

УДК 623.438

Я.С. Міщенко, О.М. Купріненко

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ РУШІЇВ БОЙОВИХ БРОНЬОВАНИХ МАШИН З ҐРУНТОВИМИ ПОВЕРХНЯМИ, ЩО ДЕФОРМУЮТЬСЯ

Розглянута проблема визначення параметрів рушія перспективних бойових броньованих машин з урахуванням зміни механічних характеристик ґрунту. Показано недосконалість існуючих науково-методичних підходів. Експериментально підтверджено адекватність запропонованих аналітичних залежностей визначення параметрів рушіїв бойових броньованих машин.

Ключові слова: бойова броньована машина, параметри рушія, ґрунтова поверхня.

Вступ

Постановка проблеми. Відомо [1, 2], що вибір параметрів рушія бойових броньованих машин (БМ) залежить від фізико-механічних властивостей ґрунтових поверхонь, навантаження на рушій та контурної площі його контакту.

Різноманітність існуючих ґрунтових поверхонь, станів їх зволоженості та можливих варіантів їх поєднання протягом року обумовлюють складність вибору параметрів рушіїв БМ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі науково-методичні підходи щодо вибору параметрів рушіїв БМ, наведені в [3-15], дозволяють визначати параметри рушіїв методом поступового підбору та прогнозувати зміну властивостей різних типів ґрунтових поверхонь. Однак, зазначені підходи не дозволяють враховувати зміну значень контурної площі рушія, яка відбувається в процесі взаємодії рушія з ґрунтовою поверхнею, що деформується.

У [16,17] запропоновано науково-методичний підхід, який позбавлений цього недоліку.

Мета статті. З метою підтвердження адекватності отриманих в [16, 17] аналітичних залежностей виникає необхідність проведення експериментальних досліджень.

Основний матеріал

Оборонний характер Воєнної доктрини України дозволяє стверджувати, що перспективні типи БМ повинні бути максимально пристосовані до ведення бойових дій на території України. Тому експериментальні дослідження були проведені на типових для України, зокрема Львівської області, ґрунтових поверхнях.

Під час проведення експериментальних досліджень вирішувались такі завдання:

1. Дослідження процесу зміни значення контурної площі рушія пневматичного колеса на жорсткій опорній поверхні при однаковому навантаженні та різному тиску повітря в шині.

2. Перевірка адекватності аналітичних залежностей, отриманих в [16,17], щодо визначення модуля деформації ґрунту.

3. Визначення залежності вологості та щільності ґрунту від навантаження на рушій.

4. Визначення коефіцієнта пропорційності деформації ґрунту між колісним рушієм та приведеним до відповідного розміру жорстким штампом при однаковому навантаженні на рушій і змінних значеннях вологості ґрунту.

Під час вирішення першого завдання з використанням експериментальної установки, зображеної на рис. 1, визначено форму контурної площі контакту шини КИ-80Н з ґрунтовою поверхнею, що деформується.



Рис.1. Модель ділянки жорсткої опорної поверхні

При цьому визначення зазначеної площі проводилось при різних значеннях тиску повітря в

шині та постійному значенні навантаження на шину, яке складало 16660 Н. Відбитки, що отримані на різних типах ґрунтових поверхонь, наведено на рис. 2. З метою отримання чітких контурів форми

відбитку колісного рушія на таких поверхнях (рис. 2в) було використано бетонний зливковий циліндричний форми.

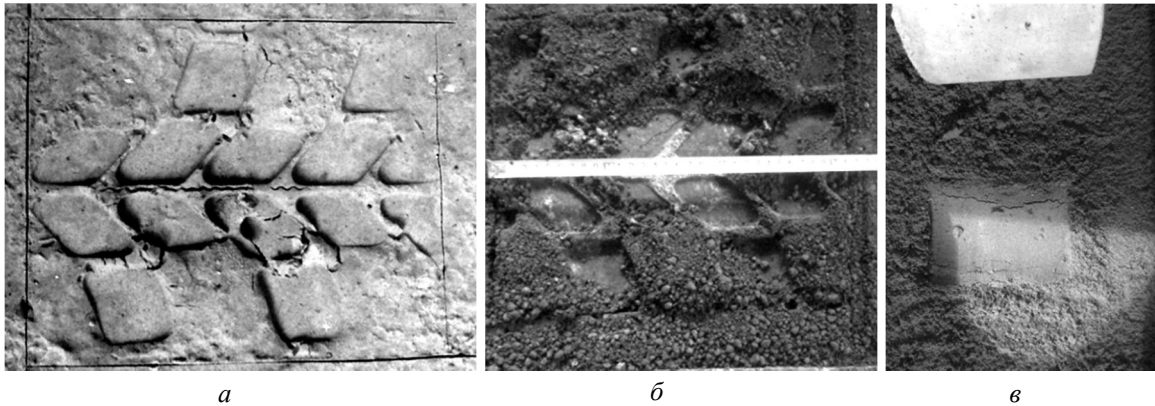


Рис. 2. Відбитки шини КИ – 80Н:
а – супісок; б – суглинок; в – відбиток бетонного зливка циліндричної форми

Визначення значень контурної площі рушія проводилось з використанням схеми, зображеної на рис. 3, за виразом

$$S_k(P) = 2 \cdot L_k \cdot B_k, \quad (1)$$

де S_k – значення контурної площі рушія, м²; P – тиск повітря в шині, кПа; $L_k = \sqrt{R_g^2 - R_{cm}^2}$ – довжина відбитку, м; B_k – ширина профілю шини, м; R_g – вільний радіус колеса, м; R_{cm} – статичний радіус колеса, м.

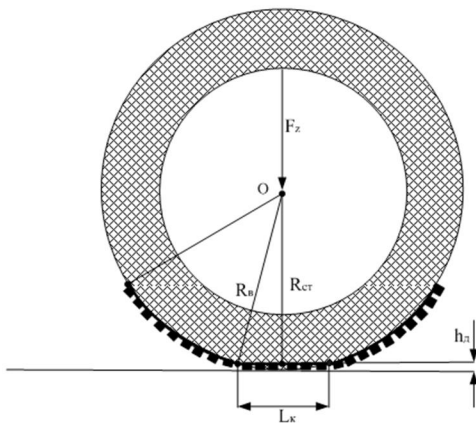


Рис. 3. Схема визначення контурної площі колеса при контакті з ґрунтовою поверхнею, що деформується (h_n – значення висоти протектора)

Для визначення значення модуля деформації ґрунту під час вирішення другого завдання використано експериментальну установку, зображену на рис. 4 [18]. Визначення проводилось з використанням штампу (штампним методом), який імітував частину гусеничної стрічки – трак. При цьому значення вологості ґрунту приймалися в межах значень, що

характерні для дорожньо-кліматичних умов Львівської області [19-21].

Для визначення значення модуля деформації ґрунту використано експериментально отримані значення вологості і щільності ґрунту відповідно до вимог, зазначених в [22, 23], та вираз [15]:

$$E = K_{E_1} \cdot \frac{W_T \cdot \left(\frac{\rho}{(1+W)} \right)^2}{(W - 0,05)} - K_{E_2} \cdot (W \cdot W_T)^2, \quad (2)$$

де K_{E_1}, K_{E_2} – емпіричні коефіцієнти, які залежать від навантаження; W_T – межа текучості ґрунту, частка одиниці; W – вологість ґрунту, частка одиниці; ρ – щільність ґрунту, кг/м³.



Рис. 4. Експериментальна установка для визначення значення модуля деформації ґрунту штамповим методом

У подальшому, в межах значень вологості ґрунту, що характерні для дорожньо-кліматичних умов Львівської області, визначено значення

деформації ґрунту під дією колеса та штамп, площа якого дорівнює контурній площі шини КИ-80Н на жорсткій опорній поверхні (рис. 5, 6).



Рис. 5. Експериментальне визначення значень деформації ґрунту під колесом КИ-80Н

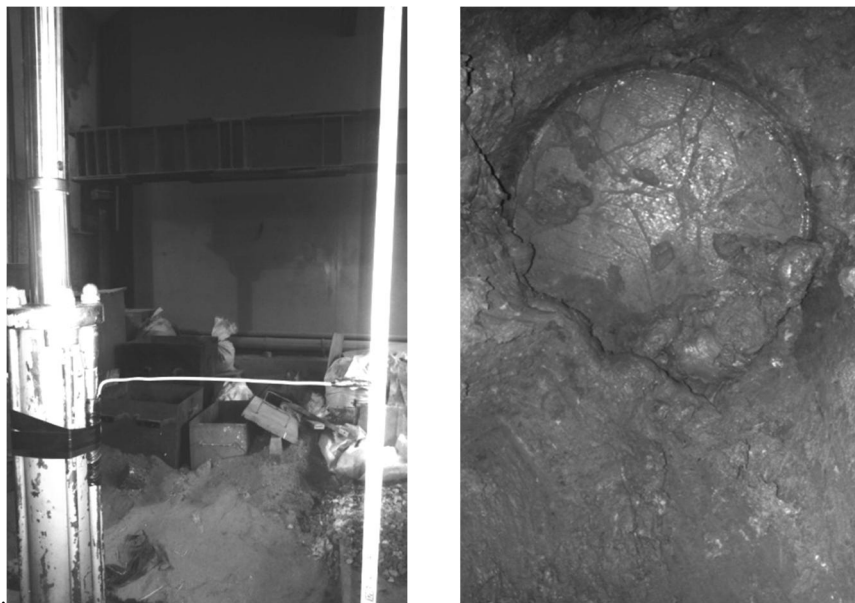


Рис. 6. Експериментальне визначення значень деформації ґрунту під штампом

За результатами порівняння отриманих аналітично (L_p) та експериментально (L_e) значень довжини встановлено, що їх розбіжність не перевищує 7% (табл. 1). Це є підтвердженням адекватності аналітичної залежності (1).

За отриманими результатами побудовано залежність статичного радіуса колеса R_{cm} від тиску P в шині КИ-80Н (рис. 7) та залежність статичного радіуса колеса R_{cm} від тиску P в шині КИ-80 з точністю апроксимації $R^2=0,99$ у вигляді логарифмічної функції

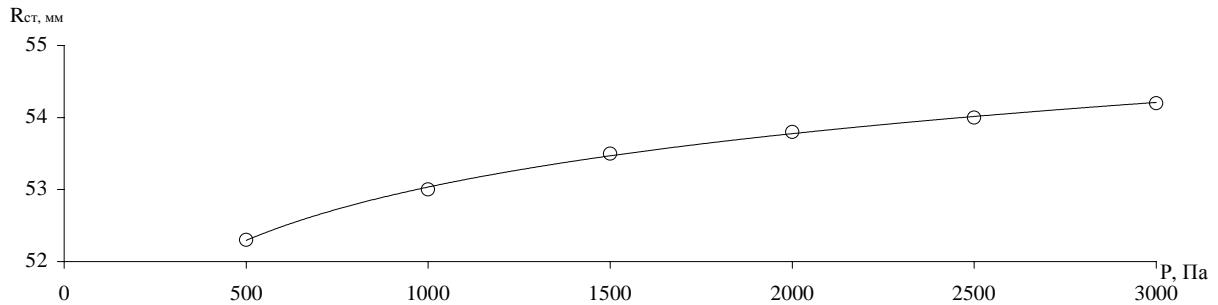
$$R_{cm}(P) = 1,0693 \cdot \ln(P) + 65,649 .$$

Отримані експериментальні та розрахункові результати значень модуля деформації було використано для визначення значення емпіричного комплексного коефіцієнта впливу фізичних властивостей ґрунту K_{E_1} в межах значень вологості ґрунту (W) від 16% до 30% (табл. 2) для їх використання під час розрахунків значень модуля деформації ґрунту за виразом (2).

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень залежності $S_k(P)$

P, кПа	R _{ст} , см	L _p , см	L _e , см	Δ% L _p /L _e	B, см	S _p , см ²	S _e , см ²	S _{сп} , см ²	S _ш , см ²	Δ% S _{сп} /S _ш
3,0	54,2	28,2	29,4	95,9	25,0	705	735	720	707	1,8
2,5	54,0	29,7	31,6	93,9	25,5	757	806	782	-	-
2,0	53,8	31,1	33,2	93,7	26,0	809	863	836	-	-
1,5	53,5	33,1	35,5	93,2	29,0	960	1 030	995	-	-
1,0	53,0	36,2	38,9	93,1	30,0	1 086	1 167	1 127	-	-
0,5	52,3	40,0	42,6	93,9	31,0	1 240	1 321	1 280	-	-

Рис. 7. Апроксимація залежності $R_{ст}(P)$ для пневматичної шини КИ-80Н

Таблиця 2

Результати експериментального визначення коефіцієнта $K_{E_1}(W)$

W, %	16	17	17	17	17	18	19	20	20	20	20	20	23	26	29
ρ , кг/м ³	1748	1694	1693	1680	1537	1517	1905	2069	1993	2032	1986	1877	1882	1762	1978
K_{E_1} , м ⁵ /кг·с ²	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,18	0,29	0,29
m, кг	3500	3000	2500	2000	1700	1000	3500	3500	3000	2500	2000	1700	1700	1000	1000

Проведений аналіз даних, наведених в табл. 2, показав, що вологість ґрунту при зміні навантаження на рушій не змінюється.

Отримані під час проведення експерименту результати, $\rho_c(m)$, наведені в табл. 3, дозволили побудувати залежність $\rho_c(m)$ при $m(1\ 000 - 35\ 000\ \text{кг})$ (рис. 8, 9).

Таблиця 3

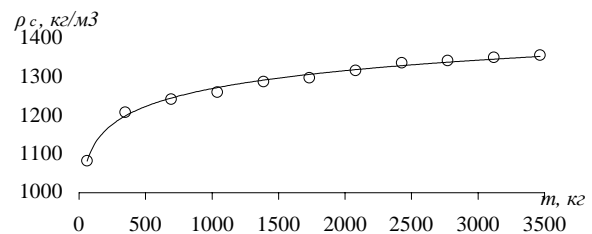
Результати зміни значення $\rho_c(m)$

Навантаження на колесо, кг		$h_{зр}$ м	ρ_c кг/м ³	Навантаження на колесо, кг		$h_{зр}$ м	ρ_c кг/м ³
$m_{прес}$	$m_{БМ}$			$m_{прес}$	$m_{БМ}$		
20	693	0,0290	1243	200	6931	0,0356	1370
30	1040	0,0300	1261	300	10397	0,0362	1383
40	1386	0,0315	1288	400	13863	0,0368	1396
50	1733	0,0320	1298	500	17328	0,0374	1410
60	2079	0,0330	1317	600	20794	0,0380	1423
70	2426	0,0340	1337	700	24260	0,0386	1437
80	2773	0,0343	1343	800	27725	0,0392	1451
90	3119	0,0347	1351	900	31191	0,0398	1466
100	3466	0,0350	1357	1010	35003	0,0410	1468

Для m в межах від 1000 до 3500 кг включно з точністю апроксимації $R^2=0,99$ у вигляді логарифмічної функції

$$\rho_c(m) = k_{\rho 1} \cdot \ln(m) + k_{\rho 2},$$

де $k_{\rho 1} = 67,1 \text{ кг/м}^3$; $k_{\rho 2} = 806,8 \text{ кг/м}^3$.

Рис. 8. Залежність зміни значень $\rho_c(m)$ до 3500 кг

Для m в межах від 3500 до 35000 кг включно з точністю апроксимації $R^2=0,99$ у вигляді лінійної функції

$$\rho_c = k_{\rho 3} \cdot m + k_{\rho 4},$$

де $k_{\rho 3} = 0,0037 \text{ кг/м}^3$; $k_{\rho 4} = 1347,9 \text{ кг/м}^3$.

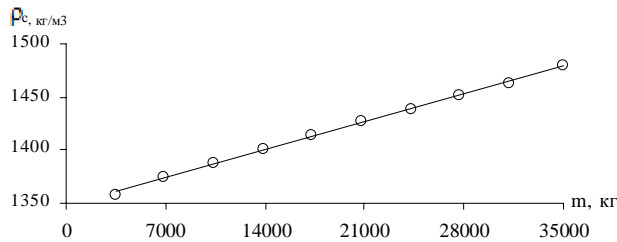


Рис. 9. Залежність зміни значень $\rho_c(m)$ від 3500 до 35000 кг

З метою визначення коефіцієнта пропорційності деформації ґрунту між колісним рушієм та відповідним жорстким штампом при однакових навантаженнях і змінних значеннях вологості ґрунту отримано аналітичну залежність зміни коефіцієнта пропорційності деформації ґрунту від вологості ґрунту k_h (W) в межах $W(17\%-31\%)$, з точністю апроксимації $R^2=0,99$ у вигляді поліноміальної функцію (рис. 10)

$$h_k = K_{W1} \cdot W^2 + K_{W2} \cdot W - K_{W3},$$

де $K_{W1} = -0,0169$; $K_{W2} = 1,0178$; $K_{W3} = 10,258$.

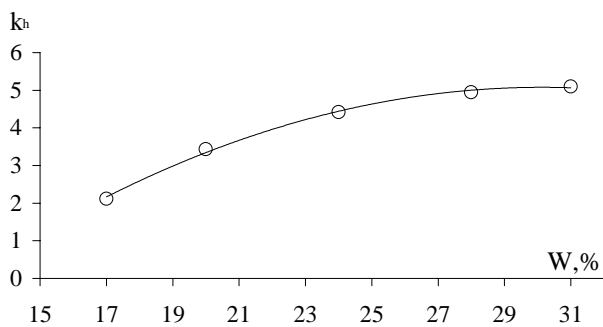


Рис. 10. Залежність зміни k_h (W) при $F_z = \text{const}$

Висновки

Проведені експериментальні дослідження підтвердили адекватність розроблених аналітичних залежностей щодо визначення параметрів рушіїв.

З метою визначення значень глибини колії та залежностей між статичною та динамічною деформаціями ґрунтових поверхонь виникає необхідність у проведенні подальших експериментальних досліджень.

Список літератури

1. Теория наземных транспортных средств / ред. Дж. Вонг; пер. с англ. А.И. Аксенова. – М.: Машиностроение, 1982. – 284 с.
2. Бабков В.Ф. Основы грунтоведения и механики ґрунтов: учебник для студентов автомобильно-дорожных вузов / В.Ф. Бабков, В.М. Безрук. – М.: Высшая школа, 1976. – 328 с.

3. Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей / Я.С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с.

4. Антонов А.С. Армейские гусеничные машины / А.С. Антонов, М.М. Запругаев, В.П. Хавханов. – М.: Воениздат, 1973. – 326 с.

5. Теория, конструкция и расчет боевых колесных машин / [Медведков В.И., Агейкин Я.С., Антонов Д.А. и др.]; под. ред. В.И. Медведкова. – М.: Академия бронетанковых войск, 1976. – 407 с.

6. Котович С.В. Двигатели специальных транспортных средств. Часть I: Учебное пособие / С.В. Котович. – М.: МАДИ (ГТУ), 2008. – 161 с.

7. Казаченко Г.В. Колёсные двигатели горных машин. Методическое пособие / Г.В. Казаченко, Г.А. Басалай, Э.А. Кремчев. – Минск: БНТУ, 2012. – 37 с.

8. Теория и конструкция танка: [в 10 т.] – М.: Машиностроение, 1990. – Т.1: Основы системы управления развитием военных гусеничных машин / [сост. Потемкин Э.К., Вильховченко Н.Н. и др.; ред. Исакова П.П.]. – 1982. – 212 с.

9. Проектировочные расчеты транспортных средств специального назначения (ТССН): учеб. пособие / В.В. Павлов. – М.: МАДИ, 2014. – 116 с.

10. Машиностроение. Энциклопедия: [в 40 т.] – М.: Машиностроение. 1997. – Т.IV-15: Колесные и гусеничные машины. / [сост. В.Ф. Платонов, В.С. Азаев, Е.Б. Александров и др.; ред. В.Ф. Платонова]. – 1997. – 688 с.

11. Буров С.С. Конструкция и расчёт танков / С.С. Буров. – М.: Академия бронетанковых войск, 1973. – 602 с.

12. Носов Н.А. Расчёт и конструирование гусеничных машин / Н.А. Носов, В.Д. Гальшиев, Ю.П. Волков, А.П. Харченко. – Л.: Машиностроение, 1972. – 560 с.

13. Бронетанковая техника. Основы теории и конструкции. / ред. Л.В. Сергеева. – М.: Воениздат, 1972. – 464 с.

14. Устьянцев С.В. Боевые машины Уралвагонзавода. Танк Т-72 / С.В. Устьянцев, Д.Г. Колмаков – Н. Тагил: Медиа-принт, 2007. – 198 с.

15. Вольская Н.С. Разработка методов расчета опорно-тяговых характеристик колесных машин по заданным дорожно-грунтовым условиям в районах эксплуатации: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 / Вольская Наталья Станиславовна; Московский государственный технический университет. – Москва, 2008. – 370 с.

16. Міщенко Я.С. Модель визначення параметрів колісного рушія перспективних бойових броньованих машин / Я.С. Міщенко // Збірник наукових праць Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України. – 2015. – №3. – С. 117-123.

17. Міщенко Я.С. Модель визначення параметрів гусеничного рушія перспективних бойових броньованих машин / Я.С. Міщенко, О.М. Купріненко // Труды університету. – 2015. – №4(131). – С. 194-202.

18. Шевченко Л.М., Клименко Л.Л., Кучерук А.О., Романенко Е.М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з механіки ґрунтів. – Рівне: УПВГ, 1991. – 48 с.

19. Атлас почв Украинской ССР / ред. Н.К. Крупский, Н.И. Полупан; Украинский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского. – К.: Урожай, 1979. – 160 с.

20. Агрокліматичний довідник по Львівській області (1986-2005рр.) / ред. І.З. Федик, Т.І. Адаменко; Львівський РЦГМ. – Львів: Атлас, – 2013. – 218 с.

21. Геренчук К.І. Природа Львівської області / К.І. Геренчук. – Львів: Видавництво Львівського університету, 1972. – 152 с.

22. ДСТУ Б.В.2.1.-3-96 (ГОСТ 30416-96) Грунти. Лабораторні випробовування. Загальні положення.

23. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

Рецензент: к.т.н., с.н.с. М.В. Чорний, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВИЖИТЕЛЕЙ БОЕВЫХ БРОНИРОВАННЫХ МАШИН С ДЕФОРМИРУЕМЫМИ ГРУНТОВЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

Я.С. Мищенко, А.Н. Куприненко

Рассмотрена проблема определения параметров движителя перспективных боевых бронированных машин с учетом особенностей изменения механических характеристик почвы. Показано несовершенство существующих научно-методических подходов. Экспериментально подтверждено адекватность предложенных аналитических зависимостей определения параметров движителей боевых бронированных машин.

Ключевые слова: боевая бронированная машина, параметры движителя, грунтовая поверхность.

EXPERIMENTAL STUDY OF INTERACTION DRIVER OF ARMORED COMBAT VEHICLES WITH DEFORMABLE GROUND SURFACES

Y. Mischenko, O. Kuprinenko

The problem of the parameters definition of the perspective armored combat vehicles propeller considering the changes in the mechanical characteristics of the soil is reviewed. The inadequacy of existing scientific and methodological approaches is shown. Experiments confirmed the adequacy of the proposed analytical dependences of parameters determining the propulsion of armored combat vehicles.

Key words: armored combat vehicle, propeller, mechanical characteristics of the soil.

УДК 007.52; 623.4.016

Ю.В. Мирончук

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ НАЗЕМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

У статті розглянуто зміни характеру ведення збройної боротьби, їх вплив на розвиток наземних мобільних робототехнічних комплексів. Проведено аналіз стану розвитку наземних мобільних робототехнічних комплексів, обґрунтовано необхідність побудови їх типажу для Сухопутних військ Збройних Сил України.

Ключові слова: наземний мобільний робототехнічний комплекс, мобільний робот, типаж.

Вступ

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень та публікацій. Характер ведення збройної боротьби за останні десятиліття значно змінився. За рахунок нових можливостей систем розвідки,

управління і забезпечення відбувся перехід від лінійної взаємодії великих військових формувань до маневреної війни, локальних збройних конфліктів з широким застосуванням невеликих за чисельністю бойових груп [1, 2].