

2. Azadi N. A Genetic Algorithm Scheme for Large-Scale Open-Pit Mine Production Scheduling / N. Azadi, H. Mirzaei-Nasirabad, A. Mousavi // Mining Technology : journal. – Abingdon : Taylor & Francis, 2023. – № 4(132). – P. 225 – 236.

УДК: 332.334

**Нижник Я.В.,** начальник науково-дослідного відділу наукового і науково-технічного забезпечення Центру протимінної діяльності,  
ndv\_cpmd@dsst.gov.ua  
**Журахов О.В.,** науковий співробітник,  
laos00000@gmail.com  
**Захарченко Д.С.,** аспірант, молодший науковий співробітник,  
dimazakhar@gmail.com

### **КЛАСИФІКАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ОПЕРАЦІЯХ РОЗМІНУВАННЯ**

Від початку бойових дій територія України дедалі більше забруднюється вибухонебезпечними предметами (далі – ВВП). Враховуючи масштаби військових дій та значних час їх ведення, з кожним місяцем ситуація тільки погіршується. За інформацією [1] загальна площа замінованих територій оцінюється за різними джерелами приблизно (170-180) тис. км<sup>2</sup>. Станом на 15 квітня 2025 року за даними національної бази даних у сфері протимінної діяльності (далі – ПМД) ІМСМА в Україні ідентифіковано 4960 ділянок імовірно забруднених та забруднених територій загальною площею 619 км<sup>2</sup>, з них вивільнено 263 площею 22,81 км<sup>2</sup>.

Безпілотні роботизовані комплекси, які використовують в операціях з розмінування, у відповідності до середовища в якому переміщується комплекс, класифікуються наступним чином [2]: наземні роботизовані комплекси (далі – НРК), БпЛА; надводні та підводні роботизовані комплекси.

НРК, які використовують в операціях з розмінування, за призначенням класифікуються наступним чином [3]: машини для детонування джерел небезпеки; машини для підготування ґрунту; машини для виявлення джерел небезпеки. Деякі НРК можна одночасно використовувати для виконання більше ніж однієї з цих функцій.

НРК для детонування або іншого виду знищення джерел небезпеки можна ефективно застосовувати за різних умов. Їх використання може зменшити або навіть усунути необхідність подальшого очищення забрудненої території.

НРК для підготування ґрунту призначені для підвищення ефективності операцій з розмінування зменшенням або усуненням перешкод. Підготовка ґрунту може охоплювати: зрізання рослинності та очищення; видалення розтяжок; розпушування ґрунту; видалення металевих забруднень; видалення будівельного сміття, валунів, щебню, оборонних дровових перешкод тощо; перероблення ґрунту й сміття. Підготування ґрунту може охоплювати або не охоплювати: детонацію, знищення або видалення протипіхотних мін.

НРК для виявлення джерел небезпеки можуть виконувати цю функцію фізично, за допомогою просіювальних механізмів і катків, або технологією виявлення з використанням металодетекторної рамки, георадару або пристрою відбирання проб. Деякі методи фізичного виявлення можуть охоплювати процес детонування джерел небезпеки під час виявлення. Якщо метою є знешкодження мін, НРК підпадає під категорію машин для розмінування, а якщо для підтримки таких засобів, як сапери ручного розмінування і мінно-пошукові собаки, то він підпадає під категорію машин для підготовки ґрунту.

За способом керування [4]: дистанційне керування (рис. 1); дистанційне керування за допомогою бортових камер (рис. 2).

За вагою НРК для розмінування класифікують наступним чином: мікро (до 2,5 т.) та легкі НРК (вага машини дорівнює або менше 10 т.). Знешкоджують ВВП, керуються дистанційно; середні НРК (вага машини від 10 т. до 20 т.). Знешкоджують ВВП, керуються дистанційно або оператором з кабіни; важкі НРК (вага машини понад 20 т.) [5].

За типом робочого інструменту: машини з бойковими тралами (ціпами, молотками); машини з фрезерними тралами (культиваторами); машини з інструментами для зрізання рослинності та видалення сміття; інші, включаючи машини з декількома інструментами [5]. Розрізняють інтрузивні машини, які призначені для роботи всередині небезпечної зони, та неінтрузивні, які призначені для роботи з безпечного майданчика.



Рис. 1 – Дистанційне керування



Рис. 2 – дистанційне керування за допомогою бортових камер

До механічних інструментів належать робочі компоненти, які приєднано до машини розмінування, а саме: бойкові трали (ціпи, молотки), культиватори, катки, плуги, магніти тощо. Один НРК може використовувати цілу низку різних інструментів.

За основними завданнями в операціях розмінування БпЛА класифікуються: пошук ВВП розміщених відкрито на земній поверхні; пошук ВВП на глибині до 0,5 м; виявлення ВВП; дистанційне спостереження з повітря за місцевістю з ВВП в реальному масштабі часу в простих і складних метеорологічних умовах, у будь-яку пору року, вдень і вночі; визначення координат виявлених ВВП; передача інформації про ВВП на існуючі (перспективні) системи управління; розшифрування інформації про ВВП після посадки БпЛА; проведення картографування місцевості, на якій знаходяться ВВП; здійснення контролю з повітря за діями особового складу під час розмінування та ін. [4].

БпЛА для дистанційного виявлення та ідентифікації наземних ВВП повинні задовольняти наступні вимоги: низька вартість, гарантована безпека для оператора, простота конструкції, відсутність необхідності доведення і складного регулювання на місці застосування, стійкість до перешкод, що можуть вплинути на роботу БпЛА, захист від засобів радіоелектронної боротьби, простота навчання і простота управління, мобільність, транспортабельність [4].

За основними завданнями, які можуть бути вирішені за допомогою підводних апаратів пошуку та ідентифікації ВВП класифікують: пошук ВВП, розміщених у воді; пошук ВВП, розміщених на поверхні дна; пошук ВВП нижче рівня дна (на глибині до 0,5 м); дистанційне спостереження за акваторією, забрудненою ВВП, в реальному часі; визначення координат виявлених ВВП; передача інформації про ВВП на системи управління; розшифрування інформації про ВВП після занурення автономного підводного апарату; проведення картографування акваторій, забрудненими ВВП; здійснення об'єктивного контролю за діями інших платформ під час їх роботи та ін.

#### Список посилань

1. Замінована Україна: заборонені «пелюстки», експеримент із підривом та ідентифіковані російські сапери URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/skhemy-zaminovana-ukrayina/32842727.html> (дата звернення: 08.05.2025).

2. Лаппо, І., Бірюков, Є., Журахов, О., Червотока, О. і Геращенко, М. (2023) «Міжнародний досвід випробувань машин розмінування. Можливість впровадження в національну систему протимінної діяльності», Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, 18(4), с. 55-64. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.18.2023.08>.

3. Протимінна діяльність. Процеси управління. Основні положення : ДСТУ 8820:2023 – На заміну ДСТУ-П 8820:2018 ; чинний з 2023-04-01. – К.: ДП “УкрНДНЦ”, 2022. – 84 с.

4. Рудніченко, С. М. Виявлення вибухонебезпечних предметів за допомогою безпілотних літальних апаратів / С. М. Рудніченко, М. М. Геращенко // Вибухонебезпечні предмети як елемент гібридних загроз: виклики та протидія. Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції. – Київ : НУОУ Івана Черняхівського, 2021. – С. 190-191.

5. Machines. Test and Evaluation Protocol. Version 1.0 [Effective from 30/06/2009]. – New York: United Nations Mine Action Service (UNMAS), 30 June 2009. – 40 p.

УДК 622.271

Пилипчук Д.І., аспірант  
[pylypchuk.davyd@knu.edu.ua](mailto:pylypchuk.davyd@knu.edu.ua)

Григор'єв Ю.І., канд. техн. наук, доцент  
Криворізький національний університет, [yulian.hryhoriev@knu.edu.ua](mailto:yulian.hryhoriev@knu.edu.ua)

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ СТОХАСТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ КОМПЛЕКСІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ

Важливим аспектом удосконалення відкритих гірничих робіт у глибоких залізородних кар'єрах є застосування сучасних технологій виймально-навантажувальних робіт [1]. Зі збільшенням глибини кар'єру збільшується відстань транспортування, що в свою чергу збільшує собівартість перевезення гірничої маси кар'єрним транспортом. Одним із методів, що можуть допомогти скоротити експлуатаційні витрати на транспортування є впровадження мобільних дробарно-перевантажувальних комплексів (МДПК). Незважаючи на обіцяне зниження вартості транспортування, впровадження таких комплексів пов'язане з великими ризиками через високі капітальні витрати, технічні особливості, обмеженість досліджень та недостатньо успішний досвід експлуатації, внаслідок чого інвестори з обережністю ставляться до впровадження МДПК [2].

Розвиток методів стохастичної оптимізації, на відміну від детермінованих (традиційних) моделей, змінив підхід до стратегічного планування гірничих робіт з використанням гірничодобувних комплексів. Особливу актуальність цей метод набуває при проектуванні та експлуатації мобільних дробарно-перевантажувальних комплексів (МДПК). Стохастична оптимізація, як інструмент планування дозволяє визначати оптимальне розміщення дробильних установок з урахуванням не тільки технічних обмежень МДПК, а й невизначених факторів гірничо-геологічного характеру; прокладати маршрути конвеєрів зі зменшенням витрат та підвищенням ефективності транспортування; підвищувати ефективність планів шляхом побудови адаптивних стратегій у змінних умовах [3,4]. На практиці дана модель, на відміну від детермінованої, досягла стабільного виконання виробничих планів, оптимальне розміщення мобільних дробильних комплексів та збільшення терміну служби МДПК, що призвело до зменшення експлуатаційних витрат на виймально-навантажувальні роботи [5]. МДПК представляє ризиковане, але перспективне виймально-навантажувальне обладнання на глибоких залізородних кар'єрах. Стохастична оптимізація є потужним інструментом для підвищення ефективності застосування МДПК в умовах глибоких залізородних кар'єрів, що в свою чергу допоможе знизити ризики і експлуатаційні витрати на транспортування та виймально-навантажувальні роботи. В