Військово-технічні проблеми

УДК 629.113.001(075.8)

DOI: 10.30748/soivt.2020.62.01

М.Г. Грубель¹, Л.В. Крайник², А.М. Андрієнко¹

¹Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного, Львів

²Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна

ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ЩОДО ПРОХІДНОСТІ КОЛІСНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

У статті виконано порівняльний аналіз нормативних законодавчих баз країн НАТО та Росії щодо прохідності колісної військової автомобільної техніки (ВАТ) вимог та методів оцінки. Встановлено, що у країнах НАТО чинними є стандарти, які для експериментальної оцінки несної здатності опорних поверхонь (ОП) руху, ґрунтується на використанні конусного індексу *CI* (англ. *Cone index*), який на відміну від характерного для України «радянського підходу», комплексно враховує вологість ґрунту, характеристики ОП театру бойових дій та дозволяє за допомогою стандартизованого програмного комп'ютерного забезпечення визначати найбільш раціональні маршрути і орієнтовні швидкості руху відповідних переміщень колісної ВАТ. Сформовано порогові значення показників опорної і профільної прохідності залежно від категорії та класу колісної ВАТ. Сформована класифікація ВАТ за прохідністю, яка дозволила розмежовувати класи за повною масою перспективних зразків колісної ВАТ та визначити порогові значення регламентованих показників профільної прохідності при яких забезпечується рух зразків колісної ВАТ: глибину броду, максимальні кути підйому та косогору, висоту порогової перешкоди, ширина рову (окопу). Опрацьовані методичні засади експериментальної оцінки опорної прохідності та визначення максимальних швидкостей руху ВАТ для найбільш характерних типів ОП. З метою визначення прохідності зразків колісної ВАТ за показником *ММР* (англ. *Mean measure pressure*) методику його визначення удосконалено для врахування особливостей компоновки зразків колісної ВАТ. Сформовано основи національного стандарту ДСТУ-В “Військова автомобільна техніка. Прохідність та методи оцінки”.

Ключові слова: бездоріжжя, опорна прохідність, профільна прохідність, експериментальна оцінка прохідності, опорна поверхня, прохідність та методи оцінки, зразки колісної ВАТ.

Вступ

Постановка проблеми. Згідно Постанови Кабінету Міністрів (КМ) України від 09.12.2014 № 695 та відповідного наказу ДП УАНЦП Міністерства економічного розвитку від 14.12.2014р за № 188 в Україні втратив чинність з 01.01.2015 р Державний стандарт колишнього СРСР – ГОСТ 22653-77 і єдиним чинним щодо вимог та оцінки прохідності колісної ВАТ залишається ГОСТ В 26442-85[1]. У Росії з 2004 року прийнято новий ГОСТ РВ 52048-2003 [2]. Спільним недоліком радянського ГОСТ В 26442-85 і сучасного російського ГОСТ РВ 52048-2003 є фактична відсутність можливості практичного використання в діяльності військових частин. Це пов'язано з тим, що визначальний показник опорної прохідності бездоріжжям “найбільша питома сила тяги на буксирному гаку” на 4 типах ОП – вкрай складно застосувати при плануванні переміщення колісної ВАТ конкретною місцевістю. Відсутня

також і оцінка несної здатності ОП, визначення фізико-механічних характеристик ґрунту в режимі реального часу. Процедура експериментальної оцінки фізико-механічних характеристик ОП громіздка та відображена у інших стандартах, не пов'язаних із зазначеним ГОСТ В 26442-85 і фактично не регламентована у ГОСТ РВ 52048-2003. Прийняті показники оцінки прохідності не пов'язані з відповідними показниками несної здатності ОП.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Військові стандарти країн НАТО у цій сфері насамперед США та Англії [3–4] починаючи з II світової війни, навпаки зорієнтовані на практичне використання у військах. Вони дозволяють експериментальну експрес-оцінку несної здатності ОП на підставі одного комплексного показника – т.зв. конусного індексу *CI* [5], а також містять відповідні вимоги щодо прохідності різних класів ВАТ та методи оцінки їх відповідності. Оцінкові показники прохідності ВАТ у країнах НАТО базуються на двох методи-

ках – *ММР* [4] максимальний питомий тиск у контакті шини з ОП, або т.зв. *MN* (англ. mobility number) – індекс прохідності [3], порогові значення яких для різних класів БАТ, зазначені у стандартах і легко визначаються за технічними та конструктивними параметрами конкретної моделі колісної БАТ. Надалі вони використовуються для розрахунку максимально можливої швидкості руху конкретної моделі колісної БАТ даною місцевістю за допомогою стандартизованого програмного забезпечення і визначення значень СІ для даної ОП [6].

Таким чином, слід констатувати ґрунтовні відмінності у нормативних базах вимог щодо прохідності БАТ у Росії (СРСР) та країн НАТО. В основу останніх покладено практичну цілеспрямованість оцінки прохідності БАТ конкретними типами бездоріжжя з формуванням:

- диференційованих вимог щодо прохідності колісної БАТ різних категорій за цільовим призначенням та вагових класів повної(бойової) маси;
- уніфікації вимог щодо профільної прохідності (в т.ч. кліренсу та колії) щодо відповідних категорій і класів колісної БАТ;
- визначення порогових (мінімально необхідних рівнів) значень базового, визначального конструктивного показника опорної прохідності *ММР* [7] відповідно різних класів колісної БАТ;
- обчислення базового показника фізико-механічних характеристик ОП СІ з розмежуванням значень для домінуючих статистично типів і станів основних ОП.

Мета статті. Враховуючи очевидну практичну цілеспрямованість такої нормативної бази у військових операціях та законодавчо визначеної в Україні гармонізації з стандартами НАТО необхідне опрацювання, як відповідного національного стандарту щодо вимог та методології оцінки прохідності БАТ ДСТУ-В “Військова автомобільна техніка. Прокідність та методи оцінки”.

Виклад основного матеріалу

Формування національного стандарту щодо оцінки прохідності колісної БАТ обумовлює необхідність і паралельного опрацювання ще певних нормативних актів-стандартів щодо:

- експериментального визначення і засобів оцінки фізико-механічних характеристик (властивостей) ґрунтів – ОП на базі конусного індексу СІ та відповідного міжнародного стандарту ISO 22746-1:2012 [5]. Останній вже прийнято з 01.01.2020 у Росії, як ГОСТ Р [8], що свідчить про очевидний порух у відповідному оновленні нормативної бази у Росії;

- нормативного врегулювання технічних вимог до колісної БАТ, оскільки очевидна тенденція виділення військових колісних машин у спеціально ско-

нструйовані автомобілі-шасі, що не застосовуються у інших сферах життєдіяльності-починаючи з проекту HMMWV у США, АСМАТ у Франції, IVECO ОТО MELARA в Італії і т.п. Використання т.зв. багатоцільових автомобілів обмежується у сучасних арміях тиловим транспортом або ешеленом вогневої чи інженерної підтримки. Актуальні для колісної БАТ вимоги балістичного та протимінного захисту, зрештою і прохідності бездоріжжям та електромагнітної завадостійкості обумовлюють відповідні відчутні зміни і у загальній компоновці шасі автомобіля та мехатроніці силового приводу колісної БАТ у порівнянні до повнопривідних автомобілів у інших сферах використання (лісове та сільське господарство, нафтогазовий комплекс і т.п.);

- нормативного врегулювання загальних технічних вимог до колісної БАТ, насамперед шин, а також альтернативних силових приводів (гібридного за паралельною схемою), як засобу автономного приводу при виході з ладу базового дизельного двигуна, або ж з умов локації зразка колісної БАТ за тепловим випромінюванням у інфрачервоному спектрі і т.п.

Основою сучасних нормативних вимог щодо оцінки відповідності прохідності колісної БАТ, власне опорної є однозначна кількісна фіксація фізико-механічних характеристик ОП на відміну від узагальнення вимог у [1] – як наприклад розмоклі на глибину не менше 0,1 м ґрунті (суглинок або чорнозем) ОП при температурі повітря вище 0°C і бажано при морозячих опадах “мжичці”, що допускає 4-5 кратні коливання базових показників деформації ОП – СІ або модуля деформації ґрунту E [10]. Експериментальна оцінка характеристик ОП під час випробувань колісної БАТ за допомогою конусного індексу СІ, регламентованого як базовий показник у країнах НАТО, повинна здійснюватися згідно стандартизованих вимог [5] з використанням пенетрометра з конусним наконечником (кут конуса 30°) площею 0,5 кв. дюйма (3,23 см²). Швидкість вдавлювання в ОП штанги наконечника повинна складати 3см/с до глибини 25 см. Слід зазначити, що практика використання пенетрометра ПТ-1, дещо іншого конструктивно застарілого, для якого характерне використання відчутно більших конусних наконечників, характерна для підрозділів інженерних військ при наведенні переправ через водні перешкоди і оцінки несної здатності під’їздів до переправ.

Наступним базовим елементом стандарту щодо прохідності є квантифікація вимог до показників прохідності стосовно різних класів колісної БАТ, при цьому ототожнювати вимоги до бойових броньованих машин (ББМ) та тилового транспорту недоцільно. З аналізу узагальнення практики та нормативних баз країн НАТО [11–13] слід констатувати доцільність диференціації вимог щодо

прохідності 4 категорій (типів) колісної БАТ: I – спеціальні ударні автомобілі (СУА); II – тактичні автомобілі; III – сідельні тягачі; IV – машини тилового (транспортного) забезпечення.

У кожній зазначених категорій (типів) колісної БАТ прийнято також вирізняти класи за повною (бойовою) масою, або частіше за вантажністю. Поряд з тим, з умови прохідності визначальною є повна (бойова) маса. У ФРН, наприклад БАТ класифікується за повною (бойовою) масою, а в у арміях США та Великобританії – за вантажністю [3–4; 14], що більш зручно при використанні колісної БАТ у військах.

Існуюча велика різноманітність сучасної колісної БАТ та її класифікація, поділ за вантажністю чи бойовою масою, дозволяє за вище вказаними категоріями формувати типаж колісної БАТ та відповідно довгострокові 12-15 річні програми розвитку та оновлення парку БАТ, як наприклад нещодавня програма – стратегія розвитку парку тактичних автомобілів сухопутних військ армії США на період 2007-2025 рр., що у червні 2010 р. була представлена і затверджена Конгресом США [15–16].

Таким чином в основу розроблюваного ДСТУ-В слід покласти як узагальнені, близькі до типових у країнах НАТО, вимоги щодо:

- порогових, кількісно визначених значень показників профільної та опорної прохідності для найбільш характерних типів ОП прохідності колісної БАТ залежно від категорії (типу) за цільовим призначенням I-IV;

- методів і засобів кількісної оцінки прохідності на відповідність вимогам під час приймальних випробувань з одночасною фіксацією кількісних значень несної здатності випробувальної ділянки ОП показником несної здатності СІ за допомогою пенетрометра, уніфікованого за конструктивними характеристиками конуса з міжнародним стандартом ISO та НАТО;

- формування методичних нормативних основ

практичної оцінки прохідності бездоріжжям конкретно місцевістю під час планування та проведення бойових дій безпосередньо у військах у режимі реального часу з формуванням очевидно окремої настанови з відповідним програмним забезпеченням.

Формування вимог щодо конструктивних показників прохідності обумовлених самою конструкцією машини базується на диференціації щодо сфери застосування – вищезазначених категорій колісної БАТ, а також за загальноприйнятим у т.ч. і у НАТО, поділом на класи – за вантажністю або повною (бойовою) масою. Останнє є більш прийнятним у порівнянні до вантажності, як з точки зору міжнародної нормативної бази в автомобілебудуванні в Україні та ЄС – правила ЄЕК ООН. Це також впливає і з умов використання машин (шасі) з різними варіантами забудови, в т.ч. з різним рівнем балістичного та протимінного захисту, що суттєво впливають на вантажність машин на одному і тому ж шасі. Зрештою, є цілі класи колісної БАТ з забудовою під системи вогневої підтримки чи системи зв'язку, інженерного забезпечення де поняття вантажність є взагалі розмите або відсутнє. У військовій сфері повна, тобто технічно номінальна маса колісної БАТ практично ототожнюється з бойовою, тому на наш погляд доцільне розмежування кожної з вищезазначених категорій на класи за повною (бойовою) масою, що відрізняються від прийнятих для колісних транспортних засобів загального призначення:

- повна маса до 5,5т (клас 1) – легкі або малотоннажні зразки колісної БАТ (Light);

- повна маса від 5,5 до 12т (клас 2) – середні зразки колісної БАТ (Medium);

- повна маса від 12 до 24т (клас 3) – важкі зразки колісної БАТ (Heavy);

- повна маса понад 24т (клас 4) – надважкі зразки колісної БАТ (Ultra heavy).

Сформована таким чином класифікація БАТ з умов прохідності наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Класифікація колісної БАТ за прохідністю

Показники	Класи БАТ за прохідністю															
	Легкі (Light)				Середні (Medium)				Важкі (Heavy)				Надважкі (Ultra heavy)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Питомий тиск (ММР) на ОП, кПа, не більше МРк	280				350				450				700			
Питома потужність не менше кВт/т (для повної маси)	22	19	16	11	19	16	11	9	19	16	11	9	12	10	8	6
Дорожній просвіт, мм	400				300				300				200			

Закінчення табл. 1

Кути: в'їзду, град з'їзду, град	45 40	40 38	40 38	40 38	40 38	40 38	35 30	30 25
Колія, мм	1900-2000		1900-2000		1900-2000		—	
Висота порогової перешкоди, не менше, м	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	0,5	0,25	0,3
Максимальний кут підйому, не менше, град	35	32	32	30	32	30	28	26
Максимальний кут косогору, не менше, град	30	30	28	28	28	28	26	26
Глибина броду, м	0,75		0,75		0,75		0,5	
Мінімальна ширина подоланого рову, м (при $V=20$ км/год) не менше	1,0		1,0		1,0		—	
долання під кутом 45°	0,75		0,75		0,75		—	
долання під кутом 90°								

До регламентованих показників профільної прохідності традиційно належать також:

– глибина броду (проїзд водойми або водної перешкоди) h_0 ;

– максимальні кути підйому та косогору сухої бетонної ОП при якому забезпечується рух колісної БАТ;

– мінімальна висота порогової перешкоди – вертикальної стінки, яку здатна подолати БАТ без попереднього розгону;

– мінімальна ширина рову (окопу), яку здатний подолати зразок колісної БАТ при регламентованій швидкості, як під кутом 45° до перешкоди (рову), так і перпендикулярно, під кутом 90° до лінії розміщення рову (окопу).

Опорна прохідність колісної БАТ формується, як конструктивними характеристиками конкретної моделі колісної БАТ, так і несною здатністю, деформацією ОП конкретного бездоріжжя. Очевидно, що при визначенні вимог до конструкції колісної БАТ у нормативну базу слід закласти певні порогові значення показника, що пов'язаний з технічними параметрами машин на відповідний вибір яких впливатимуть вимоги стандарту при проектуванні, починаючи з етапу технічного завдання.

При формуванні нормативних вимог щодо профільної прохідності для СУА та тактичних автомобілів з аналізу [3–4; 12; 17] потрібно виділити дві суттєві відмінності від російських (радянських) стандартів:

– мінімальне значення кліренсу машин повинно збільшитись і відповідати сучасним вимогам НАТО більше 380-400 мм;

– максимальне співпадання колії різних класів

машин, насамперед мало і середньотонажних, що становлять біля 25-90% чисельності парку БАТ сучасних передових армій;

– збільшення кутів в'їзду/з'їзду (рис. 1) до стандартних у НАТО відповідних значень 45° та 40° .

Щодо необхідності збільшення кліренсу, то слід зазначити, що в Україні у 95% випадків висота злежалого снігу на відкритій місцевості всередині та наприкінці зими не перевищує 30-40 см [18]. Це дозволяє суттєво підвищити мобільність переміщення колісної БАТ засніженою місцевістю не створюючи суттєвого додаткового опору рухові, внаслідок просідання ведучих мостів і днища машини на масив снігу та створення т.зв. “бульдозерного” ефекту і суттєвого зростання пробуксовування ведучих коліс, у т.ч. через зменшення сили зчеплення ОП. Норма щодо кліренсу машин актуальна для абсолютної більшості країн НАТО за винятком Канади та країн Скандинавії, у яких вона давно реалізована і зрештою позитивно впливає на прохідність колісної БАТ заболоченим бездоріжжям.

Вимога щодо однотипності колії, на відміну від Радянської БАТ, де практично кожна модель мала свою оригінальну колію – від 1453 мм в УАЗ, 1750(1800) мм в ГАЗ-66, до 2000(2010) мм Урал, КамАЗ, у практиці НАТО обумовлена значно нижчим опором рухові наступних після першої машини, відповідно відчутно меншими витратами палива, енергозатратами і можливістю збільшення середньої швидкості переміщення БАТ по вже прокладеній колії за рахунок ущільнення ОП [7]. З аналізу доступних досліджень слід констатувати, що середня швидкість переміщення колон БАТ НАТО бездоріжжям у 1,5-2 рази вища у порівнянні до звичних

значень для ВАР радянських військ.

Регламентация та підвищення кутів в'їзду, з'їзду (рис. 1) обумовлена не тільки вимогами підвищення прохідності горбистою місцевістю, але і зростаючими вимогами щодо подолання природних штучних перешкод, зокрема однозначним збільшенням висоти штучної порогової перешкоди, як правило біля 60% від діаметру колеса (рис. 2).

Вимоги і оцінка опорної прохідності у норма-

Рис. 1. Показники профільної прохідності

Очевидно, що оцінка опорної прохідності базовими показниками згідно ГОСТ [1–2] – питомим тиском та тяговим зусиллям на буксирному гаку є малоінформативною для забезпечення переміщення військ конкретною місцевістю. Зрештою це стосується і більшості інших альтернативних чи доповнюючих показників [19], опрацьованих радянською науковою школою, що як правило є інформативними для стадії проектування, доводки та дослідження колісної ВАР. Логічно, що у реальних ситуаціях важливою є оперативна оцінка прохідності чи непрохідності конкретної ділянки місцевості для конкретного типу, моделі колісної ВАР, та у випадку підтвердження прохідності, оцінка максимально можливої швидкості руху, зазначеного зразка колісної ВАР цією ділянкою. Остання вже не входить у функції стандарту, що повинен забезпечити – надати інформацію щодо відповідних показників опорної прохідності даної моделі колісної ВАР за результатами приймальних випробувань, як вхідної інформації для теж стандартизованої у НАТО комп'ютерної програми моделі руху ВАР за заданим маршрутом з характеристиками ОП – *NRMM* (англ. – NATO Reference Mobility Model) [6; 20–21]. Крім цього очевидним і зрозумілим є те, що розроблення такої комп'ютерної моделі у програмному середовищі MATLAB Simulink для безпосереднього використання у військах є паралельним етапом робіт

тивних баз країні НАТО кардинально відрізняється від звичних в СРСР Росії. Насамперед, це стосується кількісної, а не тільки якісної оцінки визначення опору деформації фізико-механічних характеристик ОП та задання мінімальних порогових значень конструктивних показників прохідності для відповідних категорій і класів ВАР, що характеризуються навантаженням на ОП – питомий тиск у контакті шини з дорогою.

Рис. 2. Схема подолання порогової перешкоди

[7; 10; 18] до опрацювання проекту національного стандарту щодо прохідності колісної ВАР.

З аналізу опублікованих досліджень [6–7; 20–23] випливає, що у Європейських країнах НАТО (Англія, ФРН [4–21]) визначальним конструктивним показником прохідності колісної ВАР є т.зв. максимальний ефективний тиск шин ВАР на ОП – *MMP* введений у практику центром науково-дослідних робіт у сфері озброєння Великої Британії *RARDE* (англ. – Royal Armament Research Development Establishment) ще з 1970-х років.

Разом з тим, як засвідчили і результати аналізу та досліджень в т.ч і експериментальних, показник *MMP* базується на звичній для європейських армій НАТО однотипності компоновки автомобілів одного класу.

В Україні на сьогодні у військах використовуються різні за компоновкою і відповідно нерівномірним розподілом навантажень на осі зразки колісної ВАР одного і того ж класу. Як приклад КамАЗ-4310 з безкапотною компоновкою і Урал-4320 з капотною компоновкою, або відповідно МАЗ-6317 та КрАЗ-6322. Експериментально підтверджено, що реальна опорна прохідність при співставимій повній масі є дещо кращою власне у машин капотної компоновки, де менше навантаження на передню вісь, як приклад, результати досліджень ідентичних за повною масою і силовим приводом та шинами

УРАЛ-4320 і КамАЗ-4311. Ця ж ситуація повторюється і для МАЗ-6317 та КрАЗ-6322. Однак за показником *ММР* ці машини ідентичні, табл. 2.

Таблиця 2

Показники конструктивної опорної прохідності *ММР* колісної БАТ.

Модель	УАЗ-3151	ГАЗ-66	ЗІЛ-131	УРАЛ-4320	КамАЗ-4310	КрАЗ-5233	МАЗ-6317	КрАЗ-6322
Повна маса, кг	2440	7770	10185	13215	15205	17300	25150	22800
Тип шини	215/90R15	12.00R18 320x80R4 57	12,00R 320R508	390/ 95R20	ИП-184 1220x400 -533	550/ 75R21	530/ 70R21	530/ 70R21
<i>ММР</i> , кПа	304	406	408	475	539	580	545	546
<i>ММР_к</i> , кПа	236	414	344	441	524	490	483	438

Реально опорну прохідність і технічно максимальну швидкість руху бездоріжжям формує власне передня вісь машини, що практично прокладає колію, глибина якої залежить насамперед від навантаження на цю вісь та розмірних характеристик і протектора шини. Зрозуміло, що особливість компоновки можна врахувати, якщо у розрахунок показника *ММР* внести дані не повної маси автомобіля W_a з емпірично визначеними коефіцієнтами кількості осей k , а безпосередньо навантаження на переднє колесо або передню вісь W_k з врахуванням розподілу тиску на 2 колеса. При цьому виникає проблема набору достатньої бази експериментальних даних і статистичного узагальнення впливу кількості ведучих осей k на формування логічно модифікованого показника прохідності *ММР_к*, що уже враховує компоновку і нерівномірність розподілу навантажень на передні та задні осі:

$$ММР_k = \frac{k_1 \times W_k}{2 \times n \times e^{0,85} \times d^{1,15} \times \sqrt{\frac{\delta}{h}}},$$

де k_1 – коефіцієнт осей (табл. 3 [7]); W_k – навантаження на передню вісь кН.

Крім того очевидно необхідне відповідне дослідження щодо можливого коригування значень емпіричного коефіцієнта k_1 у порівнянні з відомими значеннями k . Нормативна база окрім вимог щодо необхідних порогових мінімально допустимих значень профільної та опорної прохідності колісної БАТ повинна також регламентувати і процедуру оцінки відповідності конкретних зразків колісної БАТ цим вимогам. Несна здатність, фізико-механічні характеристики навіть одного типу ОП, суглинка чи супіску та ін., мають однаковий діапазон коливань значень оцінкових показників СІ чи прийнятого у Росії (СРСР) модуля деформації ґрунту E залежно від вологості, фракційного складу і т.п. Отже і експериментальна оцінка відповідності пока-

зників ОП прохідності повинна здійснюватися на дослідній ділянці бездоріжжя з чіткою кількісною оцінкою показника – характеристики СІ.

У порівнянні з випробувальними центрами БАТ у Європі включно і армії США у м. Lauterbach, ФРН для України характерною є звична частина території з чорноземами (переважно Центральна і Східна Україна), торфовищами (Волинь, Північ України) та піщаними ОП (Херсонська та Миколаївська обл.). Значні, півтора-трикратні діапазони коливань значень СІ при однаковій вологості для кожного з вище зазначених зв'язних ОП (глина, суглинок-чорнозем, торфовища), обумовлюють доцільність введення як типових випробувальних ділянок, власне чорнозем зораний з вологістю 30-40% та землистий торф (вологість на межі пластичності у перелік нормативних типів ОП щодо експлуатаційної оцінки прохідності (поряд з звичними типами ОП як пісок, супісок, суглинок).

Метою цих випробувань при визначених кількісно значеннях СІ є експериментальна оцінка максимально можливих технічних швидкостей руху конкретного зразка колісної БАТ на відповідних категоріях ОП, а також співставлення з аналогічними показниками інших моделей БАТ у т.ч. з умов формування пріоритетів послідовності розміщення машин у колоні з різномарковою технікою.

Окрім фіксації технічно можливої максимальної швидкості для даних типових ОП важливим оцінковим показником є глибина колії, що визначальним чином корелює з навантаженням на вісь та розмірністю шин. Вона фіксується після проїзду по ній досліджуваного зразка колісної БАТ. Для важких розмочених ґрунтів зораний чорнозем або глина, торфовища та сапропелі, які є характерними для України, дослідження необхідно проводити як при номінальному тиску повітря у шинах так і при прийнятому у НАТО зниженому до 30% від номінального – з відповідним перерахунком *ММР* (*ММР_к*) зі

збільшення площі контакту шини з ОП.

Відповідно і опрацьована подальша методика оперативної оцінки прохідності колісної БАТ конкретною місцевістю з отриманими значеннями конусного індексу СІ ОП, що покладена в основу відповідної комп'ютерної моделі розрахунку максимально можливої швидкості руху зразка БАТ цією місцевістю. Або ж просто оцінки прохідності шляхом співставлення з відповідними табульованими значеннями настанови [7]. Ще однією обставиною, що формує реальні швидкості руху колісної БАТ бездоріжжям є віброколивний дискомфорт, що суттєво впливає на ефективність роботи екіпажу. Оцінка даного впливу та рекомендації щодо порогових, гранично допустимих значень віброколивних навантажень на організм людини достатньо висвітлені, як

у наукових дослідженнях щодо колісної БАТ у Росії [26–27] так і країн НАТО [28]. Вони знайшли своє відображення також і у стандарті ISO [29] та комп'ютерній методиці *NRMM*, як обмежувач технічно можливої швидкості руху [6]. Очевидно, що у стандарті щодо оцінки прохідності методом випробувань при визначенні максимальної можливої швидкості руху повинні бути закладені відповідна апаратура фіксації віброколивних навантажень на екіпаж з обмеженням максимальної швидкості руху при досягненні граничних рівнів порогових значень віброколивних навантажень. Структура проекту національного стандарту щодо оцінки прохідності колісної БАТ ДСТУ-В “Військова автомобільна техніка. Прохідність та методи оцінки відповідності” наведено на (рис. 3).

Рис. 3. Структура проекту національного стандарту щодо прохідності колісної БАТ

Беручи до уваги нагальну потребу, як для приймальних випробувань нових зразків колісної БАТ в Збройних Силах (ЗС) України так і з умов використання безпосередньо у військових частинах, доцільним є також розроблення технічної настанови, як додатку до ДСТУ В, або ж окремо керівні технічні матеріали (КТМ), за прикладом з часів СРСР т.зв. РТМ (рос. Руководящих технических материалов), щодо оцінки опорної прохідності конкретних типів колісної БАТ. У вказаних документах необхідно

визначити аналоги за навантаженням *MMP* на ґрунт під табульовані значення характеристик СІ, у т.ч. з еквівалентним перерахунком значень отриманих на основі наявних у інженерних військах пенетрометрів ПТ-1, принаймні для декількох значень вологості ОП. Крім того, надання ще відповідних попередньо обчислених на базі імітаційного моделювання [7] значень технічно можливих швидкостей руху колісної БАТ, на перехідному етапі розроблення національної нормативної бази і відповідних настанов з

технічним та програмним забезпеченням в ЗС України з умов гармонізації з відповідними регламентами НАТО відіграло б позитивну роль у підвищенні ефективності використання ВАТ у військових частинах.

Висновки

1. В Україні фактично відсутня національна нормативна база щодо вимог і методології оцінки відповідності основних тактико-технічних характеристик та прохідності колісної ВАТ

2. Парк ВАТ ЗС України є найбільшим у порівнянні з арміями Європейських країн біля 85-90% чисельності складає автотехніка ще радянського виготовлення автозаводів, що територіально в Росії. Ще під час виготовлення у 1980х роках більшість цих автомобілів і шасі не відповідали тодішнім вимогам щодо ТТХ, зокрема прохідності (моделі УАЗ, ГАЗ, ЗиЛ, Урал) розробки 1950-х рр. впродовж війни очевидна життєва необхідність значного оновлення заміни парку ВАТ, що повинна здійснюватися на основі відповідно опрацьованої цільової державної програми на основі сучасних вимог і тенденцій розвитку.

3. Розроблення проекту ДСТУ В “Військова автомобільна техніка. Прохідність та методи оцінки” повинно базуватись на диференціації норм та методів оцінки прохідності щодо класів вантажності колісної ВАТ, їх призначення та бути гармонізованим з аналогічним національними стандартами країн-учасників НАТО та практикою їх використання у повсякденній діяльності військових частин.

4. Очевидна необхідність розроблення супутньої нормативної бази щодо загальних технічних вимог до колісної ВАТ, окремих базових конструктивних і експлуатаційних характеристик, як основи формування і відповідної державної цільової програми оновлення і розвитку парку ВАТ ЗС України, відповідного типуажу і модельного ряду виробництва ВАТ. Окремо слід зазначити і актуальність оновлення національного стандарту щодо несної здатності – фізико-механічних характеристик ґрунтових ОП гармонізації з ISO 22476-1:2012.

Список літератури

1. ГОСТ В 26442-85. Автомобили многоцелевого назначения. Параметры проходимости и методы их определения. – М., 1983. – 9 с.
2. ГОСТ РВ 52048-2003. Автомобили многоцелевого назначения. Параметры проходимости и методы их определения. – М., 2003. – 11 с.
3. Standard for Ground Vehicle Mobility. – Режим доступу: <https://www.semanticscholar.org/paper/Standard-for-Ground-Vehicle-Mobility-Baylot-Gates/7a6b27a8fb14341694553d985fcc5ba1741d599f>.
4. DEF STAN 23-6. Guide to the Common Technical Requirements for Military Logistic Vehicles and Towed Equipment. – Режим доступу: <https://www.standards.globalspec.com/std/244958/def-stan-23-6>.
5. ISO 22476-1:2012 Geotechnical investigation and testing. Field testing. Electrical cone and piezocone test. – 2012. – 28 p.
6. Lessem A. Stochastic vehicle mobility forecasts using the NATO reference mobility model / A. Lessem, G. Mason, R. Ahlvin // Journal of Terramechanics. – 1996. – № 1. – P. 273-280.
7. Грубель М.Г. Методологія оцінки опорної прохідності колісної військової автомобільної техніки / М.Г. Грубель, Л.В. Крайник, О.М. Купріненко // Озброєння та військова техніка. – № 4(24). – 2019. – С. 12-22.
8. ГОСТ Р ИСО 22476-1-2017. Геотехнические исследования и испытания. Испытания полевые. Часть 1. Статическое и пьезостатическое зондирование электрическим зондом. – М., 2017. – 32 с.
9. ГОСТ РВ 52395-2005. Шины пневматические с регулируемым давлением для военной техники. – М., 2005. – 16 с.
10. Грубель М.Г. Оцінка тягово-швидкісних характеристик військової автомобільної техніки за умов руху бездоріжжям методами імітаційного моделювання / М.Г. Грубель, Л.В. Крайник, М.Ф. Боднар // Озброєння та військова техніка. – № 3(23). – 2019. – С. 46-53.
11. Крайник Л.В. Проблема оновлення автопарку Збройних Сил України та формування перспективного типуажу військової автомобільної техніки в аспекті сучасних тенденцій / Л.В. Крайник, М.Г. Грубель // Озброєння та військова техніка. – № 1(17). – 2018. – С. 24-31.
12. Larminie J.C. Standard for mobility requirements of military vehicles / J.C. Larminie // Journal of terramechanics. – № 3, 1988. – P. 171-189.
13. Ефремов А. Классификация зарубежной военной автомобильной техники / А. Ефремов, Д. Куколев // Зарубежное военное обозрение. – № 8(725). – 2007. – С. 35-40.
14. Шестаков В.А. Современный парк тактических автомобилей Сухопутных войск США и перспективы его развития / В.А. Шестаков, Е.А. Голубенко // Вестник академии военных наук. – № 2(47). – 2014. – С. 134-141.
15. Army Truck Program. Tactical Wheeled Vehicle Acquisition Strategy. Report to the Congress. – Washington: Department of the Army, 2010. – 34 p.
16. Сибиляев М.К. Основные программы развития колесных машин многоцелевого назначения Сухопутных войск США на период до 2025 года / М.К. Сибиляев, В.А. Шестаков // Бронетанковое вооружение и техника, военная автомобильная техника в Вооруженных Силах Российской Федерации. – 2018. – № 1. – С. 50-54

17. Brigantic R. Defense Transportation: Algorithms, Models and Applications for the 21st Century / R. Brigantic, J. Mahan // Elsevier Science. – p. 392. – Режим доступу: www.elsevier.com/books/defense-transportation-algorithms-models-and-applications-for-the-21st-century/brigantic/978-0-08-044405-5.
18. Грубель М.Г. Методологічні підходи визначення параметрів прохідності колісної військової автомобільної техніки під час руху засніженими опорними поверхнями / М.Г. Грубель // Збірник наукових праць Військової академії. – 2019 – № 1(9). – С. 88-96.
19. Котляренко В.И. Оценка проходимости колесных машин по деформируемым опорным поверхностям / В.И. Котляренко // Журнал ассоциации автомобильных инженеров. – 2008. – № 1. – С. 30-34.
20. Lutz J. Mobility of ground vehicles. US military view a overview primer and reference source guide / J. Lutz. – Quant-systems Inc. – 2003. – 101 p.
21. Ruff K. Fahrzeugbewegung im Gelaende mit dem Simulationssystem ORSIS/ Diss... Dr.-Ing / K. Ruff. – Hamburg: Universitaet der Bundeswehr, 1997. – 191 p.
22. Wong Y.J. Theory of ground vehicle / Y.J. Wong. – London, New York: Mc-GrawHill Book Comp, 1993. – 423 p.
23. Hetherington J.G. The applicability of the MMP concept in specifying off-road mobility for wheeled and tracked vehicles / J.G. Hetherington // Journal of Terramechanics. – 2001. – № 38. – P. 63-70.
24. Ребров О.Ю. Аналіз відповідності максимального тиску на ґрунт тракторної шини агроєкологічним вимогам ймовірнісним методом з урахуванням ґрунто-кліматичних умов України / О.Ю. Ребров // Транспортне машинобудування. – № 14. – 2017. – С. 58-64.
25. Медведков В.В. Мониторинг почв Украины / В.В. Медведков. – Х.: КП “Городская типография”, 2012. – 537 с.
26. Проектирование полноприводных колесных машин / А.А. Полунгян, Б.А. Афанасьев, Н.Ф. Бочаров, Л.Ф. Жеглов и др. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 488 с.
27. Агейкин Я.С. Динамика колесной машины при движении по неровной грунтовой поверхности / Я.С. Агейкин, Н.С. Вольская. – М.: МГИУ, 2003. – 124 с.
28. Park S. Influence of soil deformation in off-road heavy vehicle suspension vibration / S. Park, A. Popov, D. Cole // Journal of Terramechanics. – 2004. – № 41. – P. 41-68.
29. ISO 2631-1:1997 Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 1: General requirements, 1997. – 36 p.

References

1. State Military Standard of USSR (1983), “26442-85 *Avtomobili mnogotsелеvogo naznacheniya. Parametryi prohodimosti i metody ih opredeleniya*” [26442-85 Multipurpose cars. Traffic parameters and methods for their determination], Moscow, 9 p.
2. State Military Standard of the Russian Federation (2003), “52048-2003 *Avtomobili mnogotsелеvogo naznacheniya. Parametryi prohodimosti i metody ih opredeleniya*” [52048-2003 Multipurpose cars. Traffic parameters and methods for their determination], Moscow, 11 p.
3. *Standard for Ground Vehicle Mobility*, available at: www.semanticscholar.org/paper/Standard-for-Ground-Vehicle-Mobility-Baylot-Gates/7a6b27a8fb14341694553d985fcc5ba1741d599f (accessed 8 June 2020).
4. DEF STAN 23-6 (1992), *Guide to the Common Technical Requirements for Military Logistic Vehicles and Towed Equipment*, available at: www.standards.globalspec.com/std/556903/def-stan-23-6 (accessed 9 June 2020).
5. ISO 22476-1:2012 (2012), *22476-1:2012 Geotechnical investigation and testing. Field testing. Part 1: Electrical cone and piezocone test*, 28 p.
6. Lessem, A., Mason, G. and Ahlvin, R. (1996), Stochastic vehicle mobility forecasts using the NATO reference mobility model, *Journal of Terramechanics*, No. 1, pp. 273-280.
7. Hrubel, M.H., Krainyk, L.V. and Kuprinenko, O.M. (2019), “Metodolohiia otsinky opornoї prokhidnosti kolisnoi viiskovoї avtomobilnoi tekhniki” [Methodology of military vehicles wheel performance assessment], *Weapons and Military Equipment*, No. 4(24), pp. 12-22.
8. State Standard of Russia (2017), “22476-1-2017 *Geotekhnicheskie issledovaniya i ispytaniya. Ispytaniya polevyie. Chast 1. Staticheskoe i pezoostaticheskoe zondirovanie elektricheskim zondom / data vvedeniya s 01.01.2020*” [22476-1-2017 Geotechnical research and testing. Field Tests. Part 1. Static and piezostatic sounding by an electric probe / date of introduction from 01.01.2020], Moscow, 32 p.
9. State Military Standard of the Russian Federation (2005), “52395-2005 *Shinyi pnevmaticheskie s regulirovannyim davleniem dlya voennoy tekhniki*” [52395-2005 Pneumatic tires regulated pressure for military equipment], Moscow, 16 p.
10. Hrubel, M.H., Krainyk, L.V. and Bodnar, M.F. (2019), “Otsinka tiahovo-shvydkisnykh kharakterystyk viiskovoi avtomobilnoi tekhniki za umov rukhu bezdorizhzhiam metodamy imitatsiinoho modeliuvannia” [Estimating of military vehicles traction-speed characteristics in off-road conditions using imitation modeling methods], *Weapons and Military Equipment*, Kyiv, No. 3(23), pp. 46-53.
11. Hrubel, M.H. and Krainyk, L.V. (2018), “Problema onovlennia avtoparku Zbroinykh Syl Ukrainy ta formuvannia perspektynoho typazhu viiskovoi avtomobilnoi tekhniki v aspekti suchasnykh tendentsii” [The problem of renewal of the fleet of the Armed Forces of Ukraine and the formation of a promising type of military vehicles in terms of modern trends], *Weapons and Military Equipment*, No. 1(17), pp. 24-31.
12. Larminie, J.C. (1988), Standard for mobility requirements of military vehicles, *Journal of Terramechanics*, No. 3, pp. 171-189.

13. Efremov, A. and Kukolev, D. (2007), "Klassifikatsiya zarubezhnoy voennoy avtomobilnoy tehniki" [Classification of foreign military vehicles], *Foreign Military Review*, No. 8(725), pp. 35-40.
14. Shestakov, V.A. and Golubenko, E.A. (2014), "Sovremennyiy park takticheskikh avtomobiley Suhoputnykh voysk SShA i perspektivy ego razvitiya" [The modern fleet of tactical vehicles of the US Army and the prospects for its development], *Bulletin of the Academy of Military Sciences*, No. 2(47), pp. 131-134.
15. (2010), *Army Truck Program. Tactical Wheeled Vehicle Acquisition Strategy. Report to the Congress*, Department of the Army, Washington, 34 p.
16. Shestakov, V.A. and Sibilyaev, M.K. (2018), "Osnovnyie programmyi razvitiya kolesnykh mashin mnogotsелеvogo naznacheniya Suhoputnykh voysk SShA na period do 2025 goda" [Major Development Programs for the U.S. Army General Purpose Wheeled Vehicles until 2025], *Armored vehicles and equipment, military vehicles in the Armed Forces of the Russian Federation*, No. 1, pp. 50-54.
17. Brigantic, R., and Mahan, J. (2004), *Defense Transportation: Algorithms, Models and Applications for the 21st Century*, Elsevier Science. – p. 392, available at: www.elsevier.com/books/defense-transportation-algorithms-models-and-applications-for-the-21st-century/brigantic/978-0-08-044405-5. (accessed 15 June 2020).
18. Hrubel, M.H. (2019), "Metodologichni pidkhody vyznachennia parametriv prokhidnosti kolisnoi viiskovoi avtomobilnoi tekhniki pid chas rukhu zasnizhenymy opornymy poverkhniamy" [Methodological approaches to determining the parameters of passability of wheeled military vehicles while driving on snow-covered bearing surfaces], *Collection of Scientific Works of the Military Academy*, No. 1(9), pp. 88-96.
19. Kotlyarenko, V.I. (2008), "Otsenka prohodimosti kolesnykh mashin po deformiruemym opornym poverhnostyam" [Estimation of patency of wheeled vehicles on deformable supporting surfaces], *Automotive Engineers Association Journal*, No. 1, pp. 88-96.
20. Lutz, J. (2003), *Mobility of ground vehicles. US military view a overview primer and reference source guide*, Quant systems Inc., 101 p.
21. Ruff, K. (1997), *Fahrzeugbewegung im Gelaende mit dem Simulationssystem ORSIS: dissertation*, Universitaet der Bundeswehr, Hamburg, 191 p.
22. Wong, Y.J. (1993), *Theory of ground vehicle*, Mc-GrawHill Booh Comp., London, NewYork, 423 p.
23. Hetherington, J.G. (2001), The applicability of the MMP concept in specifying off-road mobility for wheeled and tracked vehicles, *Journal of Terramechanics*, № 38, pp. 63-70.
24. Rebrov, O.Yu. (2017), "Analiz vidpovidnosti maksimalnogo tysku na grunt traktornoj shyny ahroekologichnym vymoham ymovirnisnym metodom z urakhuvanniam hrunto-klimatichnykh umov Ukrainy" [Analysis of compliance of maximum pressure on tractor tire soil with agro-ecological requirements by probabilistic method taking into account soil and climatic conditions of Ukraine], *Transport Machine-Blowing*, No. 14, pp. 58-64.
25. Medvedkov, V.V. (2012), "Monitoring pochv Ukrainyi" [Monitoring of soils of Ukraine], KP "City printing house", Kharkiv, 537 p.
26. Polungyan, A.A., Afanasyev, V.A., Bocharov, F.V. and Zheglov, L.F. (1999), "Proektirovanie polnoprivodnykh kolesnykh mashin" [Design of all-wheel drive wheels], MSTU Publishing House N.E. Bauman, Moskov, 488 p.
27. Agejkin, Ya.S. and Volskaya, N.S. (2003), "Dinamika kolesnoj mashiny pri dvizhenii po nerovnoj gruntovoj poverkhnosti" [Dynamics of a wheeled vehicle when driving on an uneven ground surface], MGIU, Moscow, 124 p.
28. Park, S., Popov, A. and Cole, D. (2004), Influence of soil deformation in off-road heavy vehicle suspension vibration, *Journal of Terramechanics*, No. 41, pp. 41-68.
29. ISO 2631-1:1997 (1997), *2631-1:1997 Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements*, 36 p.

Надійшла до редколегії 12.03.2020

Схвалена до друку 12.05.2020

Відомості про авторів:**Грубель Михайло Григорович**

кандидат технічних наук доцент
докторант Національної академії сухопутних військ
ім. гетьмана Петра Сагайдачного,
Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4820-6935>

Крайник Любомир Васильович

доктор технічних наук професор
професор кафедри Національного університету
"Львівська політехніка",
Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0524-9126>

Information about the authors:**Mykhailo Hrubel**

Candidate of Sciences Associate Professor
Doctorant of Hetman Petro Sahaidachnyi
National Army Academy,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4820-6935>

Lybomyr Krajnyk

Doctor of Technical Sciences Professor
Professor of Department
of Lviv Polytechnic National University,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0524-9126>

Андрієнко Анатолій Михайлович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
начальник кафедри
Національної академії сухопутних військ
ім. гетьмана П. Сагайдачного,
Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7018-3784>

Anatolii Andriienko

Candidate of Technical Sciences
Senior Research
Head of Department
of Hetman Petro Sahaidachnyi
National Army Academy,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7018-3784>

ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО ПРОХОДИМОСТИ КОЛЕСНОЙ ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

М.Г. Грубель, Л.В. Крайнык, А.М. Андриенко

В статье проведен сравнительный анализ нормативных законодательных баз стран блока НАТО и России по проходимости колесной военной автомобильной техники (ВАТ) требований и методов оценки. Установлено, что в странах НАТО действуют стандарты, которые для экспериментальной оценки несущей способности опорных поверхностей (ОП) движения, базируются на использовании конусного индекса CI (англ. Cone index), который в отличие от характерного для Украины "советского подхода", комплексно учитывает влажность грунта, характеристики ОП театра боевых действий и позволяет с помощью стандартизированного программного компьютерного обеспечения определять наиболее рациональные маршруты и ориентировочные скорости движения соответствующих перемещений колесной ВАТ. Сформировано пороговые значения показателей опорной и профильной проходимости в зависимости от категории и класса колесной ВАТ. Сформирована классификация ВАТ за проходимость, которая разрешила разделить классы за полной (боевой) массой перспективных образцов колесной ВАТ и определить пороговые значения регламентированных показателей профильной проходимости при которых обеспечивается движение образцов колесной ВАТ: глубина брода, максимальные углы подъема и косогора, высота порогового препятствия, ширина рва (окопа). Отработаны методические засады экспериментальной оценки опорной проходимости и определения максимальных скоростей движения колесной ВАТ для наиболее характерных типов ОП. С целью определения проходимости образцов колесной ВАТ за показателем ММР (англ. Mean measure pressure) методику его определения усовершенствовано с целью учета особенностей компоновки образцов колесной ВАТ. Сформировано основы национального стандарта ДСТУ-В Военная автомобильная техника. Проходимость и методы оценки

Ключевые слова: бездорожье, опорная проходимость, профильная проходимость, экспериментальная оценка проходимости, опорная поверхность, проходимость и методы оценки, образцы колесной ВАТ.

BASIS FOR THE FORMATION OF THE NATIONAL REGULATORY FRAMEWORK CONCERNING CROSS-COUNTRY PERFORMANCE OF WHEELED MILITARY AUTOMOBILE EQUIPMENT

M. Hrubel, L. Krajnyk, A. Andriienko

The article performs a comparative analysis of the regulatory framework of NATO-member countries and Russia concerning cross-country performance of military automotive equipment (MAE), requirements and methods of assessment. It was established that standards that are in force in NATO countries are based on the use of the cone index (CI) for experimental assessment of bearing capacity of movement bearing surfaces (BS). In contrast to the typical for Ukraine "Soviet approach", the CI comprehensively takes into account soil moisture, the bearing surface (BS) characteristics of the theater of operations, and allows to determine the most rational routes and approximate speeds of corresponding movements of wheeled MAE using standardized computer software. Threshold values of indicators of flotation and passability depending on a category and a class of wheeled MAE were formed. The MAE classification by cross-country performance was formed, that allowed to differentiate classes by full combat weight of advanced samples of wheeled MAE and to determine the threshold values of regulated indicators of passability that provides the movement of wheeled MAE samples: depth of the ford, maximum angles of the ascent and sloping hill, height of the threshold obstacle, width of the ditch (trench). Basic procedure of experimental assessment of flotation and definition of the maximum speeds of MAE movement for the most common types of BS were developed. In order to determine the cross-country performance of wheeled MAE samples according to the MMP (Mean measure pressure) indicator, the method of its determination was improved to take into account the layout of wheeled MAE. The basis of the "Military automotive equipment. Cross-country performance and methods of assessment" DSTU-V national standard were generated.

Keywords: off-road, flotation, passability, experimental assessment of cross-country performance, bearing surface, cross-country performance and methods of assessment, wheeled MAE samples.