

УДК 623.4.01

Ю.В. Мирончук*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного,
м. Львів, Україна*

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ НАУКОВО-МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ОБҐРУНТУВАННЯ ТИПАЖУ НАЗЕМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК

Розглянуто проблеми розробки наземних мобільних робототехнічних комплексів для потреб Сухопутних військ Збройних Сил України з урахуванням економічних можливостей держави. Проведено аналіз існуючих науково-методичних підходів обґрунтування типажу наземних мобільних робототехнічних комплексів, встановлено їх недоліки. Обґрунтовано необхідність розробки методики обґрунтування типажу наземних мобільних робототехнічних комплексів для потреб Сухопутних військ Збройних Сил України, яка враховує недоліки існуючих науково-методичних підходів.

Ключові слова: наземний мобільний робототехнічний комплекс, науково-методичний підхід, типаж, уніфікація.

Постановка проблеми

Досвід воєнних конфліктів останніх десятиліть свідчить про значне зростання можливостей сучасних засобів ураження, зокрема, підвищення їх точності, дальності, швидкості та вибіркової впливу. Суттєвий дисбаланс між досягнутим рівнем розвитку індивідуальних засобів захисту особового складу, систем захисту бойових броньованих машин та можливостями сучасних засобів ураження, підтверджується зростанням втрат особового складу в воєнних конфліктах останніх десятиріч [1].

Зазначені обставини обумовлюють необхідність пошуку шляхів зменшення втрат особового складу та підвищення ефективності застосування підрозділів сухопутних військ. Одним з таких шляхів є застосування наземних мобільних робототехнічних комплексів (НМРТК).

Аналіз сучасного стану розвитку НМРТК свідчить, що у всіх розвинених державах світу активно проводяться роботи з їх розробки [2-5]. Наприклад, в рамках виконання плану Міністерства оборони США [6] передбачається створення і впровадження у війська близько 200 типів НМРТК. Програма передбачає до 2020 року оснащення НМРТК різного призначення не менше 30 % від загальної кількості бойової техніки. На думку американських спеціалістів виконання програми призведе до суттєвого підвищення бойових можливостей збройних сил при одночасному скороченні кількості особового складу і екіпажної техніки.

На сьогодні вже сформувався широка номенклатура НМРТК, які відрізняються призначенням, тактико-технічними характеристиками та вартістю. Однією з причин цього є розрізненість підходів, які застосовуються як під час обґрунтування необхідності створення НМРТК, так і при виборі їх характеристик (параметрів) [7]. НМРТК в умовах жорсткої конкуренції розробляються, як правило, під конкретні вимоги замовника чи в ініціативному порядку. Для привертання уваги потенційних споживачів, виробники НМРТК намагаються запропонувати зразки, що максимально задовольняють потреби окремих замовників (збройних сил), а також скоротити час на розробку нових зразків, в конструкцію яких закладені передові технічні рішення. При цьому удосконалення сучасних НМРТК відбувається під впливом науково-технічних та виробничо-економічних чинників.

Забезпечення Збройних Сил (ЗС) України НМРТК є нагальною потребою. Але їх розробка в Україні має ініціативний, поодинокий характер. Розробники, якими, як правило, є невійськові підприємства, недостатньо враховують особливості ведення сучасної збройної боротьби, специфіки бойових завдань, які покладаються на НМРТК. Це не завжди позитивно впливає на правильність прийнятих рішень. Основною причиною ситуації, що виникла, є безсистемність, недостатня ефективність воєнно-наукових обґрунтувань.

Постановка завдання та його розв'язання

Необхідність забезпечення ЗС України НМРТК, існуюча у світі їх широка номенклатура, з одного боку, та обмежені економічні можливості України, з іншого, дозволяють стверджувати, що для Сухопутних військ ЗС України доцільно мати раціональний склад номенклатури НМРТК, систематизованих та уніфікованих за функціонально-конструктивними ознаками, значеннями параметрів, що забезпечують перспективну потребу військ (типаж).

Отже, виникає необхідність в науково-методичному апараті, який дозволяв би в залежності від завдань, що покладаються на НМРТК, обґрунтувати їх типаж. Це вимагає проведення відповідного аналізу існуючих науково-методичних підходів, який є метою статті.

Виклад основного матеріалу

Кожна держава для забезпечення відповідності парку НМРТК переліку завдань, які на них покладаються, обирає свої шляхи, що, як правило, визначаються воєнно-політичними поглядами на ведення збройної боротьби, рівнем розвитку технологій, озброєння та військової техніки, а також науково-технічними та виробничо-економічними можливостями.

Номенклатура НМРТК, що розробляються в США, визначається на ранніх стадіях під час розробки інтегрованої дорожньої карти розвитку безекіпажних систем на визначений період [6]. При цьому, програми розробки НМРТК військового призначення, в тому числі розроблених в ініціативному порядку, добре фінансуються. Тому дублювання досліджень і розробок великої кількості виробників НМРТК до уваги, як правило, не приймається.

В Російській Федерації, економічні можливості якої навіть не порівнюються з США, переважає такий же підхід, тому проблема оптимізації номенклатури НМРТК є актуальною і розглядається в працях [8-12].

В [8] пропонується підхід до формування технічного вигляду НМРТК, в основу якого покладено модульний принцип побудови НМРТК та реконфігурованість їх змінної структури. Запропонований підхід, на думку авторів, дозволить компонувати та корегувати склад НМРТК в процесі функціонування безпосередньо перед їх застосуванням та в ході виконання завдань. При цьому, модулі НМРТК, як гетерогенних систем, мають бути спеціалізованими для забезпечення в сукупності значно більших функціональних можливостей всієї системи, особливо по відношенню до рівня керованості та адаптивності.

Зазначений підхід передбачає обґрунтування на основі аналізу усього переліку завдань, які покладаються на НМРТК, декількох типорозмірних рядів необхідних складових частин, до яких відносяться: типові транспортні модулі (шасі); модулі, що забезпечують дистанційне керування, розвідувальні модулі; ряд бойових модулів; модулі транспортування ракет та боєприпасів до машин вогневої підтримки та зенітно-ракетних комплексів; модулі підвезення різних вантажів, пального. Послідовність формування номенклатури та технічного вигляду НМРТК цього підходу наведена на рисунку.



Рис. 1. Послідовність формування номенклатури та технічного вигляду НМРТК

Ідея, закладена в основу запропонованого підходу є достатньо зрозумілою та обґрунтованою, але, на жаль, його автори не наводять науково-методичного апарату, який дозволяє її реалізувати.

В [9] розглядаються питання обґрунтування тактико-технічних характеристик НМРТК, пропонується їх класифікація, особливості конструкції для НМРТК різних вагових категорій (оригінальні компоновки для легких та середніх НМРТК, компоновки на основі агрегатів і вузлів існуючих екіпажних зразків техніки для важких НМРТК, масою більше 1500 кг). Але основну увагу автори зосередили на визначенні показників рухомості НМРТК, зокрема, на дослідженні впливу середовища та системи технічного зору на швидкохідність НМРТК різних вагових категорій. Запропонований підхід не дозволяє визначити значення інших основних параметрів НМРТК (корисне навантаження, показники автономності), а також враховувати уніфікацію складових частин.

Методика побудови НМРТК пропонується в [10]. Вона передбачає:

1. Визначення переліку завдань, які вирішуються в безекіпажному режимі, проведення декомпозиції кожного завдання на елементарні операції. При цьому, всі операції поділяються на ті, що виконуються автоматично і ті, якими керує оператор. Для кожної операції визначаються основні параметри блоків, необхідних для її виконання та вимоги до них.

2. Розробку структурної схеми системи управління, вимог до окремих її блоків. Визначення габаритних розмірів блоків, їх розташування в машині.

3. Розробку спеціалізованих обчислювальних блоків, інформаційного, алгоритмічного та програмного забезпечення.

4. Проведення випробувань НМРТК, перевірку його функціональних можливостей і оцінку ефективності вирішення завдань.

Цей підхід характеризується універсальністю, логікою побудови та простотою. Але він розроблений для побудови систем безекіпажного управління вже існуючих зразків техніки та не дозволяє враховувати особливості НМРТК оригінальної конструкції, а також визначити показники автономності.

Аналогічні недоліки має підхід, наведений в [11], в якому запропоновано варіант розробки протимінного комплексу шляхом встановлення на існуючі зразки бойових броньованих машин додаткового протимінного обладнання, засобів виявлення та знешкодження мінно-вибухових пристроїв. До складу комплексу вводиться БПЛА з потужною телевізійною, тепловізійною та радіолокаційною апаратурою для виконання завдань інженерної розвідки. Пропонується перелік основних систем та структурна схема НМРТК розмінування.

В [12] розроблено концепцію створення автономних НМРТК, в якій детально описано основні принципи побудови, бойові завдання, способи бойового застосування робототехнічного комплексу з реактивною системою залпового вогню калібру 140 мм. Але автори не наводять науково-методичного апарату, який дозволив їм обґрунтувати основні параметри запропонованого НМРТК. Параметри обираються з вже існуючих технічних рішень.

Заслужують на увагу праці інших закордонних авторів. У статті [13] на прикладі НМРТК, призначених для розмінування, представлено підхід, що передбачає інтеграцію декількох методів побудови уніфікованих сімейств. Для визначення складових частин, які можуть бути уніфікованими або унікальними, для кожного компонента або підсистеми в сімействі НМРТК застосовуються інструменти багатовимірної візуалізації. Підхід дає можливість перейти від потреб та вимог замовника до уніфікації на рівні підсистем шасі, а не на параметричному рівні. Як визнають самі автори, використання запропонованого підходу може призвести до надмірної уніфікації складових НМРТК в межах сімейства, що практично неможливо на практиці.

В [14] наведено підхід до визначення технічних характеристик НМРТК комерційного використання, призначеного для виконання завдань в міських умовах. До недоліків зазначеного підходу слід віднести неможливість: врахування специфіки завдань, які покладаються на НМРТК військового призначення; визначення технічних характеристик гусеничних НМРТК; визначення технічних характеристик колісних НМРТК масою понад 20 кг.

Автори [15] розглядають прохідність НМРТК як один з найважливіших параметрів НМРТК. В роботі пропонується система сприйняття сенсорами опорної поверхні та навколишнього середовища, в якому виконує завдання НМРТК. Відповідно до отриманої інформації адаптивний рушій змінює свою форму, площу контакту з опорною поверхнею. У статті колісний рушій розглядається як такий, що найкраще підходить для адаптивної системи рушія. Разом з тим, запропонований підхід не дозволяє визначити значення інших параметрів НМРТК.

На сьогодні накопичено значний досвід щодо обґрунтування типажів для різної техніки, але найбільш близькі до НМРТК є науково-методичні підходи, наведені в [16-17]

Рекомендації [16] дозволяють отримати оптимальний типаж виробів загальної техніки. У даному підході використовуються методи теорії ймовірностей, математичної статистики та дискретного програмування. Алгоритм розв'язку завдання створення типажу є однією із реалізацій методу гілок і границь, приводить до точних результатів і виконується в 2 етапи:

- на першому етапі за допомогою швидкодіючого квазіоптимального алгоритму багатокрокового підбору визначають рішення даної задачі, яке є приблизним і використовується в якості початкового запису;
- на другому етапі будують дерево варіантів і визначають оптимальний типаж.

Такий підхід дає змогу визначити типаж, який повністю задовольняє попит на вироби з мінімальними сумарними затратами. Але він розроблений в умовах адміністративно-командної системи управління промисловістю та не дозволяє враховувати перехід на ринкові умови економіки, конкурентність створення НМРТК, неоднозначність описання процесу використання НМРТК.

Аналогічні недоліки має методика обґрунтування типажу машин [17], яка передбачає формалізацію невизначеності оцінок перспективних значень параметрів машин за допомогою методів теорії ймовірностей та математичної статистики. Для оптимізації значень параметрів використовуються методи теорії систем, що самоорганізуються (адаптивні алгоритми).

Результати узагальненого аналізу існуючих науково-методичних підходів обґрунтування типажів НМРТК наведено в таблиці.

Таблиця

**Результати узагальненого аналізу
наявних науково-методичних підходів обґрунтування типажів НМРТК**

Установа, автори. Рік розробки	Що дозволяє отримати	Недоліки
Middlesex University, London, Siddharth Odedra, Dr. Stephen Prior, Dr. Mehmet Karamanoglu. 2009 [15]	Технічні характеристики НМРТК	Не враховується уніфікація складових частин НМРТК, не розглядаються питання визначення показників автономності.
Управление перспективных межвидовых исследований и специальных проектов, Москва, Комченков В.И., Петров В.Ф., Симонов С.Б., Терентьев О.И. 2013 [10]	Типаж НМРТК на базі наявних гусеничних машин	1. Не дозволяє враховувати особливості НМРТК оригінальної конструкції. 2. Не розглядаються питання визначення показників автономності.
South Asian Institute of Technology, India, Pingakshya Goswami, Swaraj Boishya, Rashmi Ranjan Sahoo, M.K. Naskar. 2011 [14]	Технічні характеристики НМРТК	Підхід обмежується визначенням технічних характеристик колісних НМРТК масою до 20 кг, призначених для виконання завдань в міських умовах.
Научно-исследовательский автотомоторный институт, Москва Антипенко В.С., Кац Г.В., Петрушев В.А. 1990 [17]	Оптимальний типаж машин	1. Створені в умовах адміністративно-командної системи управління промисловістю та не враховують перехід на ринкові умови економіки, конкурентність створення НМРТК.
Державний стандарт СРСР. Москва, Трейер В.В., Озык М.Л., Пылаев А.В., Власова В.М., Писаренко О.П. 1988 [16]	Оптимальний типаж виробів загальної техніки	2. Некоректність застосування в ситуації неоднозначного описання процесу використання НМРТК.
Московский государственный технический университет им. Баумана, Машков К.Ю., Рубцов В.И., Федоренков А.П. 2013 [9]	Тактико-технічні характеристики НМРТК	Не враховується уніфікація складових частин НМРТК, не розглядаються питання визначення корисного навантаження, показників автономності.

Висновки

За результатами проведеного аналізу наявних науково-методичних підходів обґрунтування типажів НМРТК встановлено їх недосконалість. Вони не дозволяють враховувати особливості використання НМРТК, які характеризуються неоднозначністю описання процесу їхнього використання, визначати значення основних параметрів в залежності від завдань, які покладаються на НМРТК, не достатньо враховують питання уніфікації складових частин. Окремі підходи розроблені в умовах адміністративно-командної системи управління промисловістю та не дозволяють враховувати перехід на ринкові умови економіки, конкурсність створення НМРТК.

Отже, виникає протиріччя між необхідністю розробки типажу НМРТК для потреб Сухопутних військ ЗС України та недосконалістю наявних науково-методичних підходів обґрунтування типажів НМРТК. Для вирішення цього протиріччя виникає необхідність розробки методики обґрунтування типажу НМРТК, яка буде враховувати недоліки існуючих підходів, та дозволяти обґрунтувати раціональний склад їх номенклатури в залежності від завдань, що на них покладаються.

Список використаних джерел

1. Сердюк О. Залізні війни майбутнього: тренди ринку бойових роботів [Електронний ресурс] / Олексій Сердюк // Інформаційно-консалтингова компанія «DEFENSE EXPRESS». – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://defence-ua.com/index.php/statti/2225-zalizni-voyiny-maybutnoho>.
2. *The U.S. Army Robotic and Autonomous Systems Strategy / Maneuver, Aviation, and Soldier Division Army Capabilities Integration Center U.S. Army Training and Doctrine Command, Fort Eustis. – March 2017. – 31 p.*
3. *Siciliano B., Khatib O. Handbook of robotics: 2nd Edition / Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2016. – 2155 p.*
4. Дульнев П.А. К вопросу о роботизации вооружения и военной техники сухопутных войск / П.А. Дульнев // Вестник Академии военных наук. – М : Академия военных наук, 2015. – № 1 (50). – С. 113–120.
5. Корчак В.Ю. Перспективы развития наземных робототехнических комплексов военного и специального назначения / В.Ю. Корчак, В.С. Лапинов, И.В. Рубцов // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – Таганрог: ЮФУ, 2015. – № 10. – С.83–95.
6. *FY2011–2036 Unmanned Systems Integrated Roadmap / Arlington: Office of the Secretary of Defense, 2011. – 108 с.*
7. Ильин Л.Н. Проблемы создания наземной робототехники для Сухопутных войск / Л.Н. Ильин, П.А. Дульнев, В.Г. Ковалев. // Военная мысль. – 2015. – № 11. – С. 65–71.
8. Шеремет И.А. Подход к обоснованию номенклатуры и облика робототехнических комплексов Сухопутных войск / И.А. Шеремет, И.Б. Шеремет, Н.А. Рудианов. // Вооружение. Политика. Конверсия. – 2012. – № 6. – С. 3–5.
9. Машков К.Ю. Обоснование тактико-технических характеристик наземных мобильных робототехнических средств обеспечения боевых действий Сухопутных войск [Електронний ресурс] / К.Ю. Машков, В.И. Рубцов, А.П. Федоренков // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <http://engjournal.ru/catalog/machin/transport/985.html>.
10. Методика построения роботизированных безэкипажных объектов наземного базирования / В.И. Комченков, В.Ф. Петров, С.Б. Симонов, А.И. Терентьев. // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 3(140). – С. 25–30.
11. Подход к разработке мобильных робототехнических комплексов разминирования / В.Н. Шашок, С.И. Филиппов, Д.В. Багаев, А.Н. Мальшев. // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 3. – С. 58–70.

12. Мосиенко С. А. Концепция построения наземного робототехнического ударного комплекса / С. А. Мосиенко, В. И. Лохтин. – Москва: Самполиграфист, 2014. – 123 с.
13. Simpson T.W. From user requirements to commonality specifications: an integrated approach to product family design / Simpson T.W., Bobuk A., Slingerland L.A., Brennan S., Logan D., Reichard K. // *Research in Engineering Design* (Springer-Verlag London Limited). – April 2012, Volume 23, Issue 2. – P. 141–153.
14. Goswami P., Swaraj Boishya, Rashmi Ranjan Sahoo, M.K Naskar Design and Development of Unmanned Ground Vehicle for Implementation in Urban Roads /Goswami P., Boishya S., Sahoo R. R., Naskar M.K.// *IJCA Special Issue on «2nd National Conference – Computing, Communication and Sensor Network» CCSN, 2011.* – P. 15–21.
15. Odedra S. Increasing the Trafficability of Unmanned Ground Vehicles through Intelligent Morphing / Odedra S., Prior S., Karamanoglu M.// *International Conference «Reconfigurable Mechanisms and Robots» (ReMAR), King's College, 2009.* – P. 665–672.
16. Разработка типажей на изделия общей техники. Рекомендации: РВ 50-60-51-88. – Москва : Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. – 13 с.
17. Антипенко В.С. Модели и методы оптимизации параметрических рядов машин / В.С. Антипенко, Г.В. Кац, В.А. Петрушев. – Москва : Машиностроение, 1990. – 176 с.

Рецензент: О.Є. Шаталов, к.т.н., доцент, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ОБОСНОВАНИЯ ТИПАЖА НАЗЕМНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК

Ю.В. Мирончук

Рассмотрены проблемы разработки наземных мобильных робототехнических комплексов для нужд Сухопутных войск Вооруженных Сил Украины с учетом экономических возможностей государства. Проведен анализ существующих научно-методических подходов обоснования типажа наземных мобильных робототехнических комплексов, установлено их недостатки. Обоснована необходимость разработки методики обоснования типажа наземных мобильных робототехнических комплексов для нужд Сухопутных войск Вооруженных Сил Украины, которая учитывает недостатки существующих научно-методических подходов.

Ключевые слова: наземный мобильный робототехнический комплекс, научно-методический подход, типаж, унификация.

THE ANALYSIS OF EXISTING SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO SUBSTANTIATE THE RANGE OF TYPES OF UNMANNED GROUND VEHICLES FOR LAND FORCES

Y. Myronchuk

The problems of development of unmanned ground vehicles for the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine, taking into account the economic possibilities of the state, are considered. The analysis of existing scientific and methodological approaches to substantiate the range of types of unmanned ground vehicles and their shortcomings has been established. The necessity of developing a method for substantiating the range of types of unmanned ground vehicles for the needs of the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine, which takes into account the shortcomings of existing scientific and methodological approaches, is substantiated.

Keywords: unmanned ground vehicle, scientific and methodical approach, range of types, unification.