей на довгий термін.

**Висновки.** Отже, розмінування – це проблема, яка супроводжує людство протягом віків. Історія розмінування свідчить про страшні наслідки війн та конфліктів. Сучасність принесла із собою нові методи та технології, які полегшують роботу розмінувальників, але проблема ще далеко не вирішена. Мільйони мін залишаються на територіях, загрожуючи життю та безпеці мирного населення. Майбутнє розмінування вимагатиме поєднання зусиль урядів, науковців та громадськості. Розвиток нових технологій, підвищення обізнаності та навчання людей про небезпеку мін і збільшення фінансування для розмінування – це ключові складові успішної боротьби з цією проблемою. Розмінування залишається актуальною сучасною глобальною проблемою і спільні зусилля необхідні для забезпечення безпеки та благополуччя людей на всій планеті.

## Література

1. Мірошниченко Б. Десятки років та мільярди доларів. Коли розмінують українські поля та міста? [Електронний ресурс] / Богдан Мірошниченко // Економічна правда. – 2023. – Режим доступу: [www.epravda.com.ua/publications/2023/03/7/697737](http://www.epravda.com.ua/publications/2023/03/7/697737).

2. Горбулін В. Наслідки мінних війн: український зріз / В. Горбулін, С. Мосов. // Оборонний вісник. – 2021. – № 11. – С. 16–23.

3. Петрушко Л. Заміновано пів країни. Правильне розмінування України обійдеться у сотні мільярдів доларів. Хто заробить на небезпечному ринку [Електронний ресурс] / Любов Петрушко // Журнал Forbes Ukraine. – 2022. – Режим доступу: <https://forbes.ua/inside/zaminirovaniy-polstranypravilnoe-razminirovanie-ukrainy-budet-stoit-sotni-milliardov-dollarov-kto-zarabotaet-na-opasnomrynke-27062022-6689>.