

УДК 629.3.014.7+629.3.022.4  
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.2/45>

**Петров Л.М.**

Військова академія (м. Одеса)

**Кішянус І.В.**

Військова академія (м. Одеса)

**Лисий О.В.**

Військова академія (м. Одеса)

**Верпівський С.М.**

Військова академія (м. Одеса)

**Малиновський О.А.**

Військова академія (м. Одеса)

**Нікішин В.А.**

Військова академія (м. Одеса)

**Шелухін С.В.**

Військова академія (м. Одеса)

## **РОБОТ «ГЕРЕЦЬ» ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОХОДІВ В МІННИХ ПОЛЯХ В ЗОНІ БОЙОВИХ ДІЙ**

*Робочий процес військового робота для створення проходів в мінних полях супроводжується навантаженням коліс вільної осі рухливим важелем що дозволяє ходовим колесам кінематично-зв'язаним з колесами вільної осі переміщуватись в заданому напрямку та одночасно направляючим колесам на диски, що формують потік важких дрібних часток. В статті розглянуті питання теоретичного дослідження механічної системи військового робота для створення проходів в мінних полях з пружним накопичувачем енергії для створення потоку важких дрібних часток і прокручування дисків, що формують потік важких дрібних часток і направляючого колеса, що кидає з застосуванням теореми Гюйгенса – Штейнера, а також системи загального рівняння динаміки.*

*Метою дослідження є створення військового робота для створення проходів в мінних полях з пружним накопичувачем енергії та конструкторсько-технологічної схеми, яка включає «неактивний міст» з пружним прокручуванням осі коліс та накопичуванням потенціальної енергії від додаткового пневматичного резистора.*

*Наукова та практична значущості роботи полягає в тому, що вперше запропонована теорія військового робота для створення проходів в мінних полях з пружним накопичувачем енергії для підтвердження його руху та технологія для її здійснення, в якій при обертанні коліс вільної осі введено частка енергії від пневматичного резистора.*

*Методологією дослідження являлося встановити математичний зв'язок між рухливим важелем та обертанням осі від пневматичного резистора.*

*Результатом є розроблена геометрія військового робота для створення проходів в мінних полях з пружним накопичувачем енергії для підтвердження його руху роботи у циклі руху вільної осі з пружинним накопичувачем, що відповідає руху ходовим колесам між першим і третім веденими мостами.*

*Цінність проведеного дослідження, результати проведеної роботи дозволять зробити внесок в галузь роботизованої техніки для виконання небезпечних робіт, де присутність людини не обов'язкова.*

*Запропоновано військовий робот для створення проходів в мінних полях з застосуванням пружного накопичування енергії в ходовій частині.*

***Ключові слова:** пневматичний резистор, ходове колесо, направляюче колесо, що розкидає, диски, потік, вільна вісь.*

**Постановка проблеми.** Провідні держави світу оснащують свої збройні сили сучасними засобами військової техніки в тому числі новітніми зразками техніки і технологіями, які призначені для розмінування мінних полів.

Згідно [1, с. 42-44] сухопутні війська Великобританії використовують систему розмінування "Пітон", яка викидає шланг, начинений вибухівкою великої потужності, на мінне поле, де він вибухає, викликаючи тим самим детонацію мін. Очевидно, що недоліком даного способу розмінування є відсутність детонації мін, які розташовані на певній відстані від заряду через послаблення дії ударної хвилі і продуктів детонації.

В армії Німеччини розроблена система дистанційного виявлення та знешкодження мінних полів MMSR, що об'єднує в себе засоби розвідки та

ліквідації мінних бар'єрів [1, с. 42-44]. Засіб розмінування представляє собою дистанційно керований мінний трал масою 8 т на спеціальній базі, що перевозиться на вантажному автомобілі. Його обладнання дозволяє імітувати магнітні, теплові, акустичні та сейсмічні поля бойових броньованих машин для імітації підриву з неконтактними детонаторами. Міни з детонаторами натискної дії підриваються спеціальними крокуючими пристроями, розташованими попереду трала. Система має середню здатність ефективно прокласти широкий прохід у мінімальному полі шириною до 2,8 м при швидкості руху до 7 км/год. Підрив мін і характер пошкоджених зарядів фіксуються відеокамерами, встановленими на машині управління. Крім того, у ФРГ розроблена малогабаритна радіокерована двох вісна машина розмінування КМР-1 «Кобра» з дальністю управління до 2 км.

В армії Німеччини розроблена система дистанційного виявлення та знешкодження мінних полів MMSR, що об'єднує в себе засоби розвідки та ліквідації мінних бар'єрів [1, с. 42-44]. Засіб розмінування представляє собою дистанційно керований мінний трал масою 8 т на спеціальній базі, що перевозиться на вантажному автомобілі. Його обладнання дозволяє імітувати магнітні, теплові, акустичні та сейсмічні поля бойових броньованих машин для імітації підриву з неконтактними детонаторами. Міни з детонаторами натискної дії підриваються спеціальними крокуючими пристроями, розташованими попереду трала. Система має середню здатність ефективно прокласти широкий прохід у мінімальному полі шириною до 2,8 м при швидкості руху до 7 км/год. Підрив мін і характер пошкоджених зарядів фіксуються відеокамерами,

встановленими на машині управління. Крім того, у ФРГ розроблена малогабаритна радіокерована двох вісна машина розмінування КМР-1 «Кобра» з дальністю управління до 2 км.

На (рис. 1) показана машина розмінування Таком 1/3.



Рис. 1. Машина розмінування Таком 1/35 при розмінуванні

На (рис. 2) показана машина розмінування MV4 DOK.



Рис. 2. Машина розмінування MV4 DOK

На (рис. 3) показана машина розмінування DOK-ING MV-10.



Рис. 3. Машина розмінування DOK-ING MV-10

Провідні технологічно розвинені країни (США, Великобританія, Франція, Китай, Ізраїль, Південна Корея) активно розробляють робото-технічні комплекси, здатні з високим ступенем автономності вести бойові дії без участі людини. Так, в армії США планується до 2030 р. довести частку безпілотних засобів до 30% від загального складу бойових машин. За оцінками американських військових фахівців, бойові можливості підрозділів, оснащених робото-технічними комплексами, зростуть в 2...2,5 рази [1, с. 42–44]. Робото-технічний засіб пророблення проходів в мінно-вибухових загородженнях – це конструктивно відокремлений без екіпажний виріб військової техніки, призначений для виявлення мін і вибухонебезпечних предметів та їх знищення вибуховим (механічним) способом при автономному або дистанційному управлінні.

Аналіз розвитку робототехніки в арміях іноземних держав (США, Німеччини, Великобританії) показує, що в них активно ведуться роботи зі створення нових високоефективних протимінних

систем, здатних виявляти загородження і зразу проведення розмінування.

На (рис. 4) показано загальний вигляд машини розмінування ARMTRAC 400.

На (рис. 5) показано машину розмінування ARMTRAC 400 при виконанні технічного процесу на місцевості.

На (рис. 6) показано машина розмінування Vozena – 5.

На (рис. 7) показана машина розмінування Vozena – 5 при виконанні технічного процесу на місцевості.

В Україні розроблено пристрої, вибухові речовини та запропоновано спосіб приготування водо наповненого спіненого вибухового композиту безпосередньо на місці проведення робіт. Застосування даного способу можливо для розмінування місцевості шляхом човникового переміщення пінного ствола уздовж фронту робіт протяжністю 100–200 м за один цикл з покриттям шару піно суспензії 50–70 мм смужки ґрунту шириною 5–10 м і подальшим підривом вибухового композиту ниткою ДШ. Запропоновано для розміну-



Рис. 4. Загальний вигляд машини розмінування ARMTRAC 400



Рис. 5. Машина розмінування ARMTRAC 400 на розмінуванні



Рис. 6. Машина розмінування Vozena – 5



Рис. 7. Машина розмінування Vozena – 5 на розмінуванні



вання пересіченої місцевості та для розмінування мінних полів [3, с. 1–3]. Не заперечуючи новизну і оригінальність даного методу, відмітимо ряд недоліків, які вказують на необхідність доопрацювання методу в режимі дослідно-конструкторської роботи: для формування шару однорідного вибухового композиту необхідна ретельна підготовка поверхні ґрунту (убрати рослинне покриття, сторонні предмети); для цього необхідний роботизований пристрій для підготовки поверхні ґрунту; або визначити рецептуру ВР, яка буде детонувати навіть на рослинному покритті; розробити спосіб переміщення пінного ствола; розробити спосіб і обладнання для подачі і укладки шнура, який детонує в сформований шар ВР по всій його довжині для забезпечення стабільної детонації; оцінити надійність детонації міни через шар ґрунту та дію повітряної і сейсмічної хвилі на докільця і допустиму масу заряду.

**Постановка завдання.** Метою статті є створення військового робота для створення проходів в мінних полях з пружним накопичувачем енергії та конструкторсько-технологічної схеми, яка включає «неактивний міст» з пружним прокручуванням осі коліс та накопичуванням потенціальної енергії від додаткового пневматичного резистора.

**Виклад основного матеріалу.** Нами на основі викладеного матеріалу зроблена спроба роз-

робити робота для поверхневого розмінування в сірій зоні бойових дій.

На (рис. 8) представлений робот «Герць» для створення проходів в мінних полях в зоні бойових дій. Цей механізований робот складається з основних вузлів: пневматичного резистора, рухомого важеля, вільної осі, картера, бункерів важких дрібних часток, направляючих коліс, які розкидають.

На (рис. 9) представлений макет робота при розмінуванні.

На (рис. 10) представлена математична модель.

Навантажувальна кулька знаходиться у верхній і останній точці диску, що розкидає, яка виконана радіусом. Диск, що розкидає сповіщає швидкість  $v$ .

Навантажувальна кулька рухається разом з диском, що розкидає під дією двох сил: сили ваги  $G$  та реакції поверхні  $N$ , рис. 1. Основне рівняння динаміки для невільної точки  $M$ :

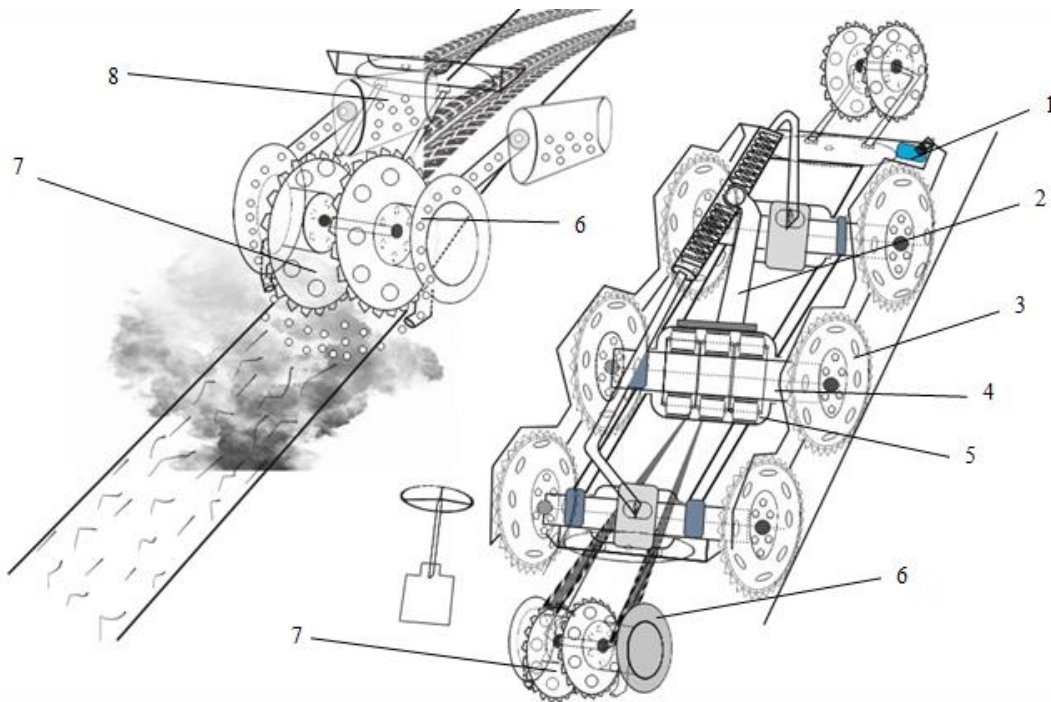
$$m\omega = G + N \quad m\omega = G + N,$$

де  $\omega$  – прискорення.

Рівняння руху кульки у формі Ейлера будуть мати вигляд:

$$m \frac{d^2 S}{dt^2} = G \sin \varphi \quad (1)$$

$$\frac{mV^2}{R} = G \cos \varphi - N \quad (2)$$



**Рис. 8. Макет робота для розмінування**

1 – пневматичний резистор, 2 – рухомий важіль, 3 – ходове колесо, 4 – вільна вісь, 5 – картер, 6 – направляюче колесо, що розкидає, 7 – диски, що формують потік важких дрібних часток, 8 – бункер важких дрібних часток.

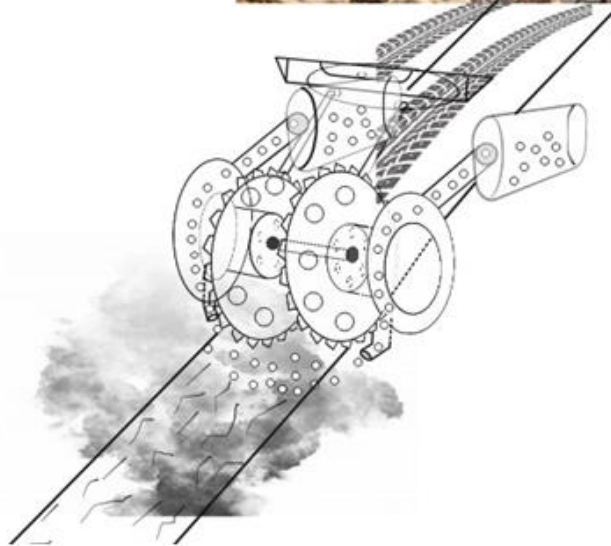


Рис. 9. Макет робота при виконанні технологічного процесу розмінування

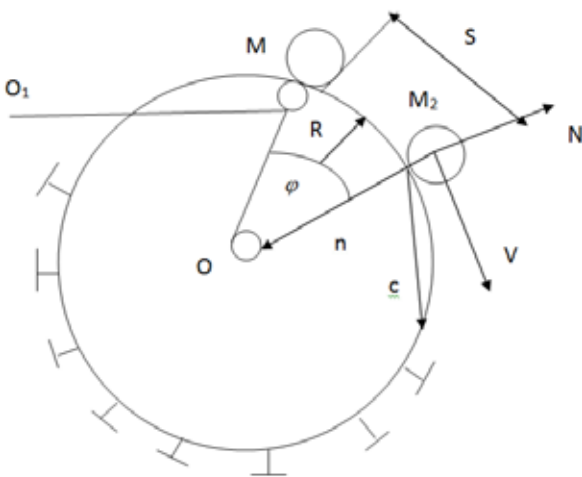


Рис. 10. Математична модель

У момент відділення кульки від поверхні реакція її дорівнюється нулю.

З рівняння (2) при  $N=0$  отримуємо вирази:

$$\frac{d^2}{dt^2} = R \frac{d^2\varphi}{dt^2} = R \frac{d\omega}{dt} = R \frac{d\omega}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = R \frac{d\varphi}{d\varphi} \cdot \omega$$

$$\frac{mV^2}{R} = G \cos \varphi,$$

де  $G$  – навантажувальної кульки.

З цього рівняння отримуємо:

$$\cos \varphi = \frac{V^2}{gR} \quad (3)$$

З рівняння (1) робимо спробу знайти  $V$ ? За начало відліку  $t$   $O_1$  дугової координати  $S$  прийемо початкове положення кульки  $M_0$ . Лінійна довжина координати  $S$  буде:

$$S=0, M = R \cdot \varphi \quad (4)$$

Інтегрування рівняння (4) приводить його до вигляду:

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = R \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = R \frac{d\omega}{dt} = R \frac{d\omega}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = R \frac{d\varphi}{d\varphi} \cdot \omega$$

Остаточно:

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = R \cdot \frac{d\omega}{d\varphi} \cdot \omega \quad (5)$$

Отримане рівняння (5) підставляємо у рівняння (1) та маємо:

$$mR \frac{d\omega}{d\varphi} \cdot \omega = mg \cdot \sin \varphi \text{ чи } R\omega d\omega = g \cdot \sin \varphi d\varphi \quad (6)$$

Інтегрування цього рівняння (6) дозволяє отримати рівняння

$$R \frac{\omega^2}{2} = -g \cos \varphi + C \quad (7)$$

Кутову швидкість в рівнянні (7) виразимо через лінійну швидкість точки М та функції  $\omega = \frac{S}{R}$ :

$$\frac{V^2}{2R} = -g \cos \varphi + C \quad (8)$$

Значення С визначимо з рівняння (8) по початковим умовам

$$\varphi_0=0; V=V_0$$

$$\text{Тоді } C = \frac{V_0^2}{2R} + g$$

Підставимо значення С в рівняння (8) і отримуємо:

$$\frac{V^2}{2R} = -g \cos \varphi + \frac{V_0^2}{2R} + g \quad (9)$$

Обидві частини рівняння (9) помножимо на 2R

$$V^2 = V_0^2 + 2gR(1 - \cos \varphi) \quad (10)$$

Значення  $V^2$  з рівняння (10) у рівняння (3) знаходимо

$$\cos \varphi = \frac{V^2}{gR} = \frac{V_0^2}{gR} + 2(1 - \cos \varphi), \quad (11)$$

З рівняння (11) отримуємо

$$\cos \varphi = \frac{1}{2} \left( 2 + \frac{V_0^2}{gR} \right)$$

У точці, в якій відповідає кут  $\varphi = \angle O_1OM_2$  навантажувальна кулька відокремлюється від направляючого колеса, що розкидає.

#### Висновки:

1. Запропоновано військового робота з пневматичним приводом коліс для створення проходів в мінних полях.

2. Вперше, запропонована конструкторсько-технологічна схема робота, яка включає «неактивний міст» з пружним прокручуванням осі коліс та накопичення потенційної енергії від додаткового пневматичного резистора.

3. Отримане рівняння, яке визначає точку на диску, що формує потік важких дрібних часток і цій точці відповідає кут при якому навантажувальна кулька відокремлюється від диска.

#### Список літератури:

1. Шишанов О.М., Коцюрuba В.І, Гусяков О.М. «Комплексне моделювання процесу розмінування з використанням засобів інженерного озброєння» Озброєння та військова техніка № 4, 2014, с. 42–44.
2. Бойко В.В., Хлевнюк Т.В., Лавренов Л.В., Ган О.В., Приходько Ю.П. «Спосіб приготування водонаповненого спіненого вибухового композиту для ущільнення ґрунтів та розмінування місцевості», МПК E21C 37/00 F41H 11/00, UA № 140360, бюл. № 4, 2020, 1–3 с.

#### Petrov L.M., Kishianus I.V., Lysyi O.V., Verpivskiy S. M., Malinovskiy O.A., Nikishyn V.A., Sheluhin S.V. ROBOT "HERETS" FOR CREATING PASSAGES IN MINEFIELDS IN A COMBAT ZONE

*The working process of a military robot for creating passages in minefields is accompanied by loading the wheels of the free axis with a movable lever that allows the running wheels kinematically connected to the wheels of the free axis to move in a given direction and at the same time guide the wheels to the disks that form a flow of heavy small particles. The article deals with the issues of theoretical research of the mechanical system of a military robot for creating passages in minefields with an elastic energy accumulator for creating a flow of heavy small particles and scrolling discs that form a flow of heavy small particles and a guide wheel that throws with the application of the Huygens-Steiner theorem, and as well as systems of the general equation of dynamics.*

*The purpose of the research is to create a military robot for creating passages in minefields with an elastic energy accumulator and a design and technological scheme that includes an "inactive bridge" with elastic scrolling of the wheel axis and accumulation of potential energy from an additional pneumatic resistor.*

*The scientific and practical significance of the work lies in the fact that for the first time the theory of a military robot for creating passages in minefields with an elastic energy accumulator to confirm its movement and the technology for its implementation was proposed, in which a portion of the energy from a pneumatic resistor is introduced during the rotation of the wheels of the free axis.*

*The research methodology was to establish a mathematical relationship between the movable lever and the rotation of the axis from the pneumatic resistor.*

*The result is a developed geometry of a military robot for creating passages in minefields with an elastic energy storage to confirm its movement of the work in a cycle of movement of a free axis with a spring storage corresponding to the movement of the running wheels between the first and third driven bridges.*

*The value of the conducted research, the results of the conducted work will make it possible to make a contribution to the field of robotic equipment for performing dangerous works where the presence of a person is optional.*

*A military robot is proposed for creating passages in minefields using elastic energy storage in the undercarriage.*

**Key words:** pneumatic resistor, running wheel, spreading guide wheel, disks, flow, free axis.