

УДК 623.4.01, 629.3.026



В. М. Клішин



С. П. Мазін



І. Л. Страшний

НОВА КОНСТРУКЦІЯ ШАСІ ВІЙСЬКОВОГО РОБОТА І ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ

Виконано аналіз існуючих і перспективних конструкцій військових самохідних роботів. Запропонована конструкція шасі для військового робота. Визначені основні конструктивні параметри військового робота із самохідним колісним шасі з гідростатичною трансмісією.

К л ю ч о в і с л о в а: військовий робот, гідростатична трансмісія, ходовий модуль.

В Україні, як і у всьому цивілізованому світі, життя людини є найвищою цінністю. Силові структури держави є одним з гарантів його збереження й саме вони можуть зазнавати значних людських втрат в ході збройних конфліктів, що виникають у разі загрози суверенітету й цілісності держави. Тому загибель військовослужбовців дуже болісно сприймається суспільством. Сучасні армії використовують всі можливі засоби, щоб зменшити кількість втрат. Найбільш перспективним напрямком вирішення цієї проблеми є використання на полі бою автоматизованих систем, до яких відносять й військових роботів.

Постановка проблеми. Розробляють й виготовляють військових роботів у багатьох країнах світу, в тому числі і в Україні. Сучасні військові роботи являють собою самохідні шасі, на які встановлюються різноманітні бойові модулі або маніпулятори. Існуючі роботи мають суттєві відмінності за призначенням (розвідувальні, інженерні, бойові, тилові), показниками маси і габаритів, швидкістю руху та ін. Самохідні шасі різняться типами трансмісій, підвісок, двигунів та систем керування, характеристики яких визначають показники прохідності, маневреності, стійкості та запас ходу роботів.

Питання пошуку і обґрунтування нових покращених конструкцій військових роботів, а також удосконалення вже існуючих конструкцій є на даний час актуальними і своєчасними, що і визначає існування проблеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні найбільш повну уяву про конструкцію військових роботів й тенденції їх розвитку дають наукові статті та відомості про патенти на їх конструкції. У патентах [1, 2] повідомляється про використання у складі самохідних шасі військових роботів електрохімічних, конденсаторних або комбінованих джерел електричної енергії, її перетворювачів, електромеханічних колісних, гусеничних або колісно-гусеничних рушіїв.

Використання електрохімічних, конденсаторних або комбінованих джерел електричної енергії, на наш погляд, наряду з певними перевагами, має й низку недоліків, основним з яких можна вважати відносно невеликий запас ходу. Так, для українського робота “Фантом” [3] запас ходу складає 20 км. Також певною мірою недоліком можна вважати необхідність мати в зоні дії такого робота пристрої для заряджання електричних акумуляторів і конденсаторів, що в умовах швидкоплинних бойових дій не завжди можливо забезпечити.

Маса робота “Фантом” не є значною й складає близько 1000 кг, що цілком виправдовує використання електрохімічних, конденсаторних або комбінованих джерел електричної енергії разом з електричною трансмісією. Однак існують конструкції з приблизно такими ж масо-габаритними показниками, до складу яких додатково входять різноманітні робочі маніпулятори і навісне обладнання [4], робота яких потребує додаткових витрат енергії, що може призвести до суттєвого зменшення запасу ходу робота.

Існують також конструкції роботів відносно великої маси, як, наприклад, інженерна машина MV-4 [5], створена у США, яка має масу 5,32 т і призначена для розмінування. Визначимо доцільність використання у конструкції такої машини електрохімічних джерел енергії, застосувавши методику визначення основних параметрів електромобіля [6]. За цією методикою масу електричної

аккумуляторної батареї можна обчислити за формулою

$$G_6 = \frac{10^{-3} \omega L (G_a + G_e + G_k)}{e - (10^{-3} \omega L)}, \quad (1)$$

де G_6 – маса батареї, кг; ω – питома витрата енергії під час руху в режимі, для якого заданий запас ходу, Вт·год/т·км (приймаємо $\omega = 100$ Вт·год/т·км); L – запас ходу, км (приймаємо $L = 100$ км); G_a – маса спорядженого автомобіля, кг (приймаємо $G_a = 5320$ кг); G_e – маса електропривода, кг (виходячи з маси аналогу, приймаємо $G_e = 200$ кг); G_k – корисне навантаження, кг (приймаємо 1000 кг); e – питома енергоємність батареї, Вт·год/кг (приймаємо $e = 70$ Вт·год/кг).

Тоді для машин типу MV-4

$$G_6 = \frac{10^{-3} \cdot 100 \cdot 100 \cdot (5320 + 200 + 1000)}{70 - (10^{-3} \cdot 100 \cdot 100)} = 1087 \text{ кг.}$$

Як показує розрахунок, маса електричної аккумуляторної батареї для аналогів MV-4 складає 1087 кг, що є суттєвою частиною загальної маси машини й може призвести або до необхідності збільшення маси машини й можливого погіршення характеристик прохідності й маневреності, або, у разі збереження заданої маси машини, можуть бути обмежені її бойові характеристики.

У статті [7] наведено огляд сучасних трансмісій багатовісних машин. Особливу увагу приділено багатовісній машині “Гідрокід” з гідростатичною трансмісією. Також визначено, що гідростатична трансмісія має безперечні переваги з плавності руху й реалізації безступеневого режиму керування рухом, що має вирішальне значення, виходячи з призначення транспортного засобу. У праці [8] відзначено, що гідростатична передача є регульованою і легко може бути перетворена в автоматичну. У разі використання такої передачі значно спрощується керування машиною. У праці [8] також визначено, що у разі використання гідростатичної передачі маса машини може зменшитись на 15...20 % порівняно з механічною трансмісією, також суттєво скорочується кількість механізмів і деталей, що швидко зношуються.

Метою статі є розроблення загальної конструкції шасі військового робота з гідростатичною трансмісією та визначення його основних конструктивних параметрів.

Виклад основного матеріалу. В основу конструкції самохідного шасі військового робота пропонується покласти універсальний ходовий модуль (див. рис. 1), використання якого може забезпечити можливість створення типового ряду самохідних уніфікованих шасі повноприводних роботів.

До складу ходового модуля входять гідромотор 1, колесо 7, важіль 3, пружина 8 та амортизатор 9.

Гідромотор 1 кріпиться до важеля 3 гвинтами. Важіль 3 встановлений через ковзну втулку на кронштейні 4, прикріпленому до броньованого корпусу робота. Колесо 7 болтами кріпиться до маточини 6, яка встановлена на цапфі 5 на двох кулькових підшипниках. Пружинним елементом підвіски ходового модуля є пружина 8, затиснута в стаканах важеля 3 й броньованого корпусу. Роль гасника коливань підвіски виконує амортизатор 9, який нижнім кінцем кріпиться до важеля 3, а верхнім – до броньованого корпусу за допомогою кронштейна 10. У разі, якщо підресорена маса робота є значною й енергоємності пружини 8 недостатньо, в кронштейні 4 важеля може бути встановлений додатковий пружинний елемент – торсіон.

Крутний момент на колесо 7 передається від гідромотора 1 через піввісь 2, фланець якої прикріплений до маточини 6 шпильками й гайками.

Конструктивна схема трансмісії двовісного робота наведена на рис. 2.

Двигун внутрішнього згоряння через редуктор 4 приводить в дію гідронасос 5, з’єднаний трубопроводами з гідромоторами 2, вали яких зв’язані з ведучими колесами 1 правого борту, й гідронасос 6, з’єднаний з гідромоторами коліс лівого борту. Під час роботи двигуна напір рідини, створюваний гідронасосами, у гідромоторах ходових модулів перетворюється на крутний момент, що передається на ведучі колеса й створює на них тягову силу. У разі використання у складі військового робота додаткового гідравлічного обладнання (гідравлічний маніпулятор, гідравлічний привод керування мінним тралом та ін.) редуктор 4 забезпечує приведення в дію допоміжних гідронасосів 3.

Бак для гідравлічної рідини, редуктор 4, гідронасоси 3, 5, 6 та трубопроводи утворюють гідравлічну станцію самохідного шасі військового робота.

Конструктивна схема чотиривісного робота наведена на рис. 3.

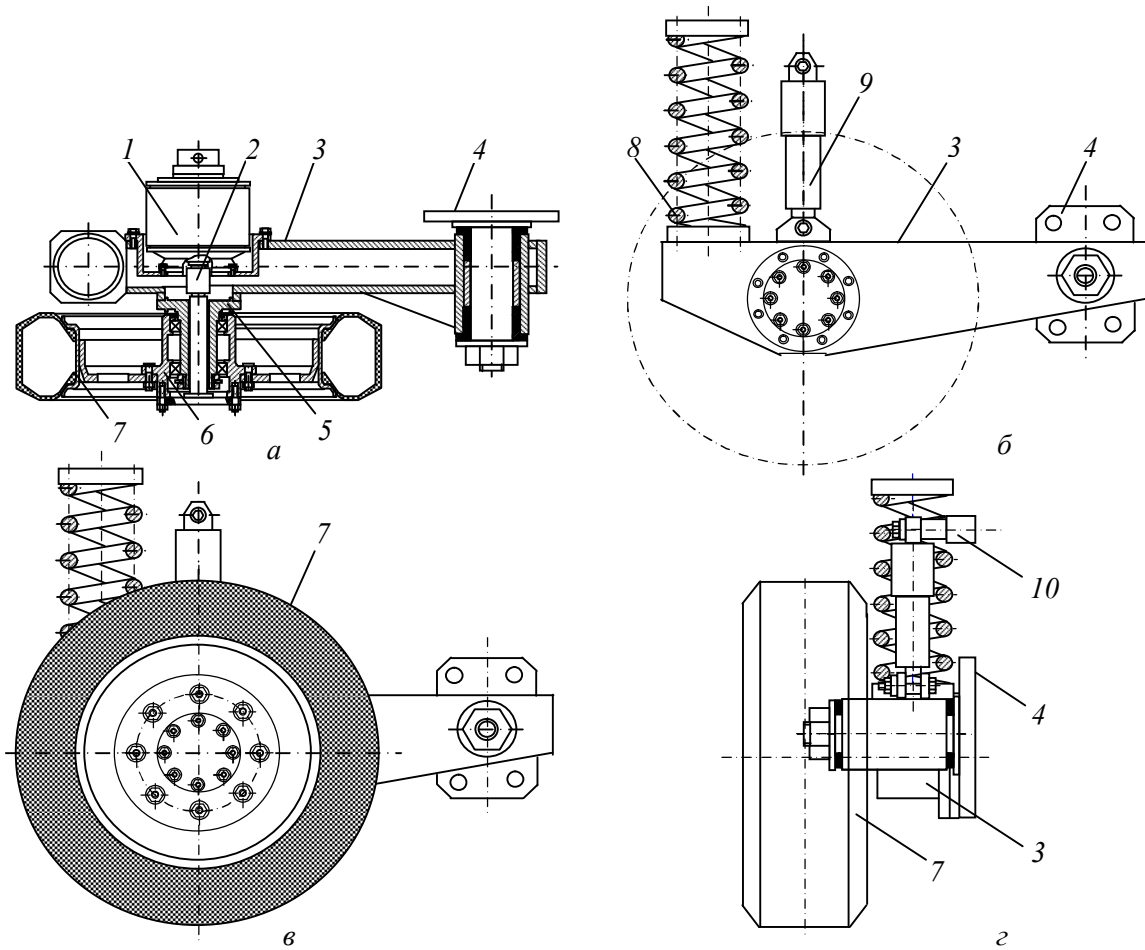


Рис. 1. Ходовий модуль:

a – вид зверху; *б, в* – вид збоку; *г* – вид ззаду; 1 – гідромотор; 2 – піввісь; 3 – важіль; 4 – кронштейн кріплення важеля; 5 – цапфа важеля; 6 – маточина; 7 – колесо; 8 – пружина; 9 – амортизатор; 10 – кронштейн кріплення амортизатора

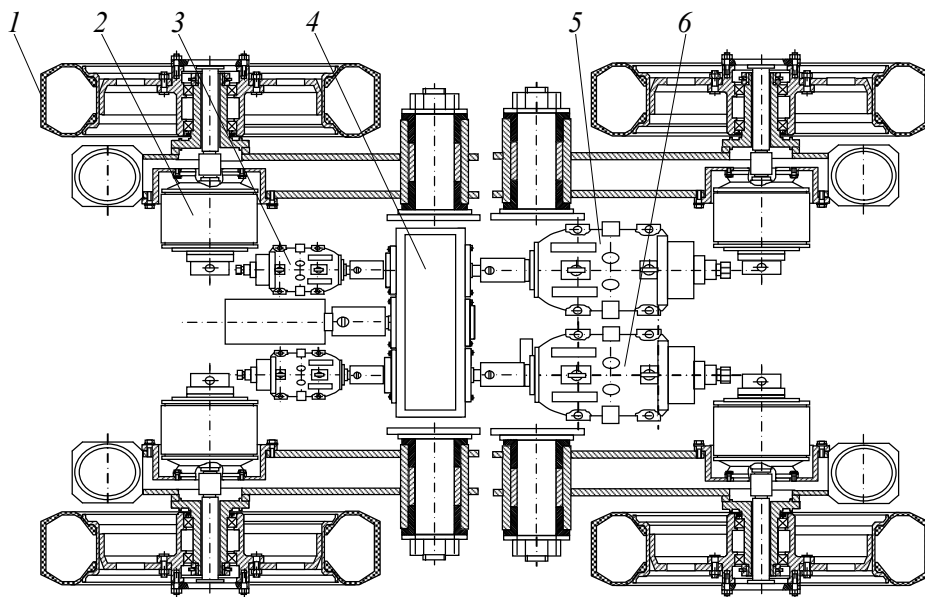


Рис. 2. Конструктивна схема трансмісії двовісного робота:

1 – колесо; 2 – гідромотор; 3 – допоміжний гідронасос; 4 – редуктор; 5, 6 – гідронасоси приводу ходових модулів

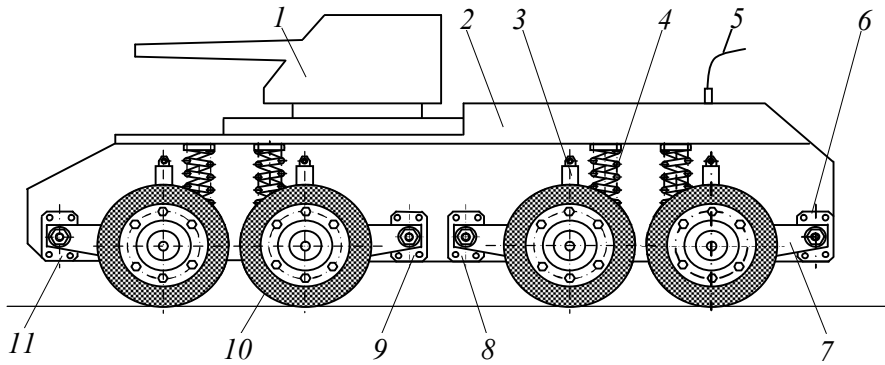


Рис. 3. Конструктивна схема чотиривісного робота:
1 – бойовий модуль; 2 – броньований корпус; 3 – амортизатор; 4 – пружина; 5 – антена системи дистанційного керування; 6, 8, 9, 11 – кронштейни; 7 – важіль; 10 – колесо

Робот являє собою броньований корпус 2, з боків якого закріплені кронштейни 6, 8, 9, 11. На осях кронштейнів встановлені поздовжні важелі 7 незалежних підвісок ходових модулів. Важелі 7 взаємодіють з пружинами 4 та телескопічними амортизаторами 3. На важелях 7 встановлені колеса 10 та гідромотори 2 (див. рис. 2). У верхній частині броньованого корпусу встановлений бойовий модуль 1.

Поворот машини здійснюється по-гусеничному, гальмування забезпечується відповідним режимом роботи гідростатичної трансмісії.

Першим кроком визначення основних конструктивних параметрів робота є розрахунок потужності двигуна внутрішнього згоряння, призначеного для приводу гідравлічної станції.

Розрахункову потужність двигуна визначаємо за формулою

$$N_{\text{двз}} = \frac{m_p \cdot g \cdot \Psi \cdot V_{\text{max}}}{3600\eta} + \frac{k \cdot F \cdot V_{\text{max}}^3}{46656\eta}, \quad (2)$$

де m_p – повна маса машини, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; Ψ – коефіцієнт опору дороги; V_{max} – максимальна швидкість руху, км/год; η – коефіцієнт корисної дії трансмісії (за даними праці [8] приймаємо $\eta = 0,76$); k – коефіцієнт опору повітря, Н·с²/м⁴; F – лобова площа (площа парусності) робота, м².

Розрахунок виконаємо, виходячи з умови забезпечення максимальної швидкості руху 30 км/год по сухій ґрунтовій опорній поверхні з ухилом $\alpha = 10^\circ$. Максимальну швидкість руху можна прийнятий й більшою, однак, це може ускладнити дистанційне керування роботом.

У цьому разі коефіцієнт опору дороги

$$\Psi = f \cos \alpha + \sin \alpha = 0,035 \cdot 0,985 + 0,174 = 0,21,$$

де f – коефіцієнт опору коченню, для сухої ґрунтової дороги $f = 0,025 \dots 0,035$.

Лобова площа робота

$$F = m_F \cdot B \cdot H = 0,9 \cdot 2,5 \cdot 2,0 = 4,5 \text{ м}^2,$$

де m_F – коефіцієнт заповнення лобової площі, приймаємо $m_F = 0,9$; B – габаритна ширина машини, приймаємо $B = 2,5$ м; H – габаритна висота машини, приймаємо $H = 2,0$ м.

Для розрахунку також приймаємо $m_p = 5320$ кг, $k = 0,7$ Н·с²/м⁴. Тоді

$$N_{\text{двз}} = \frac{5320 \cdot 9,81 \cdot 0,21 \cdot 30}{3600 \cdot 0,76} + \frac{0,7 \cdot 4,5 \cdot 30^3}{46656 \cdot 0,76} = 122,571 \text{ кВт}.$$

До подальших розрахунків приймаємо потужність двигуна 130 кВт. Виходячи з формули (1), за такої потужності на швидкості 10 км/год машина може подолати опір дороги $\Psi = 0,68$, тобто, наприклад, на сухій ґрунтовій дорозі може бути подоланий підйом $\alpha = 40^\circ$ за умови необхідного зчеплення коліс з дорогою.

Кутову швидкість обертання коліс самохідного шасі робота на максимальній швидкості визначимо за формулою

$$\omega_k = \frac{V_{\text{max}}}{3,6r_k} = \frac{30}{3,6 \cdot 0,53} = 15,7 \text{ рад/с},$$

де r_k – радіус колеса, приймаємо $r_k = 0,53$ м.

Сумарний крутний момент на колесах за максимальної потужності двигуна й максимальної швидкості руху

$$M_{\Sigma} = \frac{N_{\text{двз}} \eta}{\omega_k} = \frac{130 \cdot 10^3 \cdot 0,76}{15,7} = 6293 \text{ Нм.}$$

Сумарна тягова сила на ведучих колесах

$$P_{\Sigma} = \frac{M_{\Sigma}}{r_k} = \frac{6293}{0,53} = 11,87 \text{ кВт.}$$

Крутний момент на валу гідромотора для чотиривісного шасі

$$M_{\text{ГМ}} = \frac{M_{\Sigma}}{8} = \frac{6293}{8} = 786,6 \text{ Нм.}$$

Виконані розрахунки є вихідними для обчислення параметрів гідравлічної станції шасі військового робота з гідростатичною трансмісією. Параметри можуть бути визначені за методикою, наведеною у праці [8].

Висновки

1. У порівнянні з механічною трансмісією гідростатична трансмісія шасі військового робота забезпечує: безступеневу зміну крутного моменту в широкому діапазоні й плавне передавання його на ведучі колеса; стабільну роботу двигуна в зоні оптимального режиму; зручність компонування; можливість гальмування самою гідростатичною передачею й відсутність гальмової системи як такої; реверсивність; легкість і простоту керування; стійкість роботи гідромотора за малих частот обертання його вала; запобігання двигуна машини від перевантажень. Певне зменшення коефіцієнта корисної дії трансмісії й відповідне зниження паливної економічності могло б мати суттєве значення у разі виконання машиною транспортної роботи. Однак автори вважають, що для військового робота, який виконує бойові завдання на обмеженій відстані в обмежений час, цей чинник не є критичним, враховуючи вищезазначені переваги.

2. У порівнянні з електричною трансмісією гідростатична трансмісія забезпечує: більший запас ходу військового робота; його незалежність від наявності в бойових умовах електричних зарядних пристроїв; можливість створення приводу військових роботів з більшою власною масою й, відповідно, з більшими бойовими можливостями.

3. Запропонований універсальний ходовий модуль достатньо простий за конструкцією й технологічний у виготовленні й експлуатації. Конструкція ходового модуля забезпечує можливість зміни пружності підвіски шляхом встановлення додаткового пружного елемента – торсіона, що дозволяє використовувати ходовий модуль у шасі військових роботів з різною підресореною масою. Зазначене може забезпечити уніфікацію шасі лінійки військових роботів різного призначення і, як результат, зменшення затрат на виготовлення й експлуатацію таких роботів.

Список використаних джерел

1. Модульно структурований військовий наземний робот з вертикальним гвинтовим підймачем [Текст] : пат. UA 90969 : МПК (2009) F41H 7/00 / Поповіченко О. В., Толстой О. В., Беліков В. Т., Васильєв В. В., Грачов М. М. ; заявл. 02.03.2009 ; опубл. 10.06.2010, Бюл. № 11. – 8 с.

2. Модульно структурований військовий наземний робот з функціональними блоками-модулями повороту [Текст] : пат. UA 90979 : МПК (2009) F41H 7/00 / Поповіченко О. В., Толстой О. В., Беліков В. Т., Васильєв В. В. ; заявл. 30.06.2009 ; опубл. 10.06.2010, Бюл. № 11. – 11 с.

3. На що здатний вітчизняний бойовий робот “Фантом-2” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.depo.ua/ukr/war/na-scho-zdatniy-vitchiznyaniy-boyoviy-robot-fantom-2-20170727613293/> (дата звернення : 10.01.2018). – Назва з екрана.

4. Мобільний роботизований комплекс інженерної розвідки та розмінування [Текст] : пат. UA 79061 : МПК (2013.01) F41H 11/16 (2011.01) B62D 57/00 / Гусяков О. М., Рудаков В. І., Васківський М. І., Дачковський В. О., Сторожик І. В. / власники: Центр. н.-д. ін-т озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Гусяков О. М. ; заявл. 09.10.2012 ; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 7. – 12 с.

5. DOK-ING MV-4 Mine Clearance System [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.army-technology.com/projects/mv-4-mine-clearance/> (дата звернення : 10.01.2018). – Назва з екрана.

6. Нова конструкція військового електромобіля і методика визначення його основних параметрів. [Текст] / В. Г. Мазанов, О. С. Мазін, А. П. Горбунов, В.М. Франков // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – Харків : Акад. ВВ МВС України, 2012. – Вип. 1 (19). – С. 5–11.

7. Обзор современных трансмиссий многоосных транспортных средств [Текст] / В. Б. Самородов, О. И. Деркач, И. В. Яловол и др. // Вісник НТУ “ХПІ”. – Харків : НТУ “ХПІ”, 2012. – № 64 (970). – С. 31 – 35. – (Серія “Автомобіле- та тракторобудування”).

8. Антонов, А. С. Гидрообъемные передачи транспортных и тяговых машин [Текст] / А. С. Антонов, М. М. Запрягаев. – Ленинград : Машиностроение, 1968 – 212 с.

Стаття надійшла до редакції 22.01.2018 р.

УДК 623.4.01, 629.3.026

В. Н. Клишин, С. П. Мазин, И. Л. Страшный

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ШАССИ ВОЕННОГО РОБОТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Выполнен анализ существующих и перспективных конструкций военных самоходных роботов. Предложена конструкция шасси для военного робота. Определены основные конструктивные параметры военного робота с самоходным колесным шасси с гидростатической трансмиссией.

К л ю ч е в ы е с л о в а: военный робот, гидростатическая трансмиссия, ходовой модуль.

UDC 623.4.01, 629.3.026

V. M. Klishyn, S. P. Mazin, I. L. Strashnyi

NEW DESIGN OF CHASSIS OF THE MILITARY ROBOT AND DETERMINING ITS MAIN PARAMETERS

Modern armies use all possible means to reduce the number of losses. The most promising direction of solving this problem is the use of automated systems on the battlefield, including military robots.

The purpose of the article is to develop a general design of a military robot chassis with hydrostatic transmission and to determine its basic design parameters. The article analyzes the expediency of using electrochemical energy sources for the military robot. As a result, it is established that the mass of the electric battery is a too large a share of the total mass of the machine, which may lead to the need to increase the weight of the machine or to deteriorate its combat characteristics. An analysis of the design of wheeled vehicles with a hydrostatic transmission has been conducted, which led to the conclusion that it is advisable to equip the robot with this transmission. The basis of the design of the self-propelled chassis of the military robot is proposed to put a universal running module, the use of which can provide the possibility of creating a typical series of self-propelled unified chassis of military robots.

The proposed universal drive module is quite simple in design and technology in the manufacture and operation. The design of the running module provides the ability to change the elasticity of the suspension by installing an additional elastic element – torsion bar, which allows the use of a running module in the chassis of military robots with different mass. This can ensure unification of the chassis of the military robots for various purposes and, as a result, reduce the cost of manufacturing and exploiting such robots.

A chassis design for a military robot was developed. The basic design parameters of a military robot with a self-propelled chassis with hydrostatic transmission are determined.

К е y w o r d s: military robot, hydrostatic transmission, running module.

Клішин Віктор Миколайович – заступник начальника факультету Національної академії Національної гвардії України.

Мазін Сергій Петрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільної техніки Національної академії Національної гвардії України.

Страшний Ігор Леонідович – кандидат військових наук, доцент, доцент кафедри автомобільної техніки Національної академії Національної гвардії України.