



М. В. Склярів



С. О. Воробйов

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОХІДНІСТЬ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Ефективність конструкції автомобільної техніки багатоцільового призначення (конструктивна ефективність) розглядається як здатність автомобіля під час виконання заданого рівня задач в конкретизованих умовах експлуатації і за певного співвідношення його технічних характеристик забезпечити максимальний ступінь виконання технічних вимог.

Ключові слова: транспорт, управління, прохідність, конструктивні фактори.

Постановка проблеми. Прохідність – один з основних показників автомобільної техніки багатоцільового призначення (АТБП), що характеризує здатність справних і працездатних машин до швидкого переміщення в різних дорожніх і кліматичних умовах при виконанні службово-бойових завдань. Вона характеризується рухомістю, маневреністю, масово-габаритними і тягово-швидкісними властивостями, які визначають технічний рівень АТБП, що застосовується в Національній гвардії України.

Для забезпечення необхідного рівня прохідності потрібно визначити вплив на неї різноманітних факторів та вдосконалювати конструкції техніки, що дозволить вирішити низку питань, пов'язаних з покращенням показників ефективності АТБП: середньої швидкості руху, паливної економічності, керованості, стійкості та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливе значення у визначенні ефективності використання АТБП в різних сферах людської діяльності має її прохідність. Багато вчених [1 – 6] приділяли значну увагу вивченню різних факторів, що характеризують автомобіль як транспортний засіб і впливають на його експлуатаційні властивості, які визначають можливість його руху по дорогах, в погіршених дорожніх умовах і поза дорогами, а також здатність долати різні перешкоди природного і штучного походження.

Мета статті. Визначити та проаналізувати вплив конструктивних факторів, що найбільш суттєво впливають на прохідність АТБП.

Виклад основного матеріалу. З огляду на те, що практично неможливо змінити властивості опорної поверхні, які визначаються природно-кліматичними факторами, саме особливості конструкції і можливість максимального використання технічних параметрів визначають ефективність експлуатації АТБП.

До факторів, що характеризують автомобіль і визначають параметри його прохідності, прийнято відносити тягово-динамічні, геометричні, конструктивні.

До тягово-динамічних факторів відносять: вагу автомобіля, питому потужність автомобіля і автопоїзда, питому потужність двигуна, коефіцієнт зчипної ваги.

Геометричні параметри, що залежать від компоувальної схеми і конструктивних особливостей транспортного засобу, прийнято відносити до геометричних факторів, які визначають прохідність як експлуатаційну властивість автомобіля: дорожній просвіт, радіуси прохідності, кути звису, кут перекоосу осей.

Конструктивні фактори, що визначають прохідність АТБП, наведені на рисунку 1.

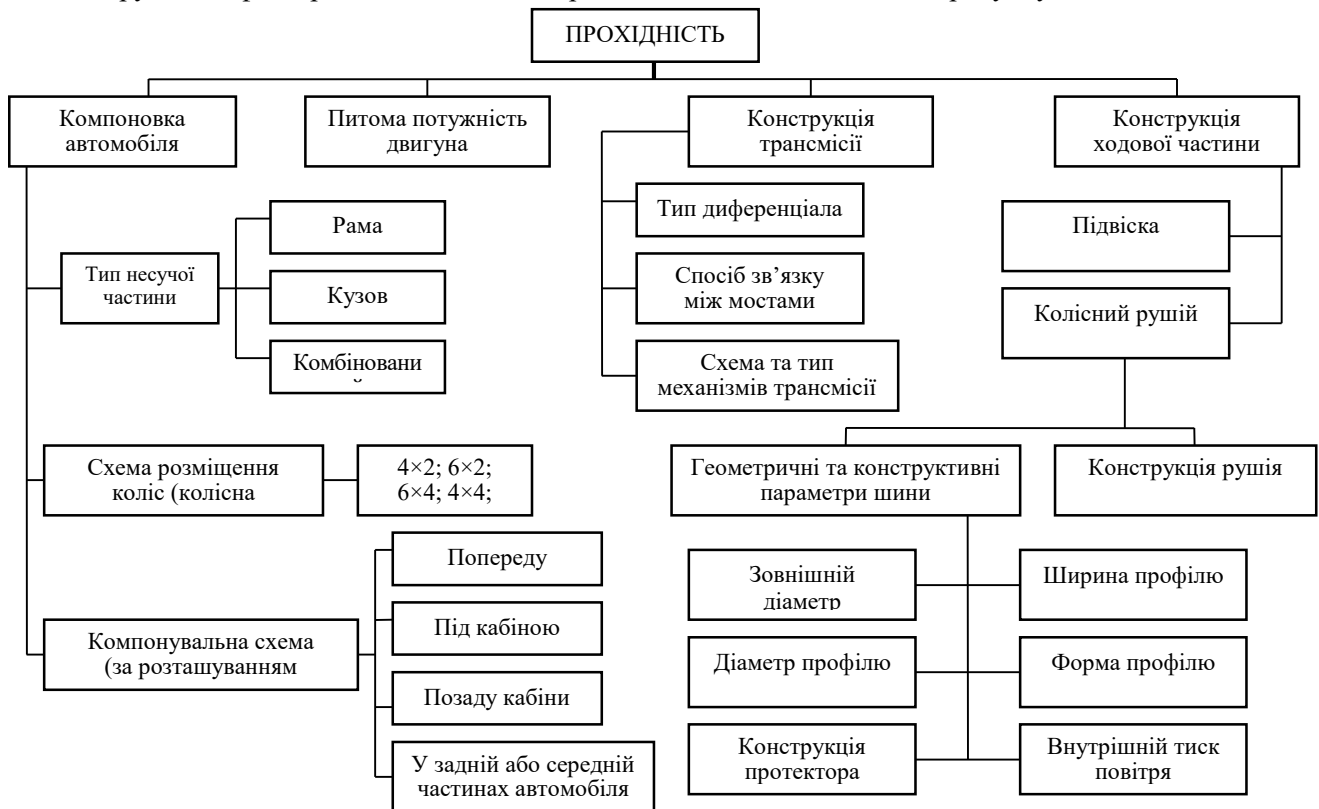


Рис. 1. Конструктивні фактори, які впливають на прохідність АТБП

Неоднорідність і нестабільність ґрунтових умов не дозволяють повною мірою експериментально оцінити конструктивні параметри АТБП, що визначають його прохідність. Разом з тим ретельні аналітичні дослідження з кількісного оцінювання параметрів АТБП, проведені Я. С. Агейкиним [1–3], дозволяють виконати загальне порівняльне оцінювання конструктивних параметрів.

Зміна прохідності АТБП шляхом регулювання тиску повітря в шинах істотно впливає на гальмову ефективність, що розглянуто в працях [5, 6]. Оскільки при зменшенні тиску повітря в шинах АТБП збільшується коефіцієнт опору руху, це безумовно впливає на гальмові якості колісних машин.

У працях [2, 3, 4] запропонований узагальнений порівняльний показник параметрів прохідності автомобіля

$$P_{cp} = \zeta_1 \cdot p_{min} + \zeta_2 \cdot h_K + \zeta_3 \cdot k_n + \zeta_4 \cdot \Delta_{np} + \zeta_5 \cdot k_{cn} + \zeta_6 \cdot \lambda + \zeta_7 \cdot D_{max} + \zeta_8 \cdot N_{уд} + \zeta_9 \cdot r_0 + \zeta_{10} \cdot \alpha + \zeta_{11} \cdot \beta + \zeta_{12} \cdot r_{np}, \quad (1)$$

де P_{cp} – узагальнений порівняльний параметр прохідності;

p_{min} – мінімальний тиск на ґрунт;

h_K – дорожній просвіт;

k_n – коефіцієнт насиченості протектора;

Δ_{np} – висота ґрунтозацепів;

k_{cn} – коефіцієнт зчіпної ваги;

λ – коефіцієнт блокування частини приводу;

D_{max} – динамічний фактор;

$N_{уд}$ – питома потужність;

r_0 – радіус колеса;
 α та β – кути звису;
 $r_{\text{пр}}$ – поздовжній радіус прохідності;
 $\zeta_1, \dots, \zeta_{12}$ – коефіцієнти вагомості кожного з параметрів.

Виходячи з даних, наведених у працях [1, 2, 3], максимальні значення коефіцієнтів вагомості притаманні таким конструктивним параметрам: мінімальному тиску на ґрунті (0,12), дорожньому просвіту (0,15), коефіцієнту зчіпної ваги (0,15) і динамічному фактору (0,1).

Компонування автомобіля визначає геометричні фактори його прохідності, залежить від схеми розміщення коліс, типу несучої частини і компонувальної схеми автомобіля. Ці конструктивні складові забезпечують здатність долати профільні перешкоди, пристосованість до витягування і самовитягування у випадках застрягання, маневреність машини, доцільний розподіл ваги і її перерозподіл у процесі руху, оптимальне розташування центра тяжіння.

Максимальна швидкість АТБП визначається, головним чином, енергоозброєністю автомобіля – його питомою потужністю.

Однак аналіз показує, що зі збільшенням питомої потужності АТБП і маси спеціального обладнання, змонтованого на ньому, темп зростання швидкості руху знижується. Досягнувши певного значення, швидкість руху практично не підвищується. Збільшення питомої потужності АТБП не є універсальним і однозначним способом підвищення його прохідності.

Схема і конструкція трансмісії автомобіля визначає витрати потужності на плавність зміни моменту, що підводиться до ведучих коліс, повноту використання зчеплення колісного рушія (КР) з ґрунтом опорної поверхні і на буксування автомобіля.

Істотним конструктивним чинником, що визначає здатність руху по бездоріжжю і ступінь прохідності АТБП, є конструкція ходової частини автомобіля (підвіска і КР).

Характеристики підвіски великою мірою визначають ступінь зміни нормальних зусиль в контактні коліс автомобіля з опорною поверхнею, що характеризується зміною сил зчеплення. Для усунення негативної дії підвіски автомобіля на зчеплення коліс з опорною поверхнею необхідні максимальне збільшення її ходу і застосування блокованого зв'язку між колесами.

Під час руху АТБП по шляхах загального призначення (ШЗП) від ступеня зміни навантаження на колеса залежать характер деформації ґрунту опорної поверхні і величина опору ґрунту коченню. Особливе значення це має для руху АТБП по ґрунтах з низькою несучою здатністю, на яких внаслідок дії значних динамічних навантажень може збільшуватися глибина утвореної колії.

Значно впливає на прохідність автомобіля по ШЗП також конструкція КР. Умови застосування транспортних засобів залежно від типу і якісного стану опорної поверхні виключно різноманітні, а підвищення прохідності можливе шляхом досягнення граничного рівня прохідності конструктивними рішеннями. Одним з напрямків є застосування спеціалізованих транспортних засобів для певних ґрунтових умов. Для АТБП головною складовою КР є шина, яка більшою мірою за своїми конструктивними і геометричними параметрами зумовлює його прохідність.

Характеристики процесу взаємодії колеса з опорною поверхнею змінюються залежно від якісного стану ґрунтової основи, але при цьому завдяки оптимальному співвідношенню геометричних параметрів можливе значне збільшення сили тяги.

Рух АТБП по ШЗП відбувається з прослизанням коліс по ґрунту, що супроводжується зрушенням верхнього шару в зоні контакту з частковим або повним руйнуванням ґрунту. За відсутності ущільнення ґрунту опорної поверхні під колесами від впливу вертикального навантаження відбувається значне зниження опорної реакції ґрунту, поглиблення коліс в ґрунт, і виникає буксування, що характерно для шин, які не мають достатньої площі контакту з опорною поверхнею, тобто з номінальним тиском у шині.

У зв'язку з цим при русі АТБП по опорних поверхнях з низькою несучою здатністю доцільно знижувати тиск повітря в шинах до оптимального для конкретного типу ґрунту, що сприяє

зменшенню опору руху, підвищенню зчпних властивостей колеса і конструктивно передбачено застосуванням на АТБП системи регулювання тиску повітря в шинах.

Така система дозволяє:

– під час подолання важкопрохідних ділянок місцевості та руху в складних дорожніх умовах підвищувати прохідність автомобіля, змінюючи в ході руху тиск повітря в шинах і доводячи його до відповідності вимогам дорожніх умов;

– здійснювати рух до місця стоянки без заміни колеса у випадку проколювання шини (при цьому витік повітря компенсується накачуванням);

– контролювати тиск повітря в шинах і своєчасно доводити його до необхідної величини, збільшуючи цим довговічність шин.

При визначенні характеристик взаємодії колісного рушія з опорною поверхнею, що деформується, значення коефіцієнта зчеплення колеса з опорною поверхнею, який визначає тягу в плямі контакту, відповідають графіку (рис. 2) та визначаються за залежністю (2), яка наведена в дисертації [9]:

$$\varphi = \text{sgn}(S_6) \cdot \varphi_{\max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{|S_6|}{S_0}} \right), \quad (2)$$

де S_6 – коефіцієнт буксування колеса; φ_{\max} – максимальне значення коефіцієнта сили зчеплення колеса з опорною поверхнею; S_0 – константа.

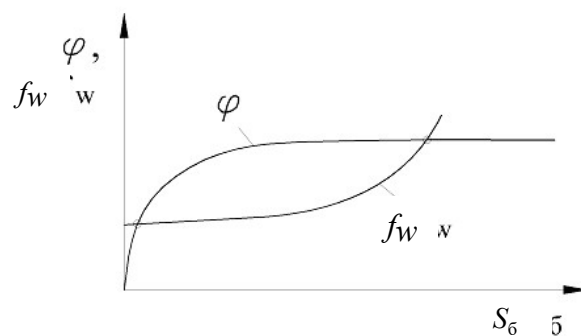


Рис. 2. Характер залежностей $\varphi(S_6)$ та $f_w(S_6)$

Характер зміни коефіцієнта опору у випадку кочення колеса по поверхні, що деформується, і коефіцієнта взаємодії колеса з опорною поверхнею при визначенні за залежностями (2) і (3) повністю узгоджується з результатами експериментальних досліджень (відсутність екстремуму функції $\varphi(S_6)$ при φ_{\max} та $S_6 \rightarrow 1$, $f_w \rightarrow \infty$; початкові енергетичні збитки визначаються коефіцієнтом опору руху за відсутності буксування у вільному режимі кочення).

Сила опору коченню колеса (3)

$$P_{f_{wi}} = f_{wi} \cdot R_{Zi}, \quad (3)$$

де $f_{wi} = f_{w0i} - K_f \cdot \log \left(1 - \frac{\varphi_i}{\varphi_{i\max} \cdot \left(1 - e^{-\frac{-1}{S_0}} \right)} \right)$ – коефіцієнт опору коченню колеса по поверхні, що деформується (рис. 3);

f_{w0i} – коефіцієнт опору руху за відсутності буксування у вільному режимі кочення;

K_f – коефіцієнт пропорційності [9].

Залежності (2) і (3) можуть бути використані у імітаційному математичному моделюванні як характеристики деформуємої опорної поверхні разом з експериментальними характеристиками.

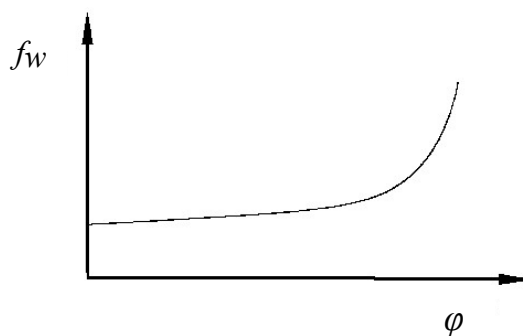


Рис. 3. Графік залежності $f_w = f(\varphi)$

З рисунку 3 видно, що рух можливий лише з визначеним обмеженим значенням тяги. Зі збільшенням буксування тяга припиняє зростати, і вся енергія двигуна витрачається на подолання зростаючої сили опору руху.

Коефіцієнт опору коченню є однією з важливіших характеристик, він залежить від низки конструктивних і експлуатаційних параметрів. Їх вплив настільки великий, що не дозволяє використовувати величину f як сталу технічної характеристики.

Як показує аналіз наукових праць, особливо впливають на зміну коефіцієнта опору коченню такі фактори, як навантаження на колесо, тиск повітря в шині та номер проходу колеса (місце колеса в колісній формулі автомобіля) по опорній поверхні, що деформується. В зв'язку з цим коефіцієнт опору коченню можливо записати як функцію від цих параметрів:

$$f_{w0i} = F(P_{wi}; R_{zi}; n_i), \quad (4)$$

де P_{wi} – тиск повітря в шині колеса, МПа; R_{zi} – навантаження на колесо, Н; n_i – номер проходу колеса по колії.

Функціональна залежність коефіцієнта опору описується рівнянням

$$f_{w0i} = (k_0 + k_1 \cdot P_{wi} + k_2 \cdot R_{zi} + k_3 \cdot n_i + k_4 \cdot P_{wi} \cdot R_{zi} + k_5 \cdot P_{wi} \cdot n_i + k_6 \cdot R_{zi} \cdot n_i + k_7 \cdot P_{wi} \cdot R_{zi} \cdot n_i)^{\frac{1}{2}}, \quad (5)$$

де k_0, \dots, k_7 – коефіцієнти корекції коефіцієнта опору коченню.

Коефіцієнти опору коченню f_{w0i} у веденому режимі з номінальним навантаженням та тиском повітря в шині, а також значення коефіцієнтів корекції коефіцієнта опору коченню k були визначені за рекомендаціями джерел [3, 5, 7, 8]. Графічні залежності деяких показників прохідності наведені на рисунках 4 – 9.

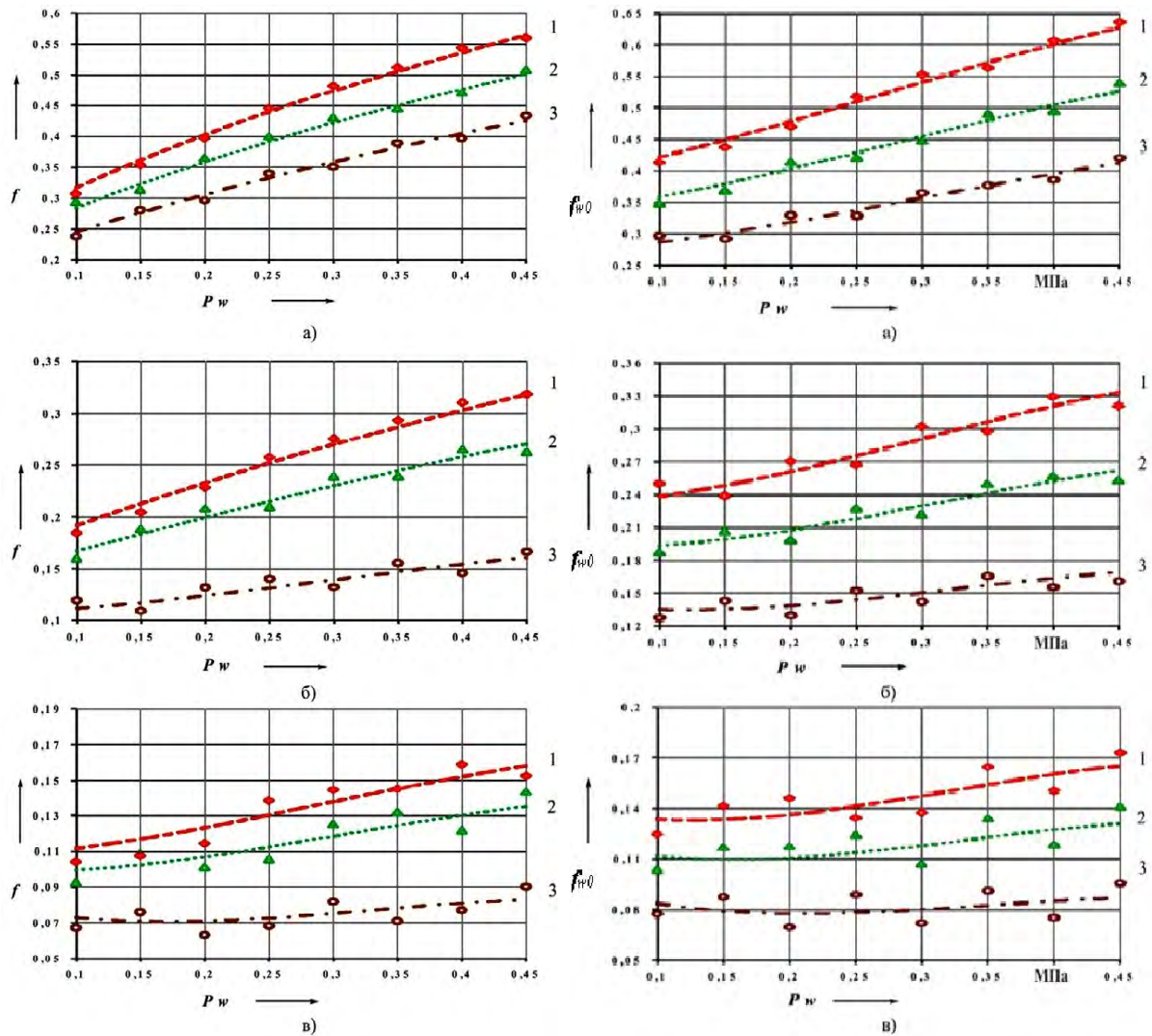


Рис. 4. Результати розрахунку залежності f_{w0} від P_w для випадку руху АТБП по ШЗП з ґрунтовою основою “мокрый пісок” (лівий рядок) та “пашня” (правий рядок):
 а – колеса передньої осі (навантаження на колесо: 1 – 26 000 Н; 2 – 24 500 Н; 3 – 23 000 Н); б – перші колеса заднього візка; в – другі колеса заднього візка (навантаження на колесо: 1 – 26 000 Н; 2 – 19 000 Н; 3 – 12 500 Н); P_w – тиск повітря в шинах, МПа; f_{w0} – коефіцієнт опору руху за відсутності буксування у вільному режимі кочення

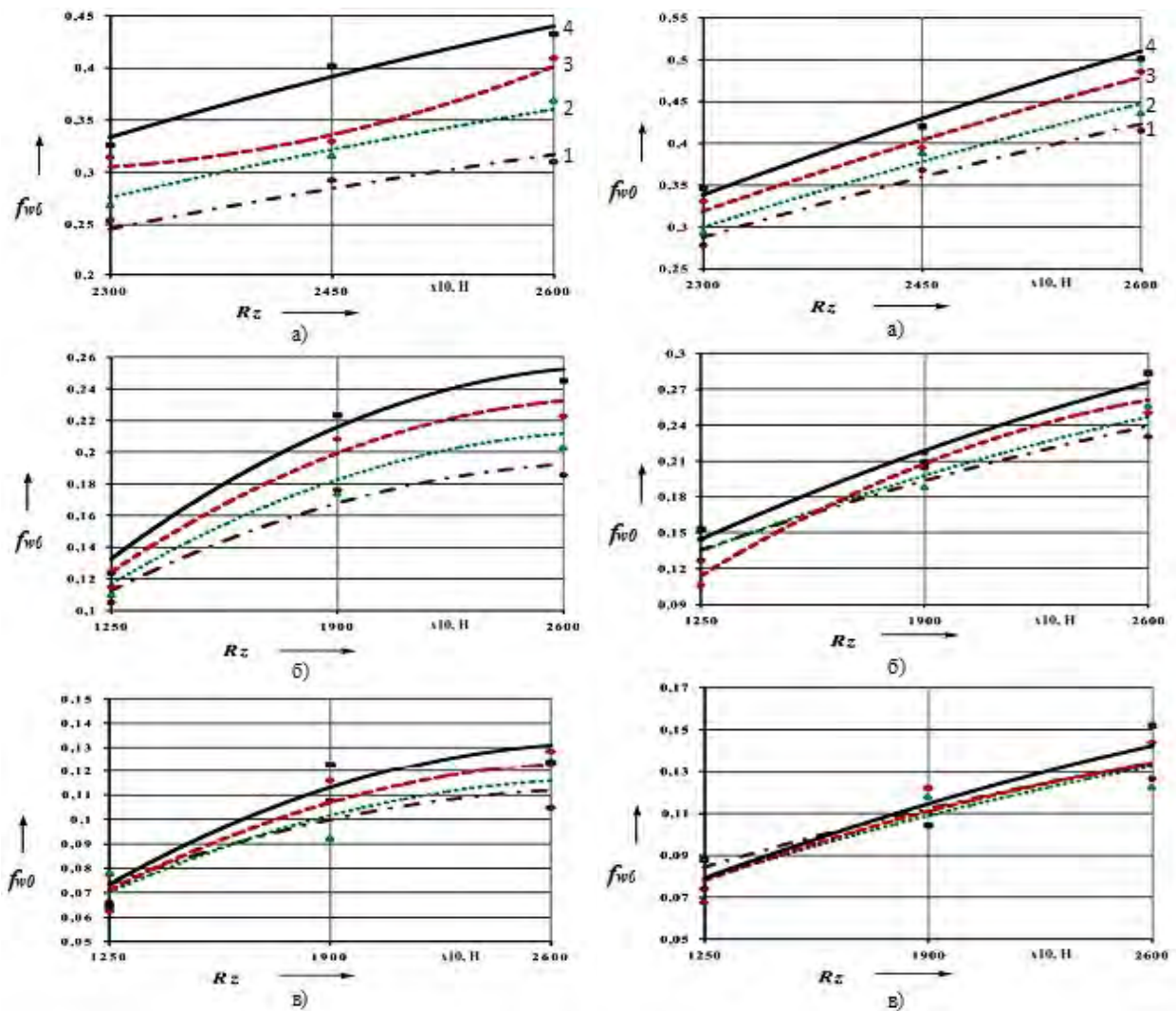


Рис. 5. Результати розрахунку залежності f_{w0} від R_z у випадку руху АТБП по ШЗП з ґрунтовою основою “мокрый пісок” (лівий рядок) та “пашня” (правий рядок) при зміні тиску від 0,10 до , 25 МПа: *a* – колеса передньої осі; *б* – перші колеса заднього візка; *в* – другі колеса заднього візка; 1 – 0,10 МПа; 2 – 0,15 МПа; 3 – 0,20 МПа; 4 – 0,25 МПа; R_{zi} – навантаження на колесо, Н; f_{w0} – коефіцієнт опору руху за відсутності буксування у вільному режимі кочення

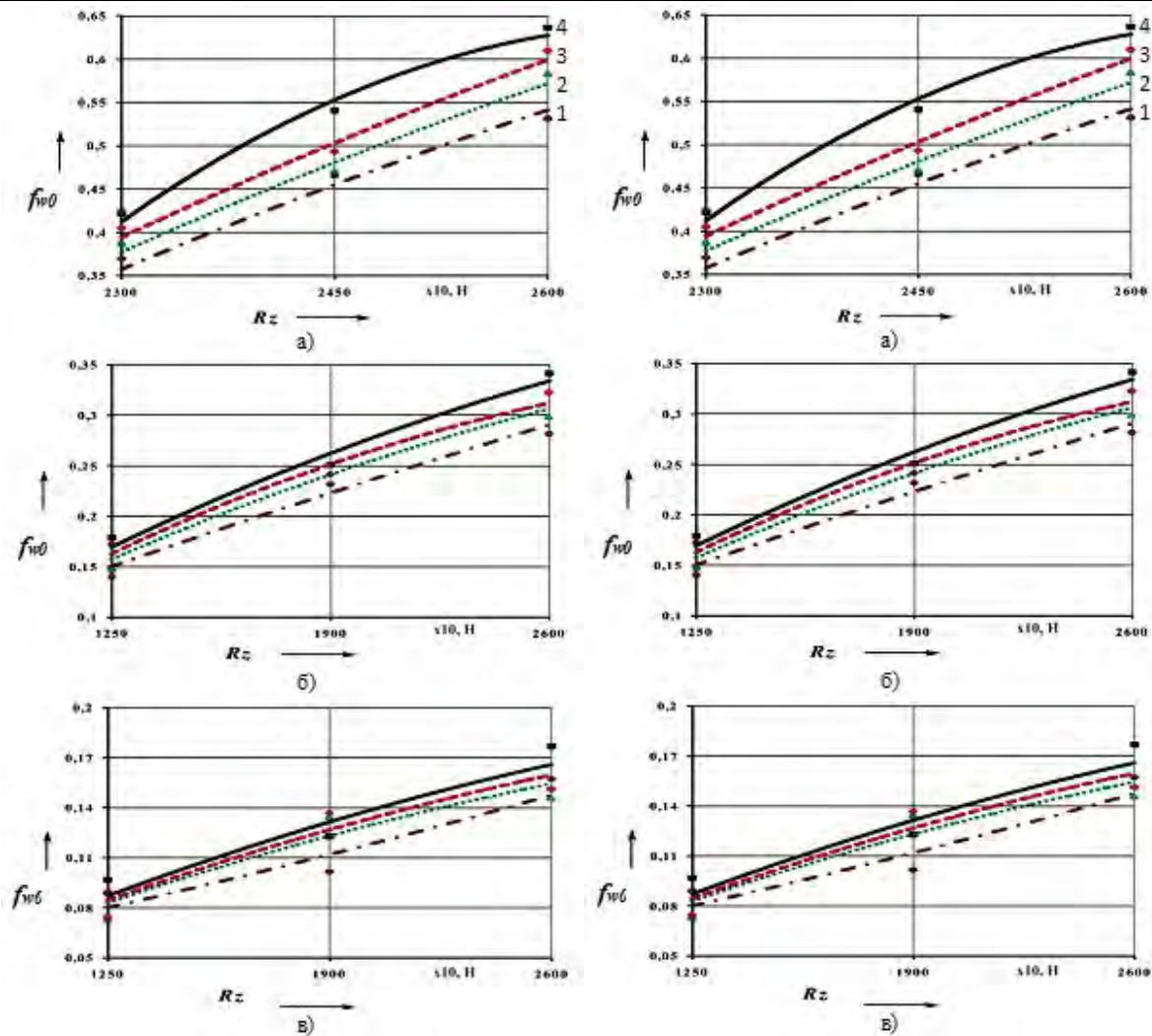


Рис. 6. Результати розрахунку залежності f_{w0} від R_z у випадку руху АТБП по ШЗП з ґрунтовою основою “мокрый пісок” (лівий рядок) та “пашня” (правий рядок) при зміні тиску від 0,30 до 0,45 МПа: а – колеса передньої осі; б – перші колеса заднього візка; в – другі колеса заднього візка; 1 – 0,30 МПа; 2 – 0,35 МПа; 3 – 0,40 МПа; 4 – 0,45 МПа; R_{zi} – навантаження на колесо, Н; f_{w0} – коефіцієнт опору руху за відсутності буксування у вільному режимі кочення

Таким чином, зміна тиску повітря в шинах підвищує здатність автомобіля до руху залежно від дорожніх умов, дорожнього покриття, типу ґрунту та природно-кліматичних умов.

Висновки

У ході аналізу досліджень було встановлено істотний вплив характеристик шин на показники опорної прохідності автомобілів. Однак питанням дослідження і отримання характеристик шин з урахуванням їх впливу, перш за все, на показники прохідності АТБП приділялась недостатня увага. При цьому не варто забувати, що характеристики шин значно залежать від тиску повітря в шинах. Тягово-швидкісні властивості, керованість автомобіля і опорна прохідність також змінюються залежно від тиску повітря в шинах і дорожніх умов. Крім того, зміна тиску повітря в шинах, як правило, продовжує термін служби і забезпечує водієві автомобіля і вантажу плавний, безпечний, з меншими енергетичними витратами рух. Це дозволяє збільшувати швидкість на різних ґрунтах.

Визначено вплив різноманітних факторів на прохідність та вдосконалення конструкції АТБП. У результаті проведеного аналізу встановлено, що особливо впливають на зміну коефіцієнта опору

коченню такі фактори, як навантаження на колесо, тиск повітря в шині та послідовність проходження колеса по деформованій опорній поверхні.

Для підвищення прохідності АТБП, базуючись на матеріалах даної статті, необхідно провести дослідження із застосуванням математичного моделювання з метою визначення необхідного рівня автоматизації розподілу тиску повітря в шинах різних осей та коліс АТБП під час руху по різним ШЗП та бездоріжжю.

Результати досліджень можуть бути використані у експлуатації АТБП цивільного призначення, техніки Збройних Сил України та Національної гвардії України [10].

Перелік джерел посилання

1. Агейкин Я. С. Вездеходные колесные и комбинированные движители. Москва : Машиностроение, 1972. 184 с.
2. Агейкин Я. С. Проходимость автомобилей. Москва : Машиностроение, 1981. 232 с.
3. Агейкин Я. С. Расчет проходимости автомобилей при проектировании. *Теория, проектирование и испытания автомобилей* : межвуз. сб. науч. тр. Москва : МАМИ, 1982. Вып. 1. С. 8–15.
4. Армейские автомобили. Теория / Антонов А. С., Кононович Ю. А., Магидович Е. Н., Прозоров В. С. ; под общ. ред. А. С. Антонова. Москва : Воениздат, 1970. 526 с.
5. Беккер М. Г. Введение в теорию систем “местность – машина”. Москва : Машиностроение, 1973. 520 с.
6. Автомобиль. Автоматизация управления : учеб. пособие / Скляр В. В., Скляр В. Н., Волков В. П., Волкова Т. В. Донецк : ЛАНДОН-XXI, 2015. 286 с.
7. Вольская Н. С. Разработка методов расчета опорно-тяговых характеристик колесных машин по заданным дорожно-грунтовым условиям в районах эксплуатации : дис. ... д-ра техн. наук : 05.05.03. Москва, 2008. 377 с.
8. Автоматизированный стенд для определения деформации грунта в условиях циклического взаимодействия с эластичным колесом / Н. С. Вольская и др. *Системы и приборы управления* : Труды ФГУП “НПЦАП”. Москва, 2016. № 3. С. 19–27.
9. Горелов В. А. Научные методы повышения безопасности и энергоэффективности движения многоосных колесных транспортных комплексов : дис. ... д-ра техн. наук : 05.05.03. Москва, 2012. 336 с.
10. Чи справжньою буде військова міць України без вітчизняної техніки? URL : <http://www.autokraz.com.ua/index.php/uk/novini-ta-media/news/item/4028-chy-spravzhnoiu-bude-viiskovamits-ukrainy-bez-vitchyznianoj-tekhniky>.

Стаття надійшла до редакції 10.02.2020 р.

УДК 629.3.017.5

Н. В. Скляр, С. А. Воробйов

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОХОДИМОСТЬ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Эффективность конструкции автомобильной техники многоцелевого назначения (конструктивная эффективность) рассматривается как способность автомобиля при выполнении заданного уровня задач в конкретизированных условиях эксплуатации и при определенном соотношении его технических характеристик обеспечить максимальную степень выполнения технических требований.

К л ю ч е в ы е с л о в а: транспорт, управление, проходимость, конструктивные факторы.

INFLUENCE OF DESIGN FACTORS ON THE PASSABILITY OF MULTI-PURPOSE AUTOMOTIVE VEHICLES

The design efficiency of multi-purpose automotive vehicles (structural efficiency) is considered as the ability of a vehicle to achieve a maximum degree of fulfillment of technical requirements when performing a given level of tasks in specific operating conditions and with a certain ratio of its technical characteristics.

Passability is one of the main indicators of multi-purpose vehicle technology (MPVT), which characterizes the ability of serviceable and capable vehicles to move quickly in different road and climatic conditions when performing combat missions. It is determined by the permeability, maneuverability, mass-dimensional and traction-speed properties that determine the technical level of equipment used in the National Guard of Ukraine.

To ensure the required level of passability, it is necessary to determine the influence of various factors on the patency and improvement of the MPVT design, which will solve a number of issues related to raising the performance of the MPVT: average speed, fuel economy, controllability, stability, passability.

The passability is important in determining the effectiveness of the use of MPVT in various fields of human activity. At the same time, many authors pay considerable attention to the study of various factors that characterize a car as a vehicle, and affect the operational properties that determine the ability of its movement on roads, in poor road conditions and off-road conditions, overcome various obstacles of natural and artificial origin.

The purpose of the article is to determine and analyze the influence of the structural factors that most significantly affect the passability of MPVT.

Due to the fact that it is practically impossible to change the properties of the support surface, which are determined by natural and climatic factors, it is the design features and the ability to maximize the use of technical parameters that determine the efficiency of the MPVT.

The factors that characterize the vehicle and determine the parameters of its passability, it is customary to attribute traction-dynamic, geometric, structural.

Traction-dynamic characteristics include: car weight, power-to-weight ratio of the vehicle and the roadtrain, the power-to-weight ratio of the engine, the coefficient of trailing weight.

Geometric parameters, depending on the configuration and design features of the vehicle, are customary to refer to as the geometric factors that determine the passability as a performance property of the car: road clearance, radius of passability, overhang angle, axle angle.

Key words: transport, driving, passability, design factors.

Склярів Микола Вячеславович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України.

<http://orcid.org/0000-0001-7785-6059>

Воробйов Сергій Олексійович – заступник начальника науково-організаційного відділу Національної академії Національної гвардії України.

<http://orcid.org/0000-0002-5219-6880>