ОБОСНОВАНИЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ПЕРСПЕКТИВНЫМ ОБРАЗЦАМ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

А. Н. Куприненко, В. А. Голуб

Проведен анализ существующих научно-методических подходов к обоснованию тактико-технических требований к перспективным образцам вооружения и военной техники. Установлено, что в современных условиях на начальных этапах разработки они не позволяют достаточно учитывать неопределенность исходных данных и неоднозначность описания процесса использования перспективных образцов вооружения и военной техники. Предложен подход, основанный на использовании понятия нечеткого множества, позволяющий обосновать тактико-технические требования к перспективным образцам вооружения и военной техники в современных условиях.

Ключевые слова: *тактико-технические требования, вооружение и военная техника, нечеткое множество.*

GROUND OF REQUIREMENTS TO THE PERSPECTIVE STANDARDS OF ARMAMENT AND MILITARY TECHNIQUE WITH THE USE OF FUZZY SETS

A. N. Kuprinenko, V. A. Golub

The analysis of the existent scientifically-methodical approaches is conducted to ground performance requirements to the perspective models of armament and military materiel. It is set that in modern terms on initial design stages they do not allow to fully take into account the vagueness of basic data and ambiguousness of description of process of the use of perspective standards of armament and military materiel. Offered approach is based on the use of concept of fuzzy set allowing to ground performance requirements to the perspective models of armament and military materiel in modern terms.

Keywords: *performance requirements, armament and military materiel, fuzzy set.*

УДК 621.434 (071)

В. В. Костюк, П. О. Русіло, О. Д. Бойко

Львівський інститут Сухопутних військ, Львів

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ АРМІЙСЬКИХ АВТОМОБІЛІВ ВДОСКОНАЛЕНОЮ СИСТЕМОЮ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ ПОВІТРЯ В ШИНАХ

У статті розглянуто питання поперечної та поздовжньої стійкості руху автомобіля і методи її покращення за допомогою вдосконалених способів і системи регулювання тиску повітря в шинах.

Ключеві слова: *армійський автомобіль, поздовжня і поперечна стійкість, система регулювання тиску повітря в шинах.*

Вступ

Сучасний армійський автомобіль – це складна за своєю конструкцією і тактико-технічними характеристиками машина.

Аналіз теорії армійського автомобіля та його основних елементів дає змогу оцінити показники експлуатаційних властивостей у конкретних умовах експлуатації, а також підібрати необхідні технічні параметри щодо його прохідності і маневреності [1].

Постановка проблеми. Досвід використання армійських автомобілів у збройних конфліктах висуває нові вимоги щодо удосконалення їх конструкції, підвищення тактико-технічних характеристик і експлуатаційних властивостей. Серед них важливими є стійкість і керованість, які мають визначальний вплив на ефективність експлуатації і безпеку руху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Враховуючи важливість стійкості і керованості автомобілів, ці питання вивчалися багатьма дослідниками. До теперішнього часу розроблено теорію стійкості руху двовісних автомобілів [1-2] і розглянуто проблемні питання теорії стійкості багатовісних автомобілів [3-5]. У проведених дослідженнях розкривається сутність фізичних явищ, які супроводжують втрату стійкості і керованості, що дозволяє конструкторам покращити експлуатаційні властивості автомобіля ще на стадії проектування.

Мета статті. На основі короткого аналізу експлуатаційних факторів і зовнішніх сил, які діють

на автомобіль, показати їхній вплив на стійкість, частково представити основні проблемні питання і запропонувати способи покращення поздовжньої і поперечної стійкості.

Основний матеріал

Починаючи з перших етапів становлення і розвитку автомобіля, вчені та конструктори, удосконалюючи його конструкцію, ставили за мету покращити експлуатаційні властивості і безпеку руху.

Конструкція автомобіля повинна забезпечувати стійкість руху в різних умовах експлуатації. Під час руху автомобіля можуть виникати зовнішні сили, які здатні суттєво вплинути на його стійкість і керованість:

– «повести» автомобіль у довільному напрямку незалежно від дій водія (уведення автомобіля);

– зсунути автомобіль вперед при загальмованих колесах (юз) або вбік під час пробуксовування ведучих коліс;

– розвернути автомобіль навколо вертикальної осі, і при цьому всі колеса будуть буксувати та ковзати вбік (занос автомобіля).

Інколи фахівці автомобільної служби стійкість автомобіля пов'язують тільки із рухом на крутому повороті дороги, підйомі або на ухилі, враховуючи при цьому лише такі фактори, як висоту положення центра мас автомобіля, дію відцентрової сили (сили інерції) та коефіцієнт зчеплення коліс із дорогою.

Але для надійної стійкості автомобіля крім вище вказаних факторів мають також велике значення такі:

– зміна положення центра мас машини і розподілення вантажу по осях;

– розміри шин, їх еластичність, конструкція і стан;

– нормативний тиск повітря в шинах;

– конструктивні особливості кузова, розміри бази і ширина колії.

Автомобілі із широкою колією, базою і низько розташованим центром мас є більш стійкими до перекидання.

Стійкість руху є комплексною експлуатаційною властивістю, яка має великий вплив на безаварійну експлуатацію автомобіля і визначається його здатністю витримувати заданий напрямок руху в різних дорожніх умовах і протистояти заносу та перекиданню.

Розрізняють поздовжню і поперечну стійкість прямолінійного або криволінійного руху.

Поздовжня стійкість – це властивість автомобіля зберігати орієнтацію вертикальної осі в поздовжній площині і в заданих межах під час руху на підйомі або ухилі, визначається його здатністю протистояти буксуванню ведучих коліс і перекиданню автомобіля навколо передньої або задньої осі.

Перекидання автомобіля на крутих і затяжних підйомах відносно передньої або задньої осі трапляється дуже рідко, частіше виникає буксування і ковзання ведучих коліс.

Автомобіль, який рухається на підйом, долає опір різних сил (рис.1).

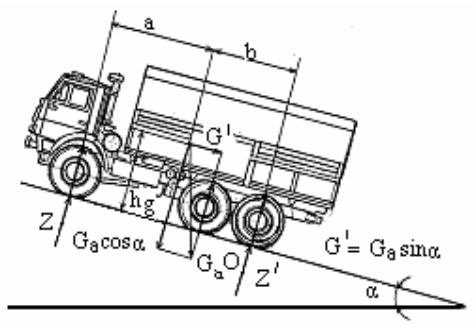

Рис. 1. **Сили, що діють на автомобіль у поздовжній площині під час руху на підйом**

Однією із таких сил, яка впливає на стійкість руху, є сила опору підйому, вона залежить від кута підйому і загальної маси автомобіля. Якщо знехтувати силами опору повітря і опором кочення та врахувати, що в момент перекидання вертикальні реакції передніх коліс будуть рівні нулю, тоді умовою буксування і перекидання автомобіля відносно точки О, яка проходить через вісь задніх коліс, буде:

$$G_a \sin\alpha \cdot h_g > G_a \cos\alpha \cdot b\,, \qquad (1)$$

де $G_a = mg$, m – маса автомобіля; h_g – висота центра мас автомобіля; b – відстань від центра мас до задньої осі автомобіля; a – відстань від центра мас до передньої осі автомобіля.

Із цього співвідношення отримаємо, що кут підйому α, при якому можливе перекидання автомобіля, визначається за формулою

$$\operatorname{tg}\alpha > \frac{b}{h_g}. \qquad (2)$$

Оціночним критерієм поздовжньої стійкості є граничний кут підйому α, який автомобіль може долати під час рівномірного руху з малою швидкістю і без буксування ведучих коліс. Величину граничного кута підйому α можна визначити за формулою

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{b}{h_g}. \qquad (3)$$

Відповідно, максимальний кут підйому α, який може подолати автомобіль, буде обмежуватись буксуванням і заносом ведучих коліс, його перекидання навколо задньої осі в цьому випадку майже неможливе. Математично цей випадок можна записати так:

$$\varphi < \frac{b}{h_g}, \qquad (4)$$

де φ – коефіцієнт зчеплення ведучих коліс.

Коефіцієнт зчеплення ведучих коліс автомобіля залежить від типу і стану дорожнього покриття, наявності на ньому вологи, бруду, снігу та льоду. Експлуатаційні і конструктивні фактори автомобіля, такі як швидкість руху, тиск повітря в шинах, конструктивні і технологічні особливості шин, також мають великий вплив на коефіцієнт зчеплення.

Очевидно, що максимальний (граничний) кут підйому α в більшому ступені залежить від коефіцієнта зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорожнім покриттям. Для автопоїздів при значенні коефіцієнта зчеплення $\varphi \approx 0{,}3$ кут підйому α складає 4–6°, для одиночних автомобілів з однією ведучою віссю – 10–15°, для автомобілів зі всіма ведучими осями – 17–19°.

Перекидання сучасних автомобілів навколо задньої осі майже повністю виключено, тому що центр мас машини розташований в нижній частині ближче до передньої осі. Перекидання навколо передньої осі також майже неможливе, але все ж таки може статися під час руху автомобіля з великою швидкістю і різкому гальмуванні на крутих ухилах дороги, а також в результаті різкого зміщення вантажу вперед і попадання передніх коліс у глибокі вибоїни. Більш можливий випадок перекидання і втрати поперечної стійкості під час руху автомобіля з постійною або високою швидкістю на ділянках дороги з поперечним ухилом, внаслідок дії бокових сил.

Поперечна стійкість – це властивість автомобіля зберігати орієнтацію вертикальної осі в поперечній площині і в заданих межах. Визначається здатністю автомобіля протистояти проти заносу і перекидання під час руху на ділянках дороги із поперечним ухилом і складним рельєфом місцевості. Показниками поперечної стійкості є:

– критична швидкість криволінійного руху автомобіля, яка відповідає початковому моменту бокового ковзання, заносу або перекидання;

– критичний кут ухилу, який відповідає початку бокового ковзання коліс або початку поперечного перекидання.

Розглянемо рух автомобіля на місцевості з поперечним ухилом під кутом β (рис.2).

Виходячи з умови рівноваги автомобіля відносно осі, яка проходить через точку О опори правих коліс, отримаємо:

$$Z \cdot B + G_a h_g \sin\beta - G_a \frac{B}{2}\cos\beta = 0, \qquad (5)$$

де Z – сумарна вертикальна реакція на лівих колесах; B – колія автомобіля.

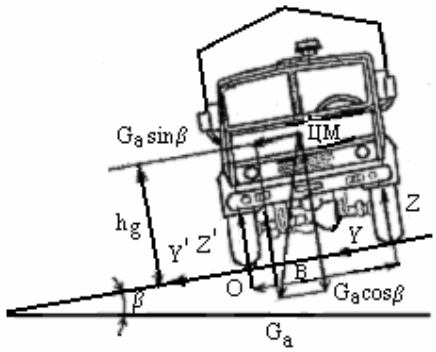

Рис. 2. **Сили, що діють на автомобіль у поперечній площині під час руху на ухилі**

Для виникнення моменту перекидання автомобіля необхідно, щоб $Z = 0$. Тоді:

$$G_a h_g \sin\beta = G_a \frac{B}{2}\cos\beta \text{ або } \beta = \frac{B}{2h_g}. \qquad (6)$$

Відповідно, чим більша колія автомобіля B і менша висота h_g, тим більш стійким буде рух автомобіля. При цьому tgβ (поперечний ухил дороги) приймається у відсотках (%).

Величина $B/2h_g = \eta_{n.c}$ є конструктивним параметром, що вказує на положення центра мас і називається коефіцієнтом поперечної стійкості автомобіля. В умовах експлуатації коефіцієнт поперечної стійкості $\eta_{n.c.}$ не залишається постійним, тому що висота h_g залежить від маси і типу вантажу, який перевозить автомобіль.

У легкових автомобілів висота h_g приблизно дорівнює $B/2$, у вантажних (під навантаженням) – 1,5 разу більше $B/2$, у автомобілів підвищеної прохідності висота h_g дорівнює величині B [5, 6].

З урахуванням значень висоти h_g можна вважати, що умови втрати поперечної стійкості і перекидання під дією бокових сил на ухилі для різних типів автомобілів будуть різні:

– легкові – $Ga \sin\beta > Ga \cos\beta$;

– вантажні – $1{,}5 \cdot Ga \sin\beta > Ga \cos\beta$;

– автомобілі підвищеної прохідності – $2 \cdot Ga \sin\beta > Ga \cos\beta$.

Щоб не виникало бокового ковзання під час руху автомобіля на ухилі, сила $G_a \cos\beta$ не повинна перевищувати коефіцієнта зчеплення ведучих коліс із дорогою (коефіцієнт зчеплення шини із сухою дорогою дорівнює 0,8, а з мокрою або слизькою – 0,2).

Таким чином, умова початку бокового ковзання ведучих коліс автомобіля вбік буде такою:

$$G_a \sin\beta \geq \varphi \cdot G_a \cos\beta \Rightarrow tg\beta \geq \varphi. \qquad (7)$$

Під час руху автомобіля на дорозі з поперечним ухилом бокове ковзання ведучих коліс і занос можуть відбуватися раніше його перекидання при умові, якщо величина $B/h_g > \varphi$, а якщо величина

$B/h_g<\varphi$, тоді момент перекидання автомобіля може відбуватися без бокового ковзання і заносу ведучих коліс.

Оціночним критерієм, який характеризує поперечну стійкість автомобіля проти заносу і перекидання на ухилі і горизонтальних ділянках дороги зі слизьким покриттям, є момент початку пробуксовування ведучих коліс.

Необхідно враховувати і те, що під час руху автомобіля на дорозі із поперечним ухилом сила $G_a\cos\beta$ завжди зменшується зі збільшенням кута β. На мокрій і слизькій дорозі з ухилом автомобіль буде пробуксовувати та ковзати вбік у результаті зменшення коефіцієнта зчеплення ведучих коліс із дорожнім покриттям і зменшенням сили $G_a\cos\beta$. Сила зчеплення коліс автомобіля в основному залежить від контактної площі і тертя шини з поверхнею дорожнього покриття (площі пружного гістерезису). Зміна площі пружного гістерезису шини залежить від деформації дорожнього покриття, вертикального навантаження на колесо і тиску повітря в шинах [6].

Армійські автомобілі для підвищення прохідності обладнані системою регулювання тиску повітря в шинах, яка дає можливість:

– підвищувати прохідність у важких дорожніх умовах за рахунок зменшення питомого тиску шини на ґрунт;

– при проколі шини продовжити рух автомобіля до місця стоянки без заміни колеса;

– здійснювати постійний контроль за тиском повітря в шинах, підвищувати або знижувати його у випадку відхилення від норми.

Керування системою регулювання тиску повітря в шинах здійснюється з місця водія як під час руху машини, так і на стоянці. Аналіз сучасних засобів контролю та регулювання тиску повітря в шинах свідчить, що вони мають вмонтовані в колеса транспортних засобів датчики тиску і температури повітря, а також інші пристрої для оцінки їх показників [2]. Однак вони можуть бути недостатньо ефективними під час експлуатації у важких дорожніх умовах.

Аналізуючи досвід експлуатації шин армійських автомобілів, встановили, що неконтрольований (підвищений або понижений) тиск повітря в шинах є основною причиною їх передчасного зношування і має великий вплив на експлуатаційні показники (табл.).

При зниженому тиску повітря в шинах деформується їх профіль, що призводить до сильного нагрівання, втрати стійкості, керованості і погіршення безпеки руху. Підвищений тиск повітря в шинах понад норму також призводить до того, що шина стає жорсткою, погано амортизує й інтенсивно зношується протектор в середній частині бігової доріжки.

Таблиця

Вплив тиску повітря в шинах на експлуатаційні показники машини

Падіння тиску повітря в шинах від номінального, %	Збільшення витрати палива, %	Скорочення терміну служби шини, на %
10	до 2,5	15
20	від 3,0 до 3,5	30
30	від 5,0 і більше	55

Перші дослідження відносно наслідків, пов'язаних із неконтрольованим тиском в шинах, провели американські вчені [7, 8]. Дослідження показали, що тільки в результаті порушення герметичності і різкого падіння тиску в шинах протягом року в дорожньо-транспортних пригодах загинуло більш як 270 осіб і ще більше отримали травми різної важкості.

Така ситуація в експлуатації транспортних засобів спонукає науковців удосконалювати й автоматизувати системи, які контролюють і регулюють тиск повітря в шинах транспортних засобів.

З метою покращення експлуатаційних властивостей армійських автомобілів пропонується розглянути патент на винахід «Спосіб регулювання тиску повітря в шинах транспортних засобів і система для його здійснення» [9].

Цей винахід дозволяє вдосконалити на існуючих армійських автомобілях систему регулювання тиску повітря в шинах, що дає можливість суттєво підвищить їхню стійкість і безпеку руху (рис. 3).

Суть винаходу полягає в тому, що система автоматично визначає рекомендований тиск повітря в шині і навантаження на неї. В залежності від вертикального навантаження на кожне колесо автомобіля здійснюється регулювання тиску повітря в шинах. Це відбувається за рахунок випуску повітря в атмосферу або підкачування його в шини до оптимального тиску.

В основі винаходу поставлено завдання: вдосконалити спосіб і систему регулювання тиску повітря в шинах, визначити реальний тиск повітря і здійснити перерозподіл цього тиску в залежності від вертикального навантаження на кожне із коліс.

Це завдання вирішується тим, що в способі регулювання тиску повітря в шинах, який включає накачування повітря в ресивер і перекачування його в шини з одночасним визначенням тиску повітря в шинах, додатково встановлено автоматичний блок керування з електромагнітними клапанами, що дозволяє контролювати і регулювати тиск на кожному колесі окремо, в залежності від

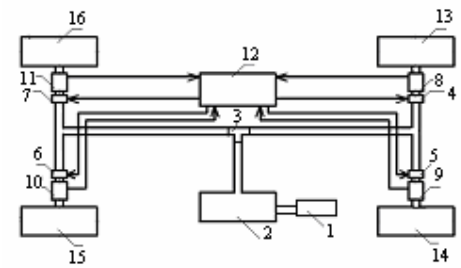

Рис. 3. **Електропневматична блок-схема системи регулювання тиску повітря в шинах транспортних засобів: 1 – компресор; 2 – ресивер; 3 –трійник; 4-7 – електромагнітні клапани повітря; 8-11 – датчики тиску; 12 – блок керування; 13, 14 – шини передніх коліс; 15-16 – шини задніх коліс**

вертикального навантаження на нього. Згідно із винаходом, для покращення стійкості руху автомобіля система автоматично визначає реальний тиск повітря в кожній шині і навантаження на кожне колесо. Після визначення система доводить реальний тиск у шинах до оптимального за рахунок випуску повітря в атмосферу або докачування його в шини.

Висновки

Проведений короткий аналіз зовнішніх сил, які діють на автомобіль, та експлуатаційних факторів дозволяє частково представити основні проблемні питання щодо стійкості і керованості автомобіля. Запропонований спосіб регулювання тиску повітря в шинах і система для його здійснення стабілізує коефіцієнт поперечної стійкості автомобіля і покращує його керованість.

Список літератури

1. Антонов Д. А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / Д. А. Антонов. – М.: Машиностроение, 1984. – 216 с.

2. Литвинов А. С., Фаробин Я. Е. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств / А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. – М.: Машиностроение, 1989.– 240 с.

3. Антонов Д. А. Расчет устойчивости движения многоосных автомобилей / Д. А. Антонов. – М.: Машиностроение, 1984. – 164 с.

4. Аксенов П. В. Многоосные автомобили / П.В. Аксенов. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.

5. Динамика системы: Дорога–шина–автомобиль / Под общ. ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.

6. Армейские автомобили / [Антонов А. С., Кононович Ю. А., Магидович Е. И. и др.]. – М.: Воениздат, 1970. – 523 с.

7. http://autosport.nsys. bycontent/view/42/28/.

8. htt://www.rusdetroit.ru/cat.

9. Декл. пат. № 56000А МК В60С23/00. Спосіб регулювання тиску повітря в шинах транспортних засобів і система для його здійснення / Козлинський М. П., Мальнов С. І., Костюк В. В., Гутий А. В., Хитренко Я. В. – Заявл. 15.04.2003; Опубл. 15.04.2003, Бюл. №4, – 2 с.: кресл.

Надійшла до редакції 4.12.2008

Рецензент: доктор технічних наук, професор Є. Ю. Форнальчик, Національний університет «Львівська політехніка», Львів.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ АРМЕЙСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМОЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ШИНАХ

В. В. Костюк, П. А. Русило, О. Д. Бойко

В статье рассмотрены вопросы поперечной и продольной устойчивости движения автомобиля и методы ее улучшения с помощью усовершенствованных способов и системы регулирования давления в шинах.

***Ключевые слова**: армейский автомобиль, продольная и поперечная устойчивость, система регулирования давления воздуха в шинах.*

INCREASE OF ARMY MOTOR VEHICLE RESISTANCE BY IMPROVED SYSTEM OF AIR PRESSURE REGULATION IN TYRES

V. V. Kostyuk, P. O. Rusilo, O. D. Boyko

The article deals with the problem of diametrical and longitudinal movement resistance of motor vehicle and methods of its upgrade by the instrumentality of improved means and system of air pressure regulation in tyres.

***Keywords:** military motor vehicles, diametrical and longitudinal resistance, system of air pressure regulation in tyres.*