

УДК 355.7

О.В. Толстой

*Науковий центр бойового застосування Сухопутних військ, Одеса*

## КЛАСИФІКАЦІЯ ГУСЕНИЧНИХ РУШІВ БОЙОВИХ НАЗЕМНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

*В статті надана класифікації гусеничних рушіїв бойових наземних робототехнічних систем за конструктивним виконанням. Для підвищення надійності і довговічності гусеничних рушіїв бойових наземних робототехнічних систем сухопутних військ запропонована установка двосторонніх лінійних двигунів вздовж внутрішньої і зовнішньої поверхні верхньої вітки правого і лівого гусеничних обводів машини, які нерухомо закріплені на корпусі та за рахунок створення зон з різною магнітною провідністю в траках гусеничного ланцюга без виготовлення спеціальних феромагнітних виступів для формування та концентрації магнітного потоку.*

**Ключові слова:** класифікація, призначення, гусеничний рушій, лінійний двигун.

### Вступ

Спроби військового застосування бойових робототехнічних систем і пристроїв відомі приблизно з початку 30-х років ХХ століття. На жаль, низка надійність цих приладів і можливість керування ними тільки на основі дротових систем не сприяли їх широкому розповсюдженню. Роботи в цьому напрямку досить швидко були згорнуті.

Однак, інтенсивний розвиток автоматичної і телемеханіки, а також післявоєнна інформаційна революція розвитку техніки, яка була обумовлена появою електронно-обчислювальних машин, дозволили швидко перейти до нового етапу створення сучасних бойових наземних робототехнічних систем.

Мікромініатюризація обчислювальної техніки та техніки керування, їх виключно високі експлуатаційні якості і надійність, створення потужних малогабаритних джерел електропостачання, а також таких, що мають високу переважну здатність привідних двигунів, обумовило можливість розробки принципово нових рухомих військових бойових робототехнічних систем. Це дозволило промислово розвинути державам, таким як США, Німеччина, Японія, Велика Британія, Франція, Ізраїль і Південна Корея у достатньо короткі терміни реалізувати нові ідеї побудови бойових наземних робототехнічних систем на гусеничних і колісних шасі і почати озброєння ними сухопутних військ [2, 3, 4].

Лідером у цій області є США – на розвиток автономних бойових робототехнічних систем у період 2007–2013 роки США планують інвестувати біля 15 мільярдів доларів. Вже на цей час в США розроблена „Концепція операцій збройних автономних систем”, що підтверджує початок нового етапу розвитку теорії і практики військового мистецтва [4].

Головна мета роботизації озброєння і військової техніки сухопутних військ полягає в повному

або частковому виключенні людини із зони бойових дій. З цією метою ведуться роботи по створенню двох класів наземних робототехнічних систем – бойових і забезпечуючих.

Бойові наземні робототехнічні системи повинні мати максимальну ступінь автономності, високу мобільність і прохідність, незалежну систему навігації, уміти обходити перешкоди, долати підйоми, спуски.

### Основна частина

Умови функціонування бойових наземних робототехнічних систем обумовлені типом середовища експлуатації і характером робочого процесу, які можна розділити на дві категорії: детерміновані (визначені) і недетерміновані (невизначені).

Сучасна бойова наземна робототехнічна система – це, насамперед, транспортний засіб, який складається із корпусу, ходової частини і енергетичної установки.

Як правило, система керування встановлюється усередині корпусу. У залежності від типу середовища експлуатації ходова частина може бути гусенична, колісна, колісно-гусенична, напівгусенична, крокуюча, колісно-крокуюча, роторна, з петлевим, гвинтовим, водометним і реактивним рушіями.

На сучасному етапі розвитку бойових наземних робототехнічних систем цілком перспективним напрямком їх створення представляється перехід до модульного принципу організації їх конструктивного виконання.

Модульний принцип передбачає формування заданого технічного пристрою, або технічного комплексу у вигляді набору окремих самостійних блоків, комбінування яких дозволить у значній мірі підвищити функціональні можливості кінцевого технічного продукту.

З цієї точки зору найбільш логічним вважається розподіл на наступні блоки: корпусний блок, енергетичний блок, блок керування, блок ходової частини та блок виконавчої апаратури.

Вигляд бойової наземної робототехнічної системи в першу чергу визначається типом і конструкцією рушія, що служить для перетворення в процесі взаємодії з зовнішнім середовищем зусилля, одержуваного від двигуна, у тягове зусилля, що рухає транспортний засіб.

Вибір типу рушія і його розмірів є дуже складною задачею. Практично неможливо створити універсальну конструкцію рушія, що дає можливість однаково впевнено пересуватися в різноманітних умовах навколишнього середовища: безліч видів і властивостей основ, складні перетинання рельєфу місцевості, необхідність переміщення по елементах споруджень і усередині будинків є причиною створення великого числа компоновальних схем бойових наземних робототехнічних систем з різними типами рушіїв.

Основна увага розроблювачів приділяється різним варіантам колісного і гусеничного рушіїв. Трохи менша увага приділена крокуючому рушію. Істотно менша – іншим типам (наприклад, роторно-гвинтовому, апаратам на повітряній подушці й ін., призначеним для руху по поверхні зі специфічними фізико-механічними властивостями (заболоченим місцям, мілководдю, глибокому снігу).

Для кожного типу рушія існує своя область застосування. Так, як рушії багатофункціональної наземної робототехнічної системи, призначеної для використання на важко прохідній місцевості, вибирають гусеничний рушії, як найбільш універсальний. При переважному використанні наземної робототехнічної системи на дорогах більш кращим є колісний варіант транспортного засобу. Застосування крокуючих машин перспективно лише в середовищі, де швидкість колісного чи гусеничного рушія уступає швидкості крокуючого рушія (наприклад, у гірській місцевості, у зонах руйнувань і т.п.). При конструюванні звичайних транспортних засобів параметри рушія оптимізуються для найбільш характерних умов застосування і поверхонь руху. Однак, для наземної робототехнічної системи така оптимізація неможлива в силу невизначеності умов руху. Тому в даний час рушії роботів конструюються з можливістю адаптації до поверхні руху. У першу чергу це відноситься до малогабаритних наземних робототехнічних систем, призначених для робіт усередині будинків і споруджень, у вогнищах руйнувань, бойових і розвідувальних роботів.

Аналіз парку існуючих робототехнічних засобів свідчить, що ходова частина може мати колісний, гусеничний або змінний рушії, який змінюється з колісного на гусеничний, і навпаки. Основна увага

розробників приділяється різним варіантам колісного і гусеничного рушіїв, здатним адаптуватися до поверхні руху.

Адаптивні рушії таких роботів мають можливість зміни своїх параметрів і структури самостійно або по команді системи керування на підставі поточної інформації про умови руху з метою досягнення визначеного, як правило, оптимального стану при початковій невизначеності і умовах руху, які змінюються.

Як свідчить аналіз джерел інформації, для застосування у важких умовах експлуатації більше уваги приділяється різним варіантам гусеничних рушіїв.

На основі аналізу існуючих конструктивних схем виконання гусеничних рушіїв може бути запропонована наступна їх класифікація, яка наведена на рис. 1.

Гусенична ходова частина конструктивно більш складна, важча і менш надійна у порівнянні з колісною, але має цілий ряд суттєвих переваг, наприклад кращу опорно-тягову і профільну прохідність, більшу міцність і інші.



Рис. 1. Класифікація гусеничних рушіїв за конструктивним виконанням

Гусеничні наземні робототехнічні системи мають більш високу прохідність за рахунок надійного зчеплення з поверхнею руху, може переборювати перешкоди у виді виступів і провалів, а також пересуватися по сходах. Достойнством також є простота і відпрацьованість схеми двогусеничного рушія для традиційних транспортно-тягових машин. До недоліків варто віднести великі динамічні навантаження

при подоланні перешкод з різким наростанням крутості (окремі камені, виступи).

Відомі сучасні наземні робототехнічні системи обладнані багатопаливними дизельними, дизель-електричними, карбюраторними або обертовими електродвигунами, силовою передачею і гусеничним рушієм. У більшості випадків передача обертового моменту від енергетичної установки на гусеничний рушій здійснюється за допомогою гідромеханічної, механічної або електромеханічної трансмісії на основі обертових електродвигунів.

Недоліками відомих зразків є:

- складність та великий об'єм силової передачі;
- застосування складних гідравлічних сервоприводів і електроприводів для управління машиною;
- недовговічність гусеничного рушія, особливо ведучого колеса через значне механічне навантаження робочих поверхонь зубчатих вінців ведучого колеса;
- складність реалізації системи автоматичного керування;
- дискретність передаточних чисел для механічної трансмісії, що знижує середню швидкість руху.

У теперішній час із повідомлень закордонних джерел інформації [4] відомо, що провідними військово-промисловими корпораціями технічно розвинутих країн проводяться інтенсивні науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи щодо створення електромеханічного приводу гусеничного рушія для наземних робототехнічних систем на основі обертових електродвигунів.

Відомі електромеханічні трансмісії гусеничних машин мають 2-х 3-х ступінчаті редуктори для отримання потрібної тягової характеристики.

Одним із можливих перспективних напрямків удосконалення електромеханічних трансмісій є впровадження електроприводу з лінійними електродвигунами, обертальними двигунами оберненого виконання, або комбінованих схем з електродвигунами обертального типу оберненого виконання та лінійними двигунами разом.

Електроприводи з подібними електродвигунами дають можливість максимально спростити кінематику транспортних механізмів, зменшити втрати в передачах і підвищити надійність механізму в цілому.

На цей час це завдання можливо вирішати шляхом установки двосторонніх лінійних двигунів вздовж внутрішньої і зовнішньої поверхні верхньої вітки правого і лівого гусеничних обводів машини, які нерухомо закріплені на корпусі та за рахунок створення зон з різною магнітною провідністю в траках гусеничного ланцюга без виготовлення спеціальних феромагнітних виступів для формування та концентрації магнітного потоку.

Гусеничний рушій з безпосереднім лінійним

електроприводом, представлений у загальному вигляді на рис. 2, складається із корпусу машини 1, силового блоку лінійного двостороннього двигуна 2, жорстко закріпленого на корпусі машини 1, направляючих катків 3 та опорних катків 4, з'єднаних з корпусом машини 1 через елементи почіпки, яка теж не відноситься до елемента винаходу та гусеничного ланцюга, який складається із траків 5 з'єднаних між собою за допомогою шарнірів 6.

Силовий блок лінійного двостороннього двигуна 2, який є основним елементом гаданого винаходу, складається із корпусу силового блоку лінійного двостороннього двигуна 7, на якому закріплені постійні магніти 8, що створюють магнітний потік, шихтований магнітопровід 9 та якірні обмотки 10. Шляхова структура виконана у вигляді гусениці, траки 5 якої мають дві і більше зон магнітної провідності.

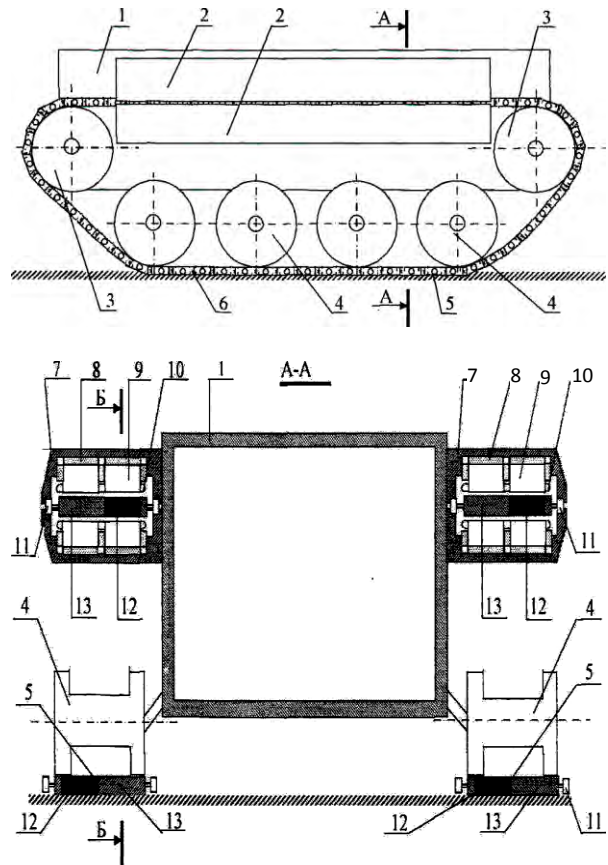


Рис. 2. Гусеничний рушій з безпосереднім лінійним електроприводом

Магнітний потік, замикаючись між нижнім і верхнім активними елементами силового блоку лінійного двостороннього двигуна 2, проходить через повітряний зазор, який забезпечується опорними роликками 11 траків 5 гусеничного ланцюга та феромагнітні зони 12, які в залежності від конструктивного виконання траків 5 створені за рахунок виготовлення траків 5 цілком із феромагнітної сталі, або установкою спеціальних вставок із магнітом'якої

сталі в траках 5 гусеничного ланцюга, при цьому друга зона, зона максимального опору проходженню магнітного потоку 13 виконується у вигляді отвору або за рахунок виготовлення траків 5 із неферомагнітних матеріалів або немагнітних сталей, в зоні електромеханічного перетворення енергії створює тягову електромагнітну силу, яка приводить у рух даний гусеничний рушій.

Гусеничний рушій з безпосереднім лінійним електроприводом працює наступним чином. В початковому стані магнітне поле постійних магнітів 8 силового блоку 2 замикаючись через шихтований магнітопровід 9, повітряний зазор, який забезпечується опорними роликками 11, які жорстко закріплені на торцях траків 5 гусениці, через феромагнітні зони 12, які створені за рахунок виготовлення траків 5 цілком із феромагнітної сталі або установки спеціальних вставок із магнітм'якої сталі в траках 5 гусеничного ланцюга, в зоні електромеханічного перетворення енергії при відсутності струму у якірних обмотках 10 ніякої рушійної сили, яка б діяла на гусениці, не викликає.

При проходженні електричного струму через якірні обмотки 10, які знаходяться під впливом магнітного поля постійних магнітів 8 відповідно з законом Біо-Савара-Лапласа, виникає тягова електромагнітна сила, яка пересуває траки 5 відносно корпусу силового блоку лінійного двостороннього двигуна 7 і приводить у рух гусеничний рушій.

Як слідує із опису конструкції гусеничного рушія з безпосереднім лінійним електроприводом, який пропонується, сумарне тягове електромагнітне зусилля складається із зусиль, що створюються як нижнім так і верхнім активними елементами силового блоку 2 лінійного двостороннього двигуна, завдяки чому тягове електромагнітне зусилля значно більше чим у прототипу.

Напівпровідниковий комутатор системи управління електричним приводом двостороннього електромеханічного гусеничного рушія з початком руху здійснює комутацію якірних секцій обмотки 10 в порядку, який відповідає напрямку руху машини.

Регулювання швидкості руху об'єкту і зміна напрямку його руху здійснюється методами, звичайними для електричних машин постійного струму.

## Висновки

Установка двосторонніх лінійних двигунів вздовж внутрішньої і зовнішньої поверхні верхньої вітки правого і лівого гусеничних обводів машини, які нерухомо закріплені на корпусі та за рахунок створення зон з різною магнітною провідністю в траках гусеничного ланцюга без виготовлення спеціальних феромагнітних виступів для формування та концентрації магнітного потоку дозволить:

- максимально спростити кінематику;
- зменшити втрати в передачах;

– підвищити надійність і довговічність бойової наземної робототехнічної системи сухопутних військ в цілому.

## Список літератури

1. Батанов А.Ф. Робототехнические комплексы для обеспечения специальных операций / А.Ф. Батанов, С.Н. Грицынин, С.В. Муркин // Специальная техника. – 1999. – №6.
2. Сайт «Мембрана» [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.membrana.ru/lenta/index.html>.
3. Сайт новостей [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.cnews.ru/newtop/index.shtml>.
4. Сайт «Ион» [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ione.ru/scripts/events.asp>.

Надійшла до редколегії 30.07.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, доцент В.В. Скачков, Науковий центр бойового застосування Сухопутних військ, Одеса.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ГУСЕНИЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ БОЕВЫХ НАЗЕМНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.В. Толстой

*В статье представлена классификация гусеничных движителей боевых наземных робототехнических систем за конструктивным выполнением. Для повышения надежности и долговечности гусеничных движителей боевых наземных робототехнических систем сухопутных войск, предложена установка двусторонних линейных двигателей вдоль внутренней и внешней поверхности верхней ветки правого и левого гусеничных обводо́в машины, которые неподвижно закреплены на корпусе и за счет создания зон с разной магнитной проводимостью в траках гусеничной цепи без изготовления специальных ферромагнитных выступлений для формирования и концентрации магнитного потока.*

**Ключевые слова:** классификация, назначение, гусеничный движитель, линейный двигатель.

## CATEGORIZATION CATERPILLAR MOVER COMBAT OVERLAND ROBOTO-TECHNICAL SYSTEMS

A.V. Tolstoi

*In article categorization caterpillar movers combat overland roboto-technical systems is presented for constructive execution. For increasing reliability and longevity caterpillar movers combat overland roboto-technical systems of the land troops, is offered installing the double-sided linear engines along internal and external surface of the upper branch right and left caterpillar dribbles of the machine, which are still bolted on body and to account of the making the zones with different magnetic conductivity in trawl caterpillar chain without fabrication special appearances for shaping and concentrations of the magnetic flow.*

**Keywords:** categorization, purpose, caterpillar mover, linear engine.