

УДК 681. 51:007.52

С.С. Ковалішин**Ю.К. Монахов****І.В. Симоненкова***Військова академія (м. Одеса), Україна*

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО КЛАСИФІКАЦІЇ НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

На основі узагальнення досвіду створення і застосування всього розмаїття наземних роботизованих комплексів військового призначення розроблено пропозиції щодо їх класифікації, з урахуванням перспективних тенденцій розвитку робототехніки у передових країнах світу.

Ключові слова: наземний роботизований комплекс, класифікація, конструктивні особливості, функціональне призначення, масогабаритні параметри.

Постановка проблеми

Як свідчить досвід передових країн світу, тенденції розвитку НРК ВП за останні роки значно змінились, отже виникає необхідність розробки пропозицій щодо уточнення й доповнення їх класифікації. Робота зі створення відповідної номенклатури НРК повинна підкріплюватися загальними стандартизованими підходами, що регулюють створення й впровадження такої техніки до існуючої системи, виключаючи дублювання й неузгодженість дій.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Аналіз останніх досягнень і публікацій свідчить про зростання уваги до питань створення НРК ВП та сприяє визначенню основних напрямків їх класифікації [1-3]. На сьогодні єдиною загальноприйнятою думкою щодо класифікації НРК не існує. Об'єктивно це обумовлено тим, що НРК здатні до виконання широкого спектру складних завдань, самостійного прийняття рішень у складних умовах, маючи високий інтелект та суттєво відрізняючись за конструкцією. Отже, для їх розподілу на групи (класи) фахівці використовують різні ознаки (показники).

Постановка задачі та її розв'язання

Мета даної роботи – дослідження й уточнення існуючих підходів до класифікації за характерними ознаками НРК ВП з урахуванням сучасного рівня розвитку НРК передових країн світу.

Актуальність досліджень пов'язана з необхідністю створення в нашій країні системи державних стандартів як для НРК в цілому, так і для окремих їхніх компонентів. Особливо гостро ця проблема стосується галузі НРК ВП, адже донедавна роботи у напрямку їх стандартизації не проводились. У даній статті запропоновано варіант узагальнення відомих з наукової літератури підходів до класифікації НРК ВП.

Виклад основного матеріалу дослідження

Вітчизняної повної класифікації та стандартизації мобільних НРК ВП на сьогодні не існує. З аналізу літератури (довідково-аналітичних оглядів, описів окремих проектів і застосувань) було складено перелік застосовуваних класифікаційних ознак і характеристик НРК.

Залежно від покладених завдань, НРК ВП, передусім, слід класифікувати за функціональним призначенням, масогабаритними параметрами, а також за конструктивними ознаками (наприклад, за типом системи управління НРК; системами енергозабезпечення; мобільністю та типом рушія тощо).

Розмаїття ознак класифікації свідчить про складність представлення об'єкта, а їх неоднозначність, яка ускладнює можливість порівняльного аналізу, підкреслює доцільність стандартизації.

1. Класифікація та основні завдання НРК ВП за функціональним призначенням

Досвід розвитку НРК ВП у передових країнах світу свідчить, що вони доповнюють традиційні види озброєння та військової техніки (ОВТ) під час вирішення різних завдань за функціональним призначенням у складних умовах обстановки. Військові НРК за функціональним призначенням доцільно розділяти на НРК для: ведення бойових дій; здійснення бойового забезпечення; організації матеріально-технічного (логістичного) забезпечення [1]. Залежно від свого функціонального призначення НРК мають виконувати певні завдання.

1.1. Основні завдання НРК ВП під час ведення бойових дій

Під час ведення бойових дій наземні роботизовані комплекси, озброєні стрілецькою та протитанковою зброєю, призначені для знищення живої сили й ОВТ противника, а також вогневого ураження найважливіших його об'єктів.

Для виконання вищезазначених завдань також можуть бути створені НРК (наприклад, робототехнічний танковий комплекс, протитанкова установка, зенітно-ракетний комплекс, вогнева точка, робототехнічний комплекс для боротьби із НРК противника), на яких, зазвичай, встановлюється озброєння серійних зразків із засобами, що забезпечують їх автоматичне застосування.

У перспективі можливе практичне застосування універсальних НРК (бойових розвідувально-ударних комплексів (РУК), які поєднують функції розвідки, ураження цілей й управління.

1.2. Основні завдання НРК ВП для бойового забезпечення

Під час ведення бойових дій, зазвичай, організуються та здійснюються основні види бойового забезпечення, а саме: розвідка, охорона, тактичне маскування, радіоелектронна боротьба (РЕБ), інженерне забезпечення, радіаційний, хімічний, біологічний захист (РХБз) військ, а під час виконання заходів бойового забезпечення здійснюється захист від високоточної зброї (ВТЗ) противника. Отже, завданнями НРК для видів бойового забезпечення, насамперед, є:

- розвідка в ближній тактичній зоні та усередині небезпечних об'єктів;
- артилерійська розвідка та надання цілевказівок для підготовки та успішного ведення стрільби наземної артилерії;
- радіоелектронна розвідка для придушення інформаційних систем противника;
- розвідка місцевості;
- охорона й оборона позиційних і прикордонних районів, місць дислокації частин і підрозділів, військових об'єктів, перехресть шляхів та патрулювання території або периметра важливих об'єктів;
- постановка аерозольних завіс (димів);
- придушення радіоелектронних систем (РЕС) противника завадами;
- порушення роботи РЕС противника за рахунок постановки аерозольних завіс для зміни умов розповсюдження електромагнітних хвиль і радіолокаційної контрастності місцевості.
- фортифікаційне обладнання та утримання опорних пунктів, загороджень;
- застосування інженерних боєприпасів та боротьба з ними;
- підтримання живучості підрозділів в умовах РХБ зараження та його ліквідація.

1.3. Основні завдання НРК ВП під час організації матеріально-технічного (логістичного) забезпечення

Основними загальними завданнями засобів роботизації й автоматизації і для тилового забезпечення, і для технічного забезпечення, передусім, є:

- автоматизація складів, роботи автотранспорту та завантажувально-розвантажувальних робіт;
- забезпечення охорони і патрулювання території важливих об'єктів;
- транспортування особливо небезпечних вантажів;
- локалізація вогню та пожежогасіння.

Крім того, для кожного з видів забезпечення існують ще й окремі види завдань для НРК:

1) *для тилового забезпечення*, насамперед, – це доставка МтЗ на бойові позиції взводних опорних пунктів, перевозка важкого вантажу підрозділів з виконанням , а також евакуація поранених з поля бою;

2) *для технічного забезпечення (ТхЗ)* – це технічна розвідка, яка проводиться з метою виявлення ОВТ, що вийшли з ладу на полі бою, та евакуація гусеничної і колісної техніки безпосередньо з поля бою.

Узагальнена схема запропонованої класифікації за функціональним призначенням надана на рис. 1.

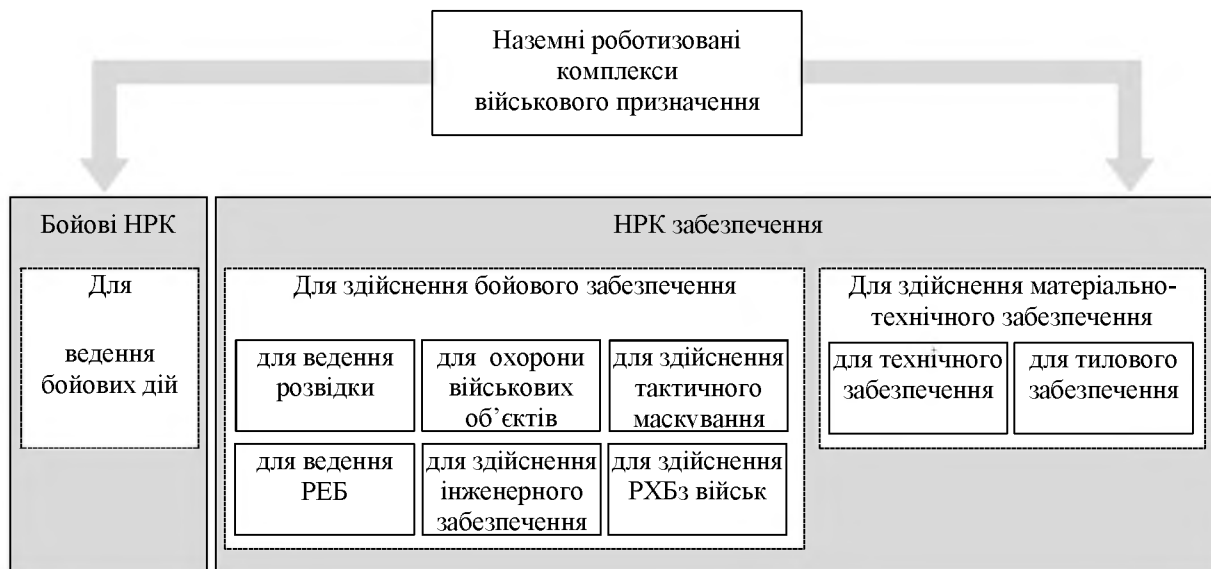


Рис. 1. Класифікація НРК за функціональним призначенням

2. Класифікація НРК ВП за конструктивними ознаками

Специфіка застосування, умови експлуатації й функціональне призначення НРК визначають його конструктивні особливості, ступінь складності системи управління, масогабаритні параметри (МГП) й состав спеціального устаткування. До НРК ВП висуваються наступні загальні вимоги: робот повинен мати високу рухливість і прохідність; високу мобільність і швидке розгортання.

Отже, НРК ВП можна класифікувати за конструктивними ознаками, а саме:

1) *за типом управління* НРК ВП поділяються на [1]:

- роботи із дистанційним управлінням (телекеровані роботи), керування якими забезпечується за допомогою радіозв'язку, лазерного зв'язку та передачею команд управління по оптичному кабелю;
- комбіновані роботи – дистанційно-управляючі системи з можливостями автономного та дистанційного управління;
- цілком автономні, інтелектуальні роботи.

Сьогодні найпоширенішими є НРК, що управляються оператором, але вони швидко удосконалюються до роботів із комбінованим типом управління. Для переходу до використання цілком автономних НРК фахівці розробляють систему управління зі штучним інтелектом. Такі НРК будуть значно випереджати людину у швидкості розпізнавання довкілля, а також точності реагування на зміни обстановки;

2) *за системами енергозабезпечення*, що мають забезпечити необхідну потужність і дальність пересування робота. Крім того, можливі додаткові вимоги щодо прихованості (зниження рівня теплового випромінювання і шуму двигуна), швидкості пересування, а також обмеження МГП. Наявність силових установок з високою щільністю енергії критична для крокуючих роботів, екзоскелетів, а також для мініатюрних роботів. Отже, розвиток робототехніки ставить нові конструкторські завдання в галузі розробки силових установок.

Існують автономні, дистанційні (по кабелю й бездротові), а також комбіновані системи енергозабезпечення НРК. Під час розробки мікророботів доцільно використовувати системи дистанційного енергопостачання по кабелю, які дозволяють НРК функціонувати майже необмежений час, але накладають обмеження на дальність його дії (100-200 м), прохідність, маневреність та керованість.

Перспективними для мікророботів є бездротові системи енергозабезпечення, які дозволяють передавати на борт мікроробота зовсім невелику потужність (не більше частки вата) на основі СВЧ радіопередавача або від зовнішніх електромагнітних полів, які створено радіо й телестанціями, лініями електропередач та лазерних фотоелектричних систем, а також від матеріалів, що володіють п'єзо-електричними й піроелектричними властивостями.

Для автономних систем енергозабезпечення застосовується силова установка, яка складається з двигуна й системи, що забезпечують його роботу за різних умов експлуатації.

Двигуни НРК діляться на первинні, які перетворюють у роботу енергію природних ресурсів (здебільшого хімічну енергію палива, а також сонячну енергію та енергію вітру), і вторинні, що перетворюють у роботу енергію первинних (електричні двигуни (ЕД), пневматичні (ПД), гідравлічні (ГД), а також п'єзодвигуни, які мають високу точність, швидкість, потужність роботи.

ЕД ефективні, їх коефіцієнт корисної дії (ККД) може становити понад 0,9, вони потужні, надійні, мають низькі МГП та здатні працювати у великому діапазоні швидкостей і моментів.

ПД та ГД прості, ефективні, безпечні, дешеві, надійні й працюють за різних умов. Основною складністю, що виникає під час роботи ПД, є охолоджувальний ефект розширення газу, який приводить до замерзання двигуна, адже використання підігріву є проблематичним.

До двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) належать дизельні (ККД = 0,3–0,45), карбюраторні (ККД = 0,25–0,3) та газотурбінні (ККД до 0,35). Більшість НРК оснащені ДВЗ, оскільки вони досить дешеві, прості в обслуговуванні, надійні, безпечні, мають невеликі МГП, дозволяють збільшити час роботи. Двигуни зовнішнього згорання можуть використовувати у ролі палива практично всі пальні речовини, недоліком таких двигунів є тривала підготовка їх до початку роботи.

3) за мобільністю, яка є однією з основних бойових характеристик НРК (НРП) ВП, адже визначає можливість самостійного пересування НРК у ході виконання бойового завдання. Мобільність характеризується технічними властивостями НРК: швидкохідністю, прохідністю, запасом ходу й транспортабельністю. Крім того, НРК залежно від своїх якостей та МГП поділяються на категорії транспортабельності (можливість швидкого перевезення НРК з одного театру воєнних дій на інший), а саме: самохідні; возимі (буксуємі, причіпні); переносні; НРК, що носяться та закидаються. Самохідні (маневрені), у свою чергу, розрізняють:

– за прохідністю: на техніку підвищеної, високої, звичайної й малої прохідності, яку можна охарактеризувати коефіцієнтом граничної перешкоди. Для забезпечення високої прохідності адаптивні рушії мають можливість зміни своїх параметрів і структури самостійно або за командою системи управління на основі поточної інформації про умови руху [3];

– за типом рушія: гусеничні, колісні, крокуючі, спеціальні та гібридні. Основна увага приділяється різним варіантам колісного та гусеничного рушіїв, дещо менше крокуючому рушію та суттєво менше спеціальним 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), а також рушіям, які дозволяють НРК переміщатися по вертикальних і похилих поверхнях об'єктів та у трубопроводах і вузьких місцях.

Узагальнену схему запропонованої класифікації за конструктивними ознаками наведено на рис. 2.

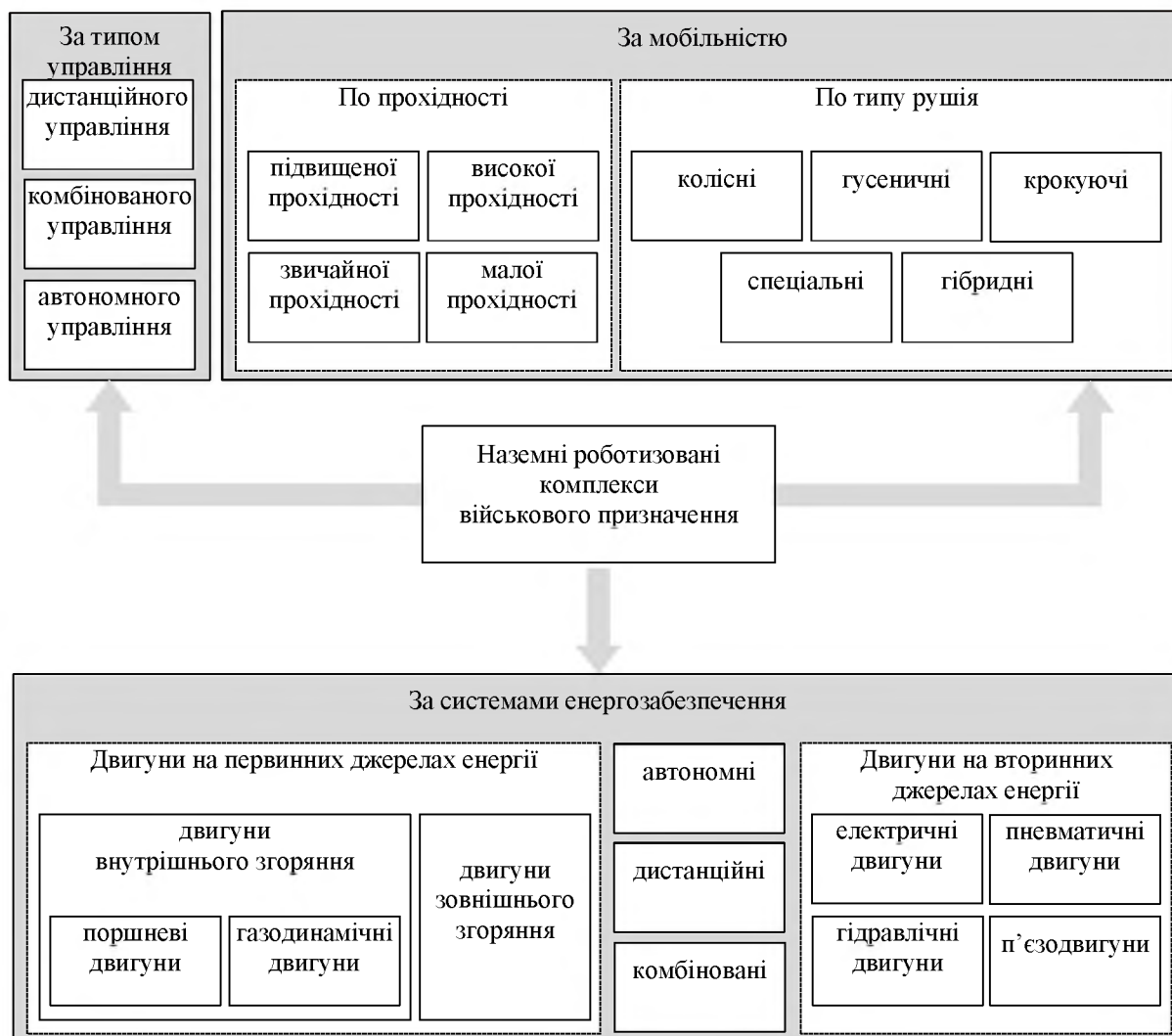


Рис. 2. Класифікація НРК за конструктивними ознаками

3. Класифікація НРК ВП за масогабаритними параметрами

3.1. Існуючі підходи до класифікації роботів ВП за масою та габаритами

У ході аналізу наукових джерел виявлено два підходи до класифікації наземних роботів ВП: перший враховує їх розміри (габарити), другий – способи їх доставки.

Відповідно до першого варіанта ознакою класифікації є співвіднесення власних розмірів роботів із розмірами фігури людини. Такий підхід є виправданим у випадку порівняння маневрених якостей роботів (рухливості, прохідності), тому що часто їх пересування відбувається в умовах інфраструктури, створеної людиною (житлові й виробничі приміщення, автомобільні дороги й т.п.) і даний варіант класифікації відображає співвідношення між розмірами робота й характерними розмірами перешкод у середовищі його функціонування.

Відповідно до іншого варіанта, ознакою класифікації є можливість доставки робота до місця виконання завдання. Такий підхід представляється більш виправданим, оскільки існує зв'язок між можливістю доставки до місця виконання роботом завдання та його вагою (масою). Далі наданий приклад опису 4-ох класів роботів за масою згідно програми JRP (США) [2], а саме:

- 1) малий легкий клас – 31–400 фунтів (14,061–181,44 кг);
- 2) малий середній клас – 401–2500 фунтів (181,894–1134 кг);
- 3) малий важкий клас – 2501–20000 фунтів (1134,454–9 072 кг);
- 4) важкий клас – понад 30000 фунтів (понад 13608 кг).

У закордонній літературі здебільшого застосовується змішаний варіант класифікації, цілком виправданий через очевидний зв'язок вагових і габаритних характеристик роботів.

3.2 Запропонована узагальнена класифікація роботів ВП за масогабаритними параметрами

Досвід розвитку роботів ВП у передових країнах світу свідчить, що з початку 2000-х років, інтенсивно будуються мобільні мініроботи (ММР), а також мікророботи (МкР) та надважкі роботи.

Запропонована класифікація роботів ВП за узагальненими 7-а групами залежно від їх МГП наведена у таблиці 1.

Таблиця 1

Узагальнена класифікація роботів військового призначення за масогабаритними параметрами

Узагальнена група	Найменування за вагою та засобам доставки	Найменування по розмірах	Характеристики кваліфікаційних параметрів			Швидкість, км/год
			маса, кг	корисне навантаження, кг	розміри	
I	Надлегкі роботи, що носяться та закидаються	мікророботи	до 1	до 0,7	максимальний габарит не більше 100 мм	0,5-4
II		мініроботи	1-12	до 10	максимальний габарит не більше 500 мм	8-12
III	Легкі переносні	малогабаритні	12-50	до 35	максимальний габарит не більше 1000 мм	15-20
IV	Легкі возимі	малорозмірні та андроїди	50-250	до 180	порівнянні з розмірами людини	40-60
V	Середні, самохідні	середній	250-1200	до 800	порівнянні з розмірами легкового автомобіля	60-80
VI	Важкі, самохідні	більший	1200-14000	до 3000	порівнянні з розмірами вантажного автомобіля або бронетранспортера	60-80
VII	Надважкі, самохідні	надгабаритні	понад 15000	до 4000	порівнянні з розмірами важкого танка	40-60

У таблиці надано границі діапазонів масогабаритних груп роботів, які визначені на основі аналізу існуючих на сьогоднішній день розробок.

До узагальненої I групи МкР належать системи з масою до 1 кг, розмірами від 1 до 100 мм.

До узагальненої II групи ММР належать НРК з масою від 1 до 12 кг, розміром до 50 см, які носяться та закидаються. Ці групи застосовуються для роботи в будинках, в умовах міського середовища та мають протиударний захист. Межа між МкР та ММР визначена зміною принципів дії силових компонентів (переходу до нового їх покоління). Найвідомішими прикладами МкР є: двоколісний японський Monsieur (вагою 12,5 г, з ультразвуковими двигунами коліс та швидкістю руху до 15 см/с), та група крокуючих мікророботів-охоронців Spawer System Center (США), кожний з яких має шість ніг. Прикладом ММР є колісно-гусеничні роботи Dragon Runner (США), Eye Drive (Ізраїль) та крокуючий Rhex (США). Гусеничне й колісне шасі ММР забезпечують діапазон максимальних швидкостей до 20 км/год.

Доцільним є відокремлення до узагальненої III групи класу легких переносних НРК (від 12 до 50 кг), які через власну вагу не можуть бути закинутими. Найвідомішими прикладами є роботи групи Packbot, SUGV (США). Застосовуються на урбанізованій або слабко пересіченій місцевості.

До узагальненої IV групи слід віднести возимі НРК (вагові категорії 50-250 кг), які здебільшого застосовуються в умовах пересіченої місцевості та мають захист від куль. Сучасні технології конструю-

вання моторно-трансмійної й ходовий частин возимих самохідних НРК дозволяють забезпечити їхній рух зі швидкостями не нижче за екіпажну бойову техніку (до 60-70 км/год. на дорогах із твердим покриттям і до 25-35 км/год. по пересіченій місцевості). Реальні швидкості НРК обмежені, передусім, можливостями системи дистанційного управління й системами зовнішнього відеоспостереження [2].

До узагальненої V групи відносяться самохідні НРК (вагова категорія 250-1200 кг). Для роботів масою до 1200 кг доцільно розробляти оригінальні платформи, що забезпечать їх функціонування в недетермінованому середовищі та можливість подолання ними перешкод, порівнянних з власними розмірами [3]. Такі НРК застосовуються на полі бою на пересіченій місцевості. Важливою тенденцією розробки НРК є підвищення захисту від куль і уламків, а також забезпечення їх «малопомітності».

До узагальненої VI групи самохідних НРК (вагова категорія 1200-14000 кг) відносять роботів, які розроблені на основі оснащення агрегатів і вузлів серійної техніки уніфікованими комплектами для їх роботизації та дистанційного управління засобами захисту від снарядів. Такі НРК знаходять застосування під час проведення робіт у небезпечних зонах і з небезпечними предметами. Перші зразки машин цієї категорії застосовувалися інженерними підрозділами ЗС США. Як свідчить досвід застосування, МГП окремих НРК значно перевищують масу, яка передбачена для узагальненої VI групи, тому доцільно запропонувати узагальнену VII групу надважких самохідних НРК (вагова категорія понад 15000 кг). До цієї групи належать роботизовані важкі танки, засоби евакуації гусеничної й колісної техніки безпосередньо з поля бою, інженерної техніки та техніки РЕБ.

Таким чином, за даними таблиці 1 сучасні НРК сильно розрізняються як за призначенням, так і за конструктивним ознакам (типом управління, системами енергозабезпечення, мобільністю та МГП).

Висновок

Розглянуто існуючі підходи до класифікації НРК з урахуванням сучасного їх рівня розвитку у передових країнах світу.

Запропоновано проводити класифікацію НРК ВП щодо:

- функціонального призначення з урахуванням стандартів НАТО;
- конструктивних ознак (типу управління, систем енергозабезпечення, мобільності);
- масогабаритних параметрів (розподілу на сім узагальнених груп).

Надані пропозиції щодо класифікації не є остаточними й можуть надалі уточнюватися залежно від розвитку НРК ВП та носять умовний характер через відсутність загальноприйнятого стандартизованого підходу. Наведений розподіл по групах є допоміжним і у подальшому може змінюватися. Результати дослідження можуть бути корисні в ході розробки вітчизняних стандартів у галузі робототехніки та можуть бути використані під час створення нових зразків НРК ВП, розробки тактико-технічних характеристик та оперативно-технічних вимог до них на базі чинних міжнародних та вітчизняних стандартів у галузі робототехніки, для коректного порівняння їх конструкційних, технічних і експлуатаційних параметрів, формування стандартних методик перевірки й випробувань.

Перспективи подальших досліджень

Перспективним напрямком досліджень є розробка пропозицій щодо класифікації гібридних транспортних засобів (UHV – Unmanned Hybrid Vehicle), а також антропоморфних, біотехнічних роботів та екзоскелетів, оскільки ці нові класи теж необхідно враховувати під час створення повної узагальненої класифікації для їх подальшої стандартизації.

Список використаних джерел

1. Батанов А.Ф. Робототехнические комплексы для обеспечения специальных операций / Батанов А.Ф., Грицынин С.Н., Муркин С.В. // *Специальная техника*. 1999. №6. – С. 10–17.
2. Машков К.Ю. Логика развития и обоснования тактико-технических характеристик наземных мобильных робототехнических средств обеспечения боевых действий Сухопутных войск / Машков К.Ю., Рубцов В.И., Федоренков А.П. // *Вестник МГТУ. Серия «Машиностроение»*. – 2013. – С. 93–99.
3. Васильев А.В. Исследование и классификация структурно-кинематических схем шасси мобильных роботов // *Перспективные системы и задачи управления: Мат. Девятой всеросс. науч.-практ. конф. Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2014. – С.115-128.*

Рецензент: В.В. Скачков, д.т.н., профессор, Військова академія (м. Одеса).

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО КЛАССИФИКАЦИИ
НАЗЕМНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

С.С. Ковалишин, Ю.К. Монахов, И.В. Симоненкова

На основе обобщения опыта создания и применения всего многообразия наземных роботизированных комплексов военного назначения разработаны предложения по их классификации, с учетом перспективных тенденций развития робототехники в передовых странах мира.

Ключевые слова: наземный роботизированный комплекс, классификация, конструктивные особенности, функциональное назначение, массогабаритные параметры.

**OFFERS ON CLASSIFICATION OF OVERLAND ROBOTIZED MILITARY
COMPLEXES**

S. Kovalishyn, U. Monahov, I. Symonenkova

On base of the generalization of the experience of the creation and using of the whole variety of overland robotized military complexes there were made offers on their classification, with provision for perspective trend of the development of the robotics in leading countries of the world.

Keywords: overland robotized complex, classification, constructive particularities, functionality, weight-and-size parameters.