УДК 614.844

Р. В. Зінько[1], Л. В. Крайник[1], О. З. Горбай[1], А. П. Поляков[2]

РОБОТИЗОВАНІ МОБІЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

[1]Національний університет «Львівська політехніка»
[2]Вінницький національний технічний університет

В статті розглянута технологія використання мобільних роботів при розміновуванні, визначені способи поліпшення ефективності роботи гусеничного рушія, досліджено перехідні процеси в приводі мобільної платформи при рушанні.

ВСТУП

Сьогодні міни – одна з найбільших небезпек у світі, яка з часом тільки посилюється: на одну знайдену і знешкоджену міну доводиться два десятки знову встановлених. За оцінками ООН, наша планета зберігає 100–120 мільйонів протипіхотних мін [1].

Щомісячно їх жертвами стають 500–800 чоловік, кожен третій потерпілий – дитини. На думку експертів, при використанні існуючих технологій на розмінування усієї планети знадобиться близько тисячі років і до ста мільярдів доларів. А на кожні 5000 знешкоджених мін припаде один загиблий і двоє покалічених саперів. І жоден з розроблених до теперішнього часу методів виявлення мін за своїми основними параметрами (чутливість, вибірковість, швидкодія) не задовольняє ні вимоги стандартів ООН з гуманітарного розмінування, ні загальне завдання глобального розмінування планети Земля в осяжному майбутньому.

З технічної точки зору найскладніше міну виявити. Це або механічна обробка ґрунту за допомогою так званих мінних тралів, що створюють великий тиск на ґрунт для спрацьовування детонатора, або пошук мін по запаху вибухівки – тринітротолуолу – спеціально натренованими собаками. Перший спосіб пов'язаний із застосуванням важкої роботизованої техніки і безпечний для обслуговуючого персоналу, але ефективність розмінування при цьому не перевищує 80 відсотків. До того ж ці дії викликають забруднення території частками вибухових речовин із зруйнованих мін, що несприятливо позначається на родючості ґрунту і збільшує вірогідність її ерозії. Другий спосіб ефективніший, але пов'язаний із складною процедурою відбору і підготовки собак, а також з роботою людини в надзвичайно небезпечній зоні. Собаки ж на мінному полі швидко стомлюються і починають помилятися.

Сьогодні діапазон експериментальних методів пошуку вибухових речовин досить широкий – від залучення комах до використання ядерно-фізичних і мікробіологічних ефектів. Але нові технології, незважаючи на певні успіхи в лабораторних умовах, виявилися непридатними для масштабного використання на мінних полях. Окремі прилади, що працюють на нових принципах, використовуються тільки як додаткові засоби ідентифікації вибухових речовин. За даними ООН, більше 80 відсотків територій, що очищаються, сьогодні як і раніше розміновують вручну.

У зв'язку з цим фахівці наполегливо пропонують відмовитися від методів пошуку і знешкодження мін саперами і використати технології із застосуванням роботизованих мобільних установок, що виключають безпосередній контакт людини з вибухонебезпечним предметом і мають більшу точність, вибірковість і швидкодію.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Методики ефективного використання роботизованих мобільних машин і комплексів (РТК) частково розроблені [2–6]. Ці методики стосуються окремих випадків використання і не охоплюють загального підходу в застосуванні машин такого класу. До того ж для різних конструкцій такої мобільної техніки необхідно змінювати принципи та алгоритми використання їх в конкретних нетипових ситуаціях.

Аналізуючи результати науково-конструкторських доробок, що представлені у відкритих публікаціях [5–14], можна стверджувати, що на сьогодні для РТК спеціального призначення не існує загально визнаної системи критеріїв, яка б визначала доцільність використання колісного чи гусеничного самохідного агрегату в умовах конкретного застосування.

Однією з причин відсутності такої системи критеріїв є те, що для РТК не існує методології вибору його компонувальної схеми, підбору типу та визначення необхідних характеристик основних елементів ходової частини, а саме: використати передню-задню ведучі зірочки; використати двигун

внутрішнього згорання чи електричний і який саме; який тип механізм натягу гусениці використати та де розташувати його; яку конструкцію та матеріал використати для гусениці.

Серед інших об’єктивних причин слабкої розробки є відсутність причинно-наслідкової проблематики, пов’язаної з проектуванням, виробництвом та експлуатацією РТК, яка як правило, залишається поза увагою дослідників та проектантів такого типу транспортних засобів. Хоча, наприклад, колісні та гусеничні трактори мають не багато відмінностей у переліку вимог до умов конструювання та подальшої експлуатації рушійних систем як колесо або гусениця.

Актуальною проблемою РТК є створення ощадливого приводу для них. Як створення так і оптимізація такого приводу можливі на основі дослідження процесів динаміки рушія і вироблення рекомендацій щодо конструювання його елементів, оптимізації його роботи.

Постановка проблеми. Сьогодні існує клас мобільних роботизованих машин, які щораз ширше використовуються в недетермінованих середовищах, однак відсутні узагальнені підходи до створення та експлуатації таких машин, методики використання, типові алгоритми їх конструювання та застосування. Розв’язок цієї проблеми визначає можливі межі застосування мобільних роботизованих платформ.

Мета роботи. Визначення функціональних можливостей застосування мобільних роботів для розміновування на основі модернізації їх конструктивних параметрів.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Граничні умови застосування РТК визначають їх ефективне використання. Такі умови можна розділити на технологічні, експлуатаційні і конструктивні. Технологічні – це яким чином РТК задіяні в технологічному процесі, зокрема при виявленні вибухонебезпечних предметів. Експлуатаційні – це середовище, в якому використовуються РТК. Оскільки умови, в яких використовуються роботи, є надзвичайно складні, то в їх конструкції зазвичай використовують гусеничний рушій. Відповідно, конструктивні умови формують компоновку машини, двигуни, елементи трансмісії і в поєднанні з експлуатаційними і технологічними – раціональні режими руху.

Пошук мін є сукупністю дій особового складу підрозділів розмінування, спрямованих на виявлення мін, їх характеристик і об'єму необхідної роботи по знешкодженню. У разі використання РТК, оснащених спеціальними приладами пошуку для обстеження території об'єкта або району робіт висилається розрахунок у складі 2–3 чоловік. Ділянка пошуку ділиться на смуги, що призначаються кожному розрахунку. Ширина смуги пошуку залежить від низки чинників (характеру завалу, умов руху, видимості і так далі) і може складати 20–50 м. Найбільш раціональним способом виконання робіт є зигзагоподібний рух РТК (рис. 1). Швидкість руху РТК може складати 1–2 км/год.

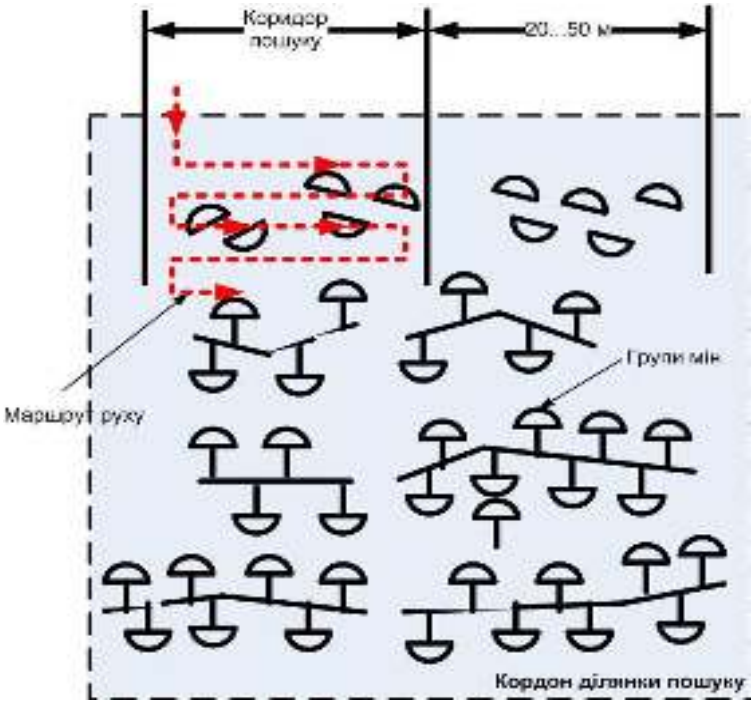

Рисунок 1 – Схема руху РТК під час пошуку мін

У важких умовах експлуатації найбільш ефективним є гусеничний рушій. Огляд і аналіз науково-технічних праць [2-14] з функціонування гусеничних машин і патентної літератури з конструкції їх рушіїв дав такі результати:

1. Розроблено теорію гусеничного рушія, та розглянуто кінематику нерозтяжного обода, кочення опорного катка по рівній основі. Визначені втрати потужності в рушії і основи взаємодії опорної гілки гусениці з ґрунтом. Розглянуті проблеми довговічності, динаміки взаємодії гусениць з направляючими і опорними катками та тяговим колесом, визначена стійкість обода.

Разом з тим, недостатньо досліджень таких режимів руху як застрягання, рух з розгойдуванням, хвильовий рух секцій розчленованої гусеничної машини.

2. Експериментально досліджено вплив тиску гусеничної машини на ґрунт і його взаємозв'язок з опором руху. Досліджено вплив характеристик ґрунту на конструкцію ходової системи і, відповідно, на прохідність. Але такі дослідження проведені не для всіх поширених варіантів конструкцій.

3. Проаналізовано процес навантаження підошви гусеничної ланки (трака), але не наведено аналітичних залежностей для конструкторського розрахунку.

4. Встановлено наявність вібрацій корпусу гусеничної машини, що збурюються з «траковою» частотою і причиною яких є взаємодія гусениці з елементами ходової системи і ґрунтом, однак відсутній математичний опис цього процесу.

5. Для деяких з виявлених проблем запропоновано конструктивне рішення на рівні винаходів і патентів, але відсутні результати апробації.

На основі проведеного огляду літературних джерел, пов'язаних з удосконаленням роботи гусеничних машин, пропонуються такі способи поліпшення ефективності їх використання (рис. 2).

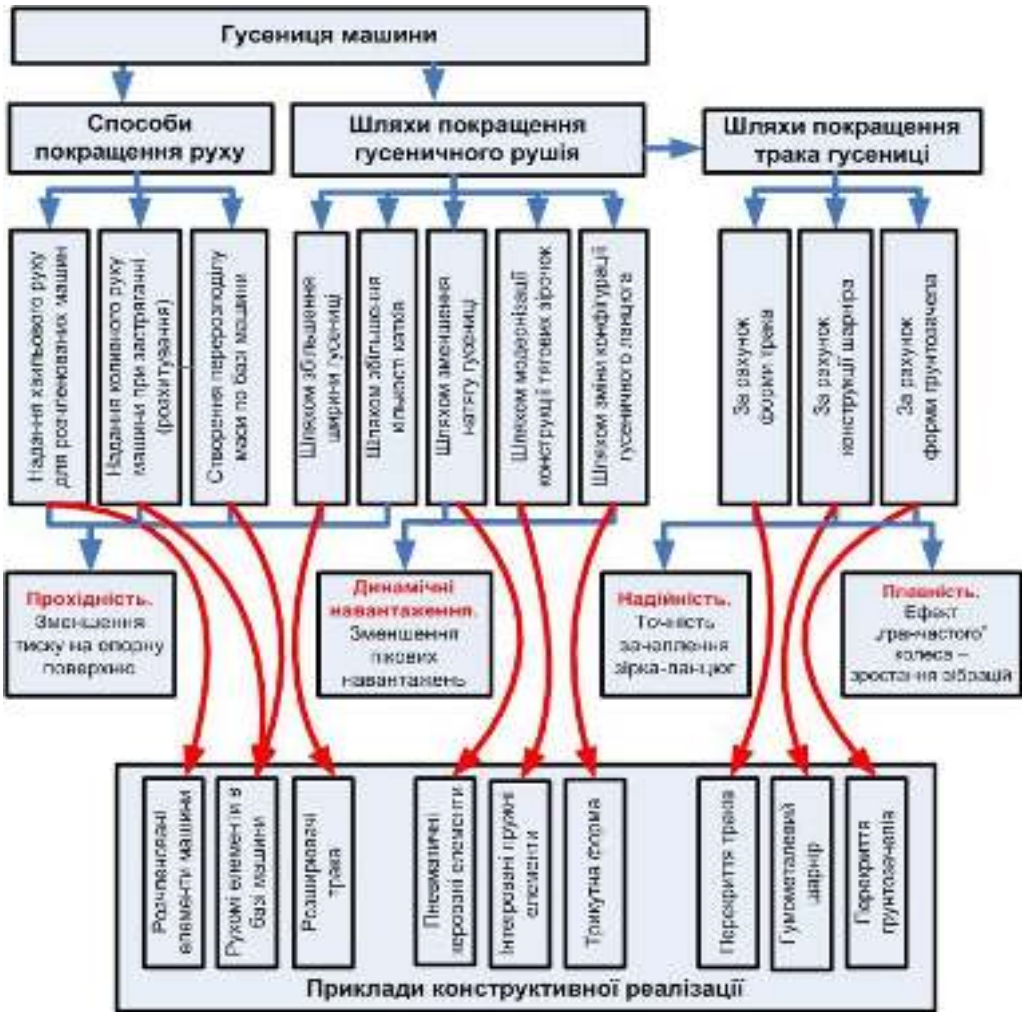

Рисунок 2 – Способи поліпшення ефективності використання машин з гусеничним рушієм

Конструктивним прикладом ефективного функціонування гусеничних мобільних машин і побудованих на їх основі роботів в умовах надзвичайних ситуацій є принцип їх побудови на основі модульного агрегатування. Це дозволяє ефективно використовувати потужність силової установки в перехідних режимах руху (розгін, гальмування) і важких умовах експлуатації: низька несуча здатність ґрунту, застрягання). Варіантом поліпшення прохідності є використання еластичних розширювачів траків. Наявність еластичності підвищує ефективність роботи машини. Використання пружних елементів в зірочках зменшує динамічні навантаження в трансмісії, покращує плавність руху машини. Застосування гумометалевих чи полімеро-вулканізованих шарнірів зменшує їх зношення, і покращує точність взаємодії елементів «трак - тягова зірочка». Перекриття грунтозачепів одного трака грунтозачепами наступної ланки дозволить усунути ефект «гранчастого колеса», підвищити плавність руху, зменшити динамічні навантаження на гусеничний рушій. Вібровтрамбовування ґрунту в колії руху гусеничної машини підвищує прохідність.

На основі проведених теоретичних досліджень створено експериментальні прототипи гусеничних мобільних роботизированих платформ для розміновування (рис. 3). При проектуванні прототипу враховувалася функціональна і конструктивна уніфікація робота. На даному етапі проходить налагодження їх основних систем та агрегатів.

Склад системи: дистанційно керована транспортна платформа з виконавчими елементами; бортова відеосистема; система керування і передачі даних; пульт оператора із засобами керування, збору, збереження та обробки відеоданих.

Рисунок 3 – Експериментальні прототипи роботів для розміновування

Рух робота забезпечується гусеничним рушієм. Привід на праву і ліву гусеницю незалежний, складається з триступінчастого редуктора і двигуна постійного струму. Рух приводів здійснюється від акумуляторної батареї. Приводні катки встановлені попереду платформи, натяжні катки – ззаду. Така конструкція приводу при невеликій вазі платформи (36 кг) забезпечує високі швидкісні характеристики (швидкість руху до 1,5 м/с). Базові елементи трансмісії є взаємозамінними. Керування здійснюється окремим командним радіоканалом, радіус дії якого до 100 м. У системі реалізовані алгоритми управління за допомогою задавання напрямку руху платформи за допомогою лазерного маркера. Обробка відеоінформації дозволяє здійснювати автоматичну зупинку перед перешкодою.

Для визначення ефективності роботи РТК досліджуються граничні умови роботи гусеничного приводу з передньою ведучою зірочкою та механізмом, що натягує гусеницю, з’єднаним з верхньою задньою зірочкою.

Кінематична схема такої конструкції гусеничного рушія представлена на рис. 4. В межах досліджень необхідно з’ясувати вплив характеристик елементів ходової частини на тягові та інші технічні показники гусеничного самохідного агрегату з гусеничним рушієм такої конструкції, визначити його переваги та недоліки.

В подальшому будемо вважати:

- РТК рухається в вертикальній площині по горизонтальній прямій і представляє собою жорстке інерційне тіло;
- опорні катки жорстко пов'язані з корпусами РТК і представляють собою жорсткі інерційні циліндри;
- гусениця представляє собою безінерційне нерозтяжне та абсолютно гнучке тіло, нерівномірність руху якого в наслідок роботи в контакті пари «зуб зірочки–трак гусениці» нехтується;
- натяжний пристрій представляє собою амортизатор з лінійною пружною характеристикою;
- крутний момент ротора двигуна, його момент інерції та моменти інерції коліс редуктора приведені до вала ведучої зірочки;
- проковзування між гусеницею та опорною поверхнею нехтується.

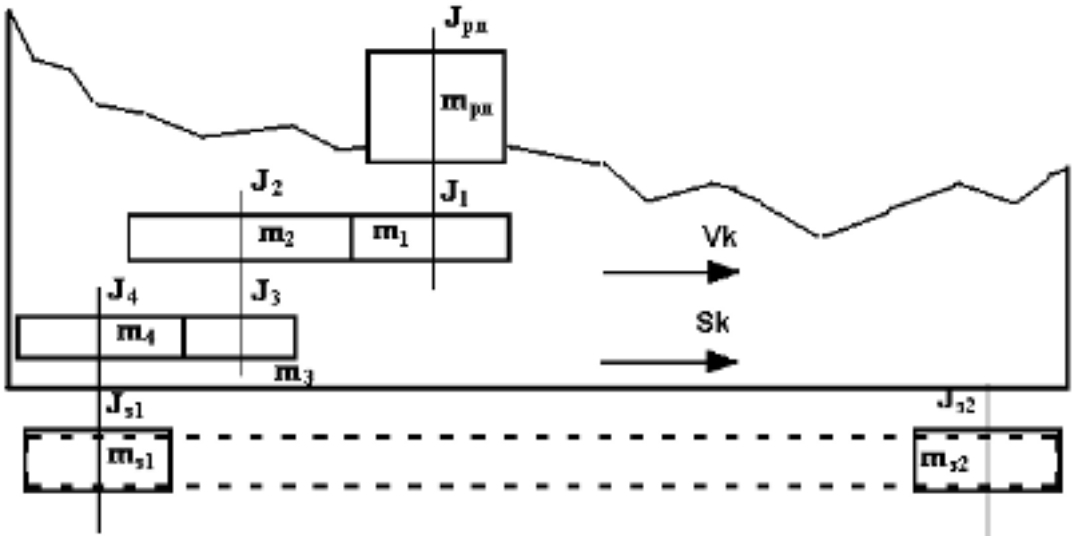

Рисунок 4 – Кінематична схема гусеничного рушія РТК

Для складання диференціальних рівнянь руху елементів РТК використаємо рівняння Лагранжа II роду:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial g_j}\right)-\frac{\partial T}{\partial g_j}=Q_j, j=1\ldots s, \tag{1}$$

де T – сумарна кінетична енергія РТК; $g_j\, g_j$ – j-та узагальнена координата та її швидкість зміни; Q_j – j-та узагальнена сила; s – число ступенів вільності механічної системи.

Оскільки в початкових дослідженнях невідомими є визначальні на роботу РТК чинники, було прийнято рішення побудувати достатньо просту математичну модель його роботи і руху, але в якій би було максимально враховано основні характеристики його елементів, тому:

- число ступенів вільності РТК було прийнято рівними двом, тобто $s = 2$;
- за узагальнені координати було прийнято кут повороту $\varphi_{з1}$ ведучої зірочки та переміщення S_k корпусу РТК, а за узагальнені швидкості $\omega_{з1}$ – кутова швидкість ведучої зірочки та ϑ_k – лінійна швидкість пересування корпусу РТК.

Кутові швидкості ротора двигуна $\omega_{рд}$, коліс редуктора $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ та зірочки 2 $\omega_{з2}$ механізму натягу гусениці в залежності від кутової швидкості $\omega_{з1}$ ведучої зірочки дорівнюють:

$$\omega_4 = \omega_{з2} = \omega_{з1};$$
$$\omega_3 = \omega_2 = i_{з4}\omega_{з1};$$
$$\omega_1 = \omega_{pd} = i_{12}\omega_2 = i_{12}\cdot i_{34}\cdot \omega_{31}.$$

Сумарна кінетична енергія в обертальному русі кінематичного ланцюжка «ротор двигуна–колеса 1…4 зірочки 1, 2» відносно корпусу РТК

$$T_1 = \frac{I_{pd}\omega_{pd}^2}{2} + \sum_{i=1}^{4}\frac{I_i\omega_i^2}{2} + \sum_{i=1}^{2}\frac{I_{3i}\omega_{3i}^2}{2} = \frac{1}{2}I_{31}^*\omega_{31}^2, \tag{2}$$

де $I_{31}^* = \left(I_{pd} + I_1\right)\cdot i_{12}^2 i_{34}^2 + \left(I_2 + I_3\right)i_{34}^2 + I_4 + I_{31} + I_{32}$ – приведений до вала ведучої зірочки 1 момент інерції кінематичного ланцюга «ротор двигуна–зірочка 2».

Кутова швидкість ω_{op} обертання опорних роликів, що рухаються плоскопаралельно, в залежності від швидкості $\vartheta_к$ руху корпусу РТК

$$\omega_{op} = \frac{\vartheta_к}{r_{op}},$$

де r_{op} – радіус опорного ролика.

Сумарна кінетична енергія корпусу, опорних роликів та кінематичного ланцюжка «ротор двигуна–зірочка 2» в його русі разом з корпусом

$$T_2 = \frac{m_к\vartheta_k^2}{2} + n\left(\frac{m_{op}\vartheta_k^2}{2} + \frac{I_{op}\omega_{op}^2}{2}\right) + \frac{1}{2}\left(m_{pд} + \sum_{i=1}^{4}m_i + \sum_{i=1}^{2}m_{зi}\right)\vartheta_k^2 = \frac{1}{2}m_k^*\vartheta_k^2, \tag{3}$$

де $m_k^* = m_k + n\left(m_{op} + \frac{I_{op}}{\tau_{op}^2}\right) + m_{pд} + \sum_{i=1}^{n}m_i + m_{зi}$ – приведена до корпуса РТК маса всіх інерційних елементів; n – кількість опорних роликів.

Сумарна кінетична енергія РТК

$$T = T_1 + T_2 = \frac{1}{2}\left(I_{31}^*\omega_{31}^2 + m_k^*\vartheta_k^2\right). \tag{4}$$

Для рівняння (1), з врахуванням залежності (4), приготуємо елементи його лівих частин. Будемо мати:

$$\begin{aligned}
&\frac{d}{dt}\left(\frac{dT}{d\,\omega_{31}}\right) = I_{31}^*\frac{d^2\varphi_{31}}{dt^2};\\
&\frac{dT}{d\,\varphi_{31}} = 0;\\
&\frac{d}{dt}\left(\frac{dT}{d\,\vartheta_k}\right) = m_k^*\frac{d^2S_k}{dt^2};\\
&\frac{dT}{d\,S_k} = 0.
\end{aligned} \tag{5}$$

Тепер перейдемо до визначення узагальнених сил Q_{φ_1}, Q_{S_k}.

При наданні узагальненій координаті φ_1 можливої зміни $\delta\ \varphi_1$ роботу виконають приведений до вала ведучого колеса момент від двигуна $M_1^* = M_{db}\cdot i_{12}\cdot i_{23}$ та сила тяги $F_{тяг}$ гусениці.

Ця робота

$$\delta A_{\varphi_1} = M_1^*\delta\ \varphi_1 - F_{тяг}R_1\delta\ \varphi_1 = \left(M_1^* - F_{тяг}R_1\right)\delta\ \varphi_1.$$

Узагальнена сила Q_{φ_1}, запишеться у вигляді:

$$Q_{\varphi_1} = \frac{\delta A_{\varphi_1}}{\delta \varphi_1} = M_1^* - F_{тяг} R_1 . \quad (6)$$

При наданні узагальненій координаті S_k можливої зміни δS_k роботу виконують рушійна сила $\overline{F}_{руш}$ та сили опору коченню опорних катків

$$F_{оп} = m_{сум}\, g\, \frac{a}{R_3},$$

де $m_{сум}$ – сумарна маса РТК; g – прискорення вільного падіння; a – коефіцієнт тертя кочення.

Ця робота

$$\delta A_{S_k} = \left(F_{руш} - F_{оп}\right)\delta\ S_k .$$

Узагальнена сила Q_{S_k} запишеться у вигляді

$$Q_{S_k} = \frac{\delta A_{S_k}}{\delta\ S_k} = F_{руш} - F_{оп} . \quad (7)$$

На підставі рівняння (1) з врахуванням залежностей (6), (7) будемо мати рівняння руху основних елементів РТК. Вони мають вигляд:

$$I_1^* \frac{d^2 \varphi_1}{d\ t^2} = M_1^* - F_{тяг} R ;$$

$$m_{сум} \frac{d^2 s_k}{d\ t^2} = F_{руш} - F_{оп} . \quad (8)$$

З використанням отриманої математичної моделі руху гусеничного самохідного агрегату були досліджені перехідні процеси під час його рушання і перемикання передач під час руху (рис. 5).

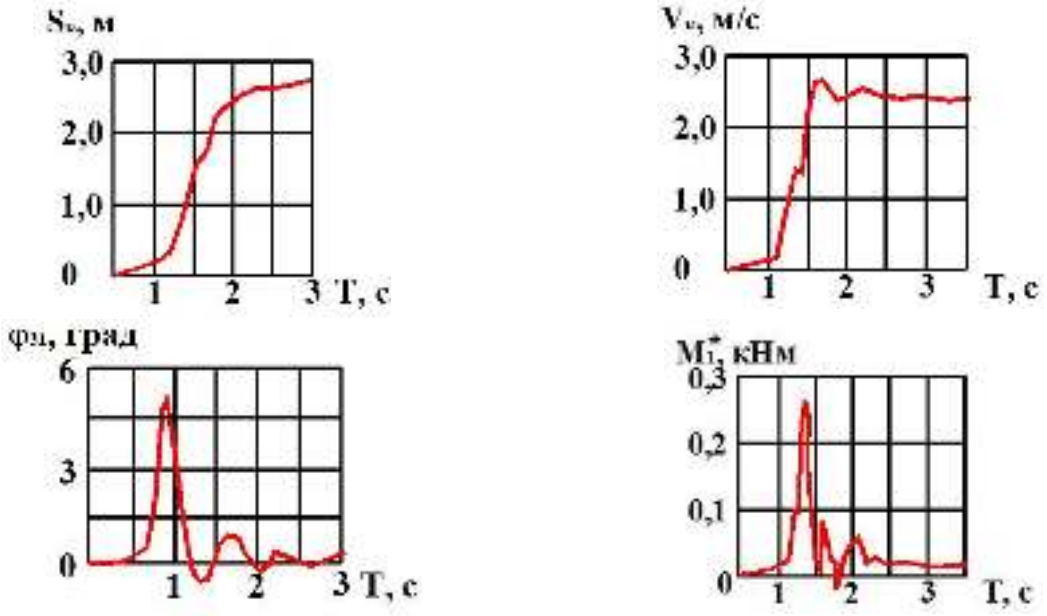

Рисунок 5 – Перехідні процеси, що виникають в трансмісії РТК при рушанні та розгоні:
S_k – переміщення машини; V_k – швидкість машини; M_1^* – крутний момент двигуна;
φ_{31} – оберти двигуна

Аналізуючи перехідні процеси в електромеханічній трансмісії РТК, можна зробити висновок, що її елементи є найбільш навантаженими в перші 1,5–2 секунди. В зв'язку з інертністю системи і опору середовища, перевантаження може зростати в 3–4 рази. Відповідно, динамічні коефіцієнти перевантаження слід враховувати при розрахунках на міцність елементів трансмісії.

ВИСНОВКИ

Використання мобільних роботів особливо актуально у зв'язку з можливістю зменшення людських втрат при пошуку і ліквідації вибухонебезпечних предметів і мін.

Граничні умови застосування РТК визначають їх ефективне використання. Такі умови можна розділити на технологічні, експлуатаційні і конструктивні. Технологічні умови визначають спосіб використання, середовище накладає додатково вибір компонент конструкції машини, зокрема гусеничний або колісний рушій, які найбільш розроблені і є найефективнішими порівняно з іншими спеціальними рушіями. Для дослідження роботи елементів приводу РТК була записана математична модель його роботи. Ця математична модель дозволяє дослідити кінематичні, динамічні параметри та характеристики гусеничного рушія з передньою ведучою та задньою натяжною зірочками. Встановлено, що найбільш важкими з точки зору динамічних перевантажень є перші 1,5–2 секунди при рушанні РТК. Перевантаження елементів трансмісії може зростати в 3–4 рази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Парафонова В. Мины живут дольше людей [Электронный ресурс]. // Наука и жизнь. – Режим доступа: http://www.nkj.ru/archive /articles/4338/.

2. Батанов А. Ф. Робототехнические системы для применения в условиях чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс] / А. Ф. Батанов, С. Н. Грицынин, С. В. Муркин. – Режим доступа http://loi.sscc.ru/bdm/bigdog/crobots.htm.

3. Зінько Р. В. Мобільні роботи в системі пожежної охорони / Р. В. Зінько, Є. В. Сулоєва // Науковий вісник НЛТУУ : збірник науково-технічних праць. – Львів : НЛТУУ. – 2011. – Вип. 21.17. – С. 132–138.

4. Sulojeva J. Methods of Evaluation of Fire-Fighting Economic Effectiveness in Latvia. Summary of the doctorate paper. – R. : RTU, 2010. 40p.

5. Зінько Р. В. Морфологічне середовище для дослідження технічних систем : монографія / Р. В. Зінько. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2014. – 386 с.

6. Баженов С. П. Основы теории гусеничных машин : учебное пособие / С. П. Баженов. – Липецк : ЛГТУ, 2006. – 278 с

7. Торба А. В. О применении вибрации для повышения проходимости гусеничных транспортных средств по глубокому снегу // Вестник Череповецкого ГУ. – 2011. – №3.1. – С. 101–105.

8. Патент 2371345 РФ, МКИ B62D55/24. Трак гусеничной цепи / Коваленко В. А., Давлетова М. А.; – № 2007119344/11 ; заявл. 24.05.2007 ; опубл. 27.10.2009. – 6 с.

9. Селиванов Н. И. Тягово-сцепные свойства гусеничных тракторов. / Н. И. Селиванов, Н. В. Кузьмин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2007. – № 2. – С. 212–216

10. Селиванов Н. И. Рациональные тягово-скоростные режимы использования тракторов / Н. И. Селиванов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2010. – № 3. – С. 159–165.

11. Кравченко В. А. Влияние эластичного привода ведущих колёс трактора класса 1,4 на показатели функционирования машинотракторного агрегата / В. А. Кравченко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2005. – № 1. – С. 85–86.

12. Коршун В. Н. Концепция трактора для лесного хозяйства / В. Н. Коршун // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – № 5. – С. 16–19.

13. Пискунов М. А. Моделирование распределения проходов трелевочных тракторов по волокам при использовании различных систем машин на лесосечных работах / М. А. Пискунов // Лесной вестник : Вестник Московского государственного университета леса. – 2008. – № 4. – С. 28–34.

14. Повышение эффективности использования тракторов в современных условиях / И. Г. Галиев, А. А. Мухаметшин, И. Р. Исхаков, А. Р. Шамсутдинов. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2009. – Т. 12, № 2. – С. 169–172.

REFERENCES

1. Parafonova V. Miny zhivut dol'she lyudey. Nauka i zhizn'. http://www.nkj.ru/archive /articles/4338/

2. Batanov A. F. Robototekhnicheskiye sistemy dlya primeneniya v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy / A. F. Batanov, S. N. Gritsynin, S. V. Murkin [Yelektronniy resurs]. Rezhim dostupu http://loi.sscc.ru/bdm/bigdog/crobots.htm.

3. Zín'ko R.V., Suloêva Ê.V. Mobíl'ní roboti v sistemí pozhezhnoǐ okhoroni / R.V. Zín'ko, Ê.V. Suloêva // Naukoviy vísnik NLTUU: zbírnik naukovo-tekhníchnikh prats'. – L'vív: NLTUU. – 2011, vip.21.17. – S.132-138.

4. Sulojeva J. Methods of Evaluation of Fire-Fighting Economic Effectiveness in Latvia. Summary of the doctorate paper. – R.: RTU, 2010. 40p.

5. Zín'ko R.V. Morfologíchne seredovishche dlya doslídzhennya tekhníchnikh sistem: monografíya / R.V.Zín'ko. – L'vív: Vid-vo L'vívs'koǐ polítekhníki, 2014. – 386 s.

6. Bazhenov S.P. Osnovy teorii gusenichnykh mashin: Uchebnoye posobiye / S.P. Bazhenov. – Lipetsk: LGTU. 2006. – 278 s

7. Torba A.V. O primenenii vibratsii dlya povysheniya prokhodimosti gusenichnykh transportnykh sredstv po glubokomu snegu // Vestnik Cherepovetskogo GU. – Cherepovetsk: CHGU. – 2011. – №3.1. – S.101-105.

8. Patent 2371345 RF, MKI B62D55/24. Trak gusenichnoy tsepi / Kovalenko V. A., Davletova M. A.; – № 2007119344/11; Zayavl. 24.05.2007; Opubl. 27.10.2009. – 6 s.

9. Selivanov N.I., Kuz'min N.V. Tyagovo-stsepnyye svoystva gusenichnykh traktorov. Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2007. № 2. S. 212-216

10. Selivanov N.I. Ratsional'nyye tyagovo-skorostnyye rezhimy ispol'zovaniya traktorov. Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. № 3. S. 159-165.

11. Kravchenko V.A. Vliyaniye elastichnogo privoda vedushchikh kolos traktora klassa 1,4 na pokazateli funktsionirovaniya mashinotraktornogo agregata. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Tekhnicheskiye nauki.2005. № 1. S. 85-86.

12. Korshun V.N. Kontseptsiya traktora dlya lesnogo khozyaystva. Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. 2007. № 5. S. 16-19.

13. Piskunov M.A. Modelirovaniye raspredeleniya prokhodov trelevochnykh traktorov po volokam pri ispol'zovanii razlichnykh sistem mashin na lesosechnykh rabotakh. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa - Lesnoy vestnik. 2008. № 4. S. 28-34.

14. Galiyev I.G., Mukhametshin A. A., Iskhakov I.R., Shamsutdinov A.R. Povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya traktorov v sovremennykh usloviyakh. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2009. T. 12. № 2. S. 169-172.

Р. В. Зінько[1], Л. В. Крайник[1], О. З. Горбай[1], А. П. Поляков[2]

РОБОТИЗОВАНІ МОБІЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

[1]Національний університет «Львівська політехніка»
[2]Вінницький національний технічний університет

У випадках, коли ліквідація вибухових пристроїв не допускає присутності людей у безпосередній близькості при загрозі вибуху, оскільки існує пряма небезпека їхньому здоров'ю і життю, доцільно використовувати дистанційно керовану техніку. Більшість розроблених методик використання мобільних роботів стосуються окремих випадків і не охоплюють загального підходу в застосуванні машин такого класу. Для розв'язання цієї проблеми необхідно визначити граничні умови застосування мобільних роботизованих комплексів, які можна розділити на технологічні, експлуатаційні і конструктивні.

Актуальною проблемою РТК є створення ощадливого приводу для них. Як створення, так і оптимізація такого приводу, можливі на основі дослідження процесів динаміки рушія і вироблення рекомендацій щодо конструювання його елементів, оптимізації його роботи.

Сьогодні існує клас мобільних роботизованих машин, які щораз ширше використовуються в

недетермінованих середовищах, однак відсутні узагальнені підходи до створення та експлуатації таких машин, методики використання, типові алгоритми їх конструювання та застосування. Розв'язання цієї проблеми визначає можливі межі застосування мобільних роботизованих платформ.

Мета роботи – визначення функціональних можливостей застосування мобільних роботів для розміновування на основі модернізації їх конструктивних параметрів.

Ключові слова: мобільні роботизовані комплекси, розміновування, граничні умови застосування, гусеничний рушій.

Зінько Роман Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування та експлуатації машин Національного університету «Львівська політехніка»

Крайник Любомир Васильович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілебудування, Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: l.kraynyk@gmail.com

Горбай Орест Зенонович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілебудування, Національний університет «Львівська політехніка»

Поляков Андрій Павлович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: farv@vntu.edu.ua

R. Zinko[1], L. Krynik[1], O. Gorbay[1], A. Polyakov[2]

ROBOTED MOBILE PLATFORMS FOR EXPLOSIVE SUBSTANCES

[1]National Lviv Polytechnic University
[2]Vinnitsa National Technical University

In cases where the elimination of explosive devices does not allow the presence of people in the immediate vicinity at the threat of an explosion, since there is a direct danger to their health and life, it is advisable to use remotely controlled equipment. Most developed techniques for the use of mobile robots relate to individual cases and do not cover the general approach in the use of machines of this class. To solve this problem it is necessary to determine the boundary conditions of mobile robotic systems, which can be divided into technological, operational and constructive.

The urgent issue of RTC is to create a thrifty drive for them. Both creation and optimization of such a case are possible on the basis of research of processes of dynamics of a propeller and development of recommendations for the design of its elements, optimization of its work.

Today there is a class of mobile robotic machines, which are increasingly used in non-dominated environments, but there are no generalized approaches to the creation and operation of such machines, methods of use, typical algorithms for their design and application. The solution to this problem determines the possible limits for the use of mobile robotic platforms.

The purpose of the work is to determine the functional capabilities of using mobile robots for dismantling on the basis of modernization of their design parameters.

Key words: mobile robotic complexes, dismounting, boundary conditions of application, crawler movement.

Roman Zin'ko, Ph.D., Associate Professor of the Department of Designing and Operating Machines of the National University "Lviv Polytechnic"

Krainik Lyubomir, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automobile Engineering, National University "Lviv Polytechnic", e-mail: l.kraynyk@gmail.com

Gorbay Orest, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive, National University "Lviv Polytechnic"

Polyakov Andrey, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: farv@vntu.edu.ua

Р. В. Зинько[1], Л. В. Крайник[1], А. С. Горбай[1], А. П. Поляков[2]

РОБОТИЗИРОВАННАЯ МОБИЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРЕДМЕТОВ

[1]Национальный университет «Львовская политехника»
[2]Винницький национальный технический университет

В случаях, когда ликвидация взрывных устройств не допускает присутствия людей в непосредственной близости при угрозе взрыва, поскольку существует прямая опасность для их здоровья и жизни, целесообразно использовать дистанционно управляемую технику. Большинство разработанных методик использования мобильных роботов касаются частных случаев и не охватывают общего подхода в применении машин такого класса. Для решения этой проблемы необходимо определить граничные условия применения мобильных роботизированных комплексов, которые можно разделить на технологические, эксплуатационные и конструктивные.

Актуальной проблемой РТК является создание экономного привода для них. Как создание, так и оптимизация такого привода, возможны на основе исследования процессов динамики двигателя и выработки рекомендаций по конструированию его элементов, оптимизации его работы.

Сегодня существует класс мобильных роботизированных машин, которые каждый раз шире используются в недетерминированных средах, однако отсутствуют обобщенные подходы к созданию и эксплуатации таких машин, методики использования, типичные алгоритмы их конструирования и применения. Решение этой проблемы определяет возможные пределы применения мобильных роботизированных платформ.

Цель работы – определение функциональных возможностей применения мобильных роботов для разминирования на основе модернизации их конструктивных параметров.

Ключевые слова: мобильные роботизированные комплексы, разминирования, граничные условия применения, гусеничный движитель.

Зинько Роман Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования и эксплуатации машин Национального университета «Львовская политехника»

Крайник Любомир Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобилестроения, Национальный университет «Львовская политехника», e-mail: l.kraynyk@gmail.com

Горбай Орест Зенонович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобилестроения, Национальный университет «Львовская политехника»

Поляков Андрей Павлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, Винницкий национальный технический университет, e-mail: farv@vntu.edu.ua