

Смерницький Дем'ян Вікторович,

кандидат юридичних наук, заступник директора ДНДІ МВС України,
м. Київ, Україна,

ORCID ID 0000-0001-6066-0324

Гуляєв Андрій Володимирович,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
т.в.о. завідувача науково-дослідної лабораторії ДНДІ МВС України,
м. Київ, Україна,

ORCID ID 0000-0002-4965-8677

Диких Олександр Вікторович,

аспірант НТУ, начальник відділу ДНДІ МВС України, м. Київ, Україна,
ORCID ID 0000-0002-3511-3350

Кисіль Микола Васильович,

провідний науковий співробітник ДНДІ МВС України, м. Київ, Україна,
ORCID ID 0000-0001-7896-4959

УДОСКОНАЛЕННЯ НАУКОВО-МЕТОДИЧНОГО АПАРАТУ З ВИЗНАЧЕННЯ ТА НОРМУВАННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПРАВООХОРОННИХ ОРГАНІВ¹

У статті розглянуто дослідження та оцінку паливних систем автомобілів, проведено аналіз науково-методичного апарату з обґрунтування методів визначення і планування паливної економічності спеціалізованих транспортних засобів залежно від зміни основних конструктивних та інших факторів із огляду на умови руху, змодельовано вплив умов експлуатації транспортних засобів на їх паливну економічність та надано основні складові, які впливають на розрахунок паливно-економічної характеристики колісних транспортних засобів.

Ключові слова: правоохоронна діяльність, спеціальні транспортні засоби, витрата палива, паливна економічність.

В статье рассмотрены исследования и оценка топливных систем автомобилей, проведен анализ научно-методического аппарата по обоснованию методов определения и планирования топливной экономичности специализированных транспортных средств в зависимости от изменения основных конструктивных и других факторов с учетом условий движения, смоделировано влияние условий эксплуатации транспортных средств на их топливную экономичность и представлены основные составляющие, влияющие на расчет топливно-экономической характеристики колесных транспортных средств.

¹ Закінчення. Початок у попередньому номері.

© Smernytskyi Demian, Huliaiev Andrii, Dykykh Oleksandr, Kysil Mykola, 2020

Ключевые слова: правоохранительная деятельность, специальные транспортные средства, расход топлива, топливная экономичность.

У першій частині статті розглянуто проблему щодо покращання паливної економічності СТЗ, проведено аналіз досліджень та оцінку паливних систем автомобілів, визначено актуальність та значимість дослідження кількісної основи зміни лінійної витрати палива від основних факторів.

Вищенаведене обумовлює актуальність і практичну значимість для експлуатації СТЗ у реальних умовах дослідження й кількісної основи зміни лінійної витрати палива за відомих технічних характеристик СТЗ залежно від основних факторів, які формуються в умовах реальної експлуатації. Як засвідчив проведений аналіз, це стосується передовсім трьох визначальних факторів [2]:

- типу і стану дороги;
- швидкості руху автомобіля;
- завантаження автомобіля.

Фактори впливу технічного стану автомобіля й організації руху є питанням передовсім правильної організації експлуатації. Нелогічно нормування проводити й із урахуванням відхилення від нормативних параметрів технічного стану автомобіля (в бік явного збільшення).

Питання організації руху (міські умови, зимовий період, гірські умови) не є домінуючими, важко квантифікуються якимись певними числовими значеннями, і їхній вплив достатньо регламентувати певними коефі-цієнтами.

Проведений огляд та аналіз актуальних досліджень паливної економічності автомобілів дозволив виділити 3 характерні групи:

- дослідження взаємозв'язку зміни підбору конструктивних параметрів та технічних характеристик автомобіля з паливною економічністю;
- дослідження впливу умов руху автомобіля на його паливну економічність;
- оцінка впливу технічного стану автомобіля, включаючи регулювання і несправності, на збільшення лінійної витрати палива.

З аналізу досліджень випливає, що для серійних конструкцій автомобілів (при їхньому нормальному технічному стані відповідно до ТУ заводу- виробника) апріорі найбільший вплив мають фактори умов руху:

- швидкість руху;
- тип і стан дорожнього покриття;
- завантаження автомобіля;
- поздовжній профіль (підйоми та спуски), звивистість дороги в плані (кіль-кість і радіуси поворотів на одиницю шляху), тобто геометричні характеристики дороги;
- інтенсивність руху і формування транспортного потоку (в т. ч. характерні типи міського, приміського та міжміського руху);
- атмосферні і кліматичні умови (температура та вологість повітря, напрям і швидкість вітру);

– рівень кваліфікації водія.

Як правило, відомі дослідження акцентовані на оцінці конкретних двофакторних залежностей витрати палива від якогось із зазначених чинників. Практично відсутні комплексні багатофакторні дослідження, що дозволили б дати конкретну кількісну оцінку впливу і взаємозв'язку всіх перелічених вище чинників та, відповідно, питомої їх значущості на формування сумарної лінійної витрати палива автомобілів.

Моделювання руху автомобіля є найбільш ефективним і швидким засобом дослідження характеристик та параметрів у різних умовах руху і з різними змінами конструктивних параметрів. Головною проблемою є, однак, забезпечення достатньої точності й адекватності реальним процесам руху, що обумовлює необхідність експериментальних досліджень з оцінки точності математичної моделі і результатів розрахунків.

Беручи до уваги те, що в абсолютній більшості випадків при русі з постійною швидкістю двигун автомобіля працює в режимі часткових навантажень, загальноприйняте в теорії автомобіля використання зовнішньої швидкісної характеристики двигуна для вище задекларованих досліджень є несприйнятним, позаяк не забезпечить відтворення реальних процесів і необхідної точності.

З огляду на істотне 3–7-разове збільшення опору рухові на деформованих поверхнях доріг і, відповідно, визначальну значимість затрат потужності та формування витрат палива, власне, розрахунок опору рухові і став основою відповідної моделі [1, 2, 3].

Узагальнюючи відомі дослідження [4], можна констатувати, що порівняно з асфальтобетонним покриттям необхідно враховувати додаткові, істотні складові коефіцієнту опору рухові:

- від втрат від коливання і тертя в підвісках через нерівності мікропрофілю передовсім ґрунтових і піщаних доріг;
- від втрат від деформації ґрунту;
- від втрат від часткового пробуксовування ведучих коліс, насамперед, на вологих поверхнях ґрунтових і піщаних доріг.

У останніх двох складових побічно враховуються й додаткові втрати, обумовлені передачею того чи іншого крутного моменту, через шини ведучих коліс, що виділяються в ряді досліджень в окрему складову [5, 6]. Однак відсутність конкретних даних втрат потужності на сумарне кутове закручення шин підведеним крутним моментом фактично унеможливорює практичні розрахунки.

Проте на деформованих поверхнях доріг (бездоріжжях) слід враховувати різницю в опорі рухові осей, обумовлену різною деформацією ґрунту шинами передньої і задньої осей завдяки ефекту ущільнення ґрунту після проїзду передньої осі.

Як показано в ряді досліджень [4], вплив швидкості руху в діапазоні від 0 до 60 км/год на збільшення опору рухові, характерному власне для цих типів доріг, є практично неістотним і ним можна знехтувати. Однак зі швидкістю руху пов'язана практично лінійна залежність зростання додаткових втрат від коливань підвіски через мікропрофіль дороги [7].

Спільним для всіх типів доріг є додаткові затрати потужності двигуна, обумовлені нерівностями мікропрофілю дороги і відповідними втратами (тертя в підвісці та шинах) [3, 7].

Додатковий опір рухові, що обумовлений нерівностями дороги, зазвичай враховують шляхом відповідного збільшення коефіцієнту опору кочення.

Однак отримані в такий спосіб результати корегування коефіцієнту опору рухові є занадто узагальненими, незалежно від конкретних особливостей певних моделей автомобіля, типу підвіски, числа осей, шин і т.д.

Експериментальне визначення цього параметра є істотно простішим порівняно з варіантом безпосереднього вимірювання зміни мікропрофілю дороги та відповідних амплітуд переміщень непідресорених та підресорених мас.

Найбільш повно ці питання досліджені стосовно існуючого на ті часи типажу моделей шин (діагональних) та автомобілів в роботах професора М.Я. Говоруценка [3, 4], а також у доробку професора А. Силаєва [8].

Деякі експериментальні дослідження оцінки впливу нерівності поверхні дороги на паливну економічність, а також результати інших досліджень (безпосередньо не пов'язаних із оцінкою впливу на витрату палива, із акцентом на плавність руху і вдосконалення конструкції підвіски за умов мінімізації і втрат енергії при коливаннях) однозначно підтверджують необхідність врахування впливу нерівності поверхні дороги на витрату палива, а, відповідно, і за розрахунку сумарної сили опору рухові.

При русі на дорогах без твердого покриття (грунтових, піщаних, відкритій місцевості), як уже зазначено вище, істотний опір рухові формують деформація ґрунту та втрати від часткового пробуксовування ведучих коліс (особливо на мокрих та піщаних дорогах).

Вплив деформації ґрунту достатньо детально розглянуто в дослідженнях професора Іларіонова В.А. [10], професора Говоруценка М.Я [3, 4], Кошарного М.Ф. [9]. Рух колеса по нетвердій поверхні (волога ґрунтова дорога, суглинок, супісок, піщані сухі та вологі дороги, трав'яна місцевість) супроводжується ущільненням опорної поверхні, утворенням колії від шин, зміщенням частинок поверхні в сторони й за напрямом руху. Додатковий опір рухові (і відповідні затрати потужності) формує глибина колії, тип і стан ґрунту, діаметр та ширина шини та, відповідно, величина вертикально навантаження на колесо.

Великий діапазон розсіювання, що обумовлено особливостями конкретних ґрунтів, украй ускладнює розрахунок у аналітичних дослідженнях.

Значимість впливу деформації ґрунту на опір коченню колеса (опір рухові автомобіля) підтверджують і дослідження професора М.Я. Говоруценка [3, 4].

Слід зазначити також вплив вертикального навантаження на колесо й логічне формування різного опору рухові для шин як передньої осі (зазвичай з меншим осьовим навантаженням), так і для задньої чи задніх наступних осей (за однакової колії повнопривідного автомобіля ці шини вже котяться по попередньо ущільненому ґрунту з відповідним зменшенням глибини колії, але, як правило, слід враховувати і зміну осьового навантаження).

Додаткові затрати потужності на пробуксовування коліс на деформованих поверхнях тісно пов'язані з механікою ґрунтів і, відповідно, з відповідними втратами

на деформацію ґрунту. Практично виділяти цю складову опору рухові почали в 70-х роках минулого століття як суттєву при русі на м'яких ґрунтах при збільшенні коефіцієнту буксування.

Проблемність аналітичного розрахунку додаткової сили опору рухові від втрат пробуксовування ведучих коліс полягає також у тому, що величина пробуксовування залежить не тільки від ґрунту, а й від підведеного крутного моменту, що зумовлюється суб'єктивним фактором досвіду водія. Крім цього, визначальний вплив має і співвідношення між коефіцієнтом зчеплення шини за поздовжнім напрямом та максимальним значенням коефіцієнта зчеплення (з урахуванням зчеплення шин за поперечним напрямом).

З механіки процесу буксування вочевидь методологічно правильним є визначення додаткових затрат потужності на опір рухові за умов зміни значень коефіцієнту зчеплення в процесі, що, однак, нелінійно взаємопов'язаний з величиною буксування (коефіцієнта буксування) [9]. Однак емпіричне визначення значень потужності на опір рухові є достатньо складною процедурою, що вкрай ускладнює і формування бази даних для відповідного моделювання.

Тому для практичного використання більш сприятливим є розрахунок складової опору рухові на різних типах доріг через відповідну додаткову затрату потужності двигуна на пробуксовування.

При цьому експериментально легко фіксується різниця колової швидкості ведучого колеса та фактичної швидкості поступального руху автомобіля. Однак розрахунок додаткових затрат потужності двигуна, спричинених буксуванням, обумовлює або задання певного значення коефіцієнта буксування, або ж задання питомого перевищення крутного моменту, необхідного для переборення решти складових опору рухові, що, відповідно, і сформує величину пробуксовування та різницю між коловою швидкістю ведучого колеса і фактичною швидкістю поступального руху автомобіля.

Залежність зміни коефіцієнта зчеплення при пробуксовуванні від величини коефіцієнта буксування з достатньою для практики точністю можна апроксимувати лінійною або параболічною залежністю (рис. 1).

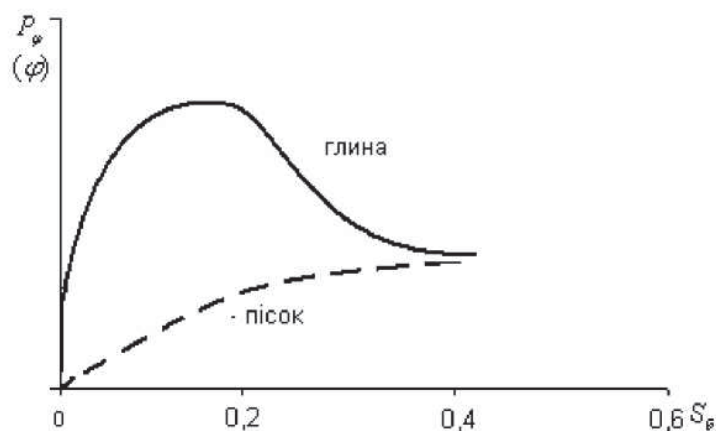


Рис. 1. Залежність коефіцієнта зчеплення шини $P(\phi)$ від коефіцієнта буксування S_ϕ

© Smernytskyi Demian, Hulciaev Andrii, Dykykh Oleksandr, Kysil Mykola, 2020

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.1\(60\).13](https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.1(60).13)

Issue 1(60) 2020

<http://suchasnaspetstehnika.com/>

Метою розрахунку руху СТЗ є оцінка лінійних витрат палива на вищезгаданих типах доріг, основою якого є визначення відповідного режиму роботи двигуна та відповідно, швидкісного режиму, що задається як швидкістю руху, так і відповідною передачею трансмісії з умовами створення необхідного тягового зусилля, що формує навантаження двигуна – необхідне значення крутного моменту, та відповідні значення питомої чи годинної витрати палива [7]. Основою цього є визначення відповідного режиму роботи двигуна та, відповідно, швидкісного режиму, що задається як швидкістю руху, так і відповідною передачею трансмісії.

З механіки процесу буксування очевидно методологічно правильним є визначення додаткових затрат потужності на опір рухові за умов зміни значень коефіцієнту зчеплення в процесі, що, однак, нелінійно взаємопов'язаний із величиною буксування (коефіцієнта буксування S_6) (рис. 5). Однак емпіричне визначення значень співвідношення між коефіцієнтом зчеплення шини у поздовжньому напрямі та максимальним значенням коефіцієнта зчеплення є достатньо складною процедурою, що вкрай ускладнює формування бази даних для відповідного моделювання.

Наявні розрахунки та програми, побудовані на них, дозволяють враховувати:

- зміну опору деформації ґрунту для передньої і задніх осей;
- лінійний вплив швидкості руху на приріст опору коченню шин внаслідок гістерезисних втрат деформації шин за швидкості руху $> 40-60$ км/год;
- аеродинамічну складову опору рухові за загальноприйнятими залежностями;
- вплив поздовжнього профілю дороги;
- додатковий опір рухові при русі на криволінійних в плані дороги з ефектом бічного відведення шин.

Розрахунок необхідної потужності для подолання заданого умовами опору рухові передбачає також:

- врахування ширини шин;
- лінійні зміни радіусу кочення коліс залежно від тиску повітря в шинах (в межах до 10 %) та підведеного крутного моменту (в межах до 3-4 %).

Проте наявні алгоритми моделювання не дозволяють побудувати універсальну паливно-економічну характеристику для повнопривідних СТЗ, виготовлених на базі сучасних вантажних автомобілів загального користування шляхом встановлення бронювання, озброєння та додаткового обладнання для виконання військових завдань та з охорони правопорядку.

У зв'язку з цим, постає потреба в удосконаленні науково-методичного апарату з визначення та нормування паливної економічності СТЗ, що використовуються для потреб як МВС України та ЦОВВ, так і Збройних Сил України, з більш об'єктивним формуванням лінійних норм витрат палива в різних умовах експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кошарний Н.Ф. Технично-експлуатаційні властивості автомобілів високої прохідності: навчальне посібник. Київ: Вища школа, 1981. 208 с.
2. Теслик Б.І. Багатофакторна оцінка паливної економічності автомобілів у взаємозв'язку з умовами руху. Автотехніка, автобуси, вантажівки. 2007. № 1. С. 37–43.
3. Говорущенко Н.Я. Вопросы теории эксплуатации автомобилей на дорогах с различной степенью ровности покрытий: издание Харьков. гос. университета, 1964. 32 с.
4. Говорущенко Н.Я. Основы теории эксплуатации автомобилей: навчальний посібник. Київ: Вища школа, 1971. 232 с.
5. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля: учебное пособие. Москва: Машгиз, 1963. 236 с.
6. Крайник Л.В., Грубель М.Г. Диференційоване нормування витрат палива вантажних автомобілів. Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. 2007. № 3. С. 19–24.
7. Грубель М.Г. Багатофакторне нормування витрат палива повнопривідних автомобілів. Системи озброєння і військова техніка. 2007. № 3(11). С. 21–24.
8. Силаев А.Л. Спектральная теория поддресоривания транспортных машин: монография. Москва: Машгиз, 1963. 261 с.
9. Кошарний М.Ф. Основы механики та енергетики автомобіля: навчальний посібник. Київ: Вища школа, 1992. 200 с.
10. Илларионов В.А. Эксплуатационные свойства автомобиля (теоретический анализ): учебное пособие. Москва: Машиностроение, 1966. 280 с.

REFERENCES

1. Kosharnyi, N.F. (1981) Tekhniko-yekspluatatsionnyye svoystva avtomobiley vysokoy prokhdimosti: uchebnoye posobiye. "Technical and Operational Properties of High Cross-Country Vehicles": manual. Kyiv: Higher School. 208 p. [in Russian].
2. Teslyuk, B.I. (2007) Bahatofaktorna otsinka palyvnoyi ekonomichnosti avtomobiliv u vzayemozvyazku z umovamy rukhu. "Multiple-Factor Assessment of Fuel Economy of Cars in Relation to Traffic Conditions". Autotechnics, Buses, Trucks 1, 37–43 [in Ukrainian].
3. Hovorushchenko, N.Ya. (1964) Voprosy teorii ekspluatatsii avtomobiley na dorogakh s razlichnoy stepen'yu rovnosti pokrytiy. "Issues of the Theory of Operation of Cars on Roads with Varying Degrees of Evenness of Coatings". Edition of Kharkiv National University. 32 p. [in Russian].
4. Hovorushchenko, N.Ya. (1971) Osnovy teorii ekspluatatsii avtomobiley. "Fundamentals of Theory of Automobile Operation": manual. Kyiv: Higher School. 232 p. [in Russian].
5. Falkevich, B.S. (1963) Teoriya avtomobilya. "Car Theory": manual. Moscow: Mashgiz. 236 p. [in Russian].
6. Krainyk, L.V., Hrubel, M.H. (2007) Dyferentsiyovane normuvannya vytrat palyva vantazhnykh avtomobiliv. "Differentiation of Fuel Consumption of Trucks". Bulletin of the Donetsk Institute of Road Transport 3, 19–24 [in Ukrainian].
7. Hrubel, M.H. (2007) Bahatofaktorne normuvannya vytrat palyva povnoprividnykh avtomobiliv: systemy ozbroynennya i viys'kova tekhnika. "Multivariate Rationing of All-Wheel Drive Fuel Costs". Weapon Systems and Military Equipment 3(11), 21–24 [in Ukrainian].
8. Silayev, A.L. (1963) Spektral'naya teoriya podressorivaniya transportnykh mashin. "The Spectral Theory of Suspension of Transport Vehicles": monograph. Moscow: Mashgiz. 261 p. [in Russian].
9. Kosharnyi, M.F. (1992) Osnovy mekhaniky ta enerhetyky avtomobilya. "Fundamentals of Mechanics and Energy of the Car": manual. Kyiv: High School, 1992. 200 p. [in Ukrainian].
10. Illarionov, V.A. (1966) Ekspluatatsionnyye svoystva avtomobilya (teoreticheskiy analiz). "The Operational Properties of the Car (theoretical analysis)": manual. Moscow: Engineering. 280 p. [in Russian].

© Smernytskyi Demian, Hulciaev Andrii, Dykykh Oleksandr, Kysil Mykola, 2020

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.1\(60\).13](https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.1(60).13)

Issue 1(60) 2020

<http://suchasnaspetstehnika.com/>

UDC 629.369, 351.74

Smernytskyi Demian,

Candidate of Juridical Science, Co-Chief of Director of the State
Research Institute MIA Ukraine, Kyiv, Ukraine,
ORCID ID 0000-0001-6066-0324

Huliaiev Andrii,

Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow,
Caretaker Head of the Research Laboratory of the State
Research Institute MIA Ukraine, Kyiv, Ukraine,
ORCID ID 0000-0002-4965-8677

Dykykh Oleksandr,

postgraduate of NTU, Head of the Department of the State
Research Institute MIA Ukraine, Kyiv, Ukraine,
ORCID ID 0000-0002-3511-3350

Kysil Mykola,

Leading Researcher of the State Research Institute MIA Ukraine,
Kyiv, Ukraine,
ORCID ID 0000-0001-7896-4959

**IMPROVEMENT OF THE SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL DEVICE
FOR DETERMINATION AND NORMATION OF FUEL ECONOMICITY OF
SPECIALIZED VEHICLES**

Paper deals with the specifics of the use of road transport for the performance of official tasks facing the departments of NSU and CEB, which are related to the execution of law enforcement functions, namely special-purpose armored vehicles, which are created on the basis of the chassis of general-purpose vehicles for certain functions, have increased security against damage and are used to perform various tasks such as transportation of personnel, intelligence, communications, mater tial and medical care etc. The need for the development and production of armored vehicles of different designation for the units of the Armed Forces and the Central Executive Committee, the NSU of Ukraine is identified.

The urgent and actual problem of the improvement of the fuel efficiency of the STS is considered, by analyzing and finding possible ways to increase the efficiency of use of motor fuel and assesment the impact of the technical characteristics of the power drive on fuel efficiency.

The analysis of researches and estimation of fuel systems of cars, scientific-methodical apparatus for substantiation of methods of determination and planning of fuel economy of specialized vehicles is carried out depending on the change of basic structural and other factors taking into account conditions of intended use.

The relevance and practical importance of the study of the quantitative basis of the change in the linear fuel consumption with the known technical characteristics of the special technical vehicles depending on the main factors formed in actual operation:

© Smernytskyi Demian, Huliaiev Andrii, Dykykh Oleksandr, Kysil Mykola, 2020

DOI (Article): [https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.1\(60\).13](https://doi.org/10.36486/mst2411-3816.2020.1(60).13)

Issue 1(60) 2020

<http://suchasnaspetstehnika.com/>

tasks performed by the special technical vehicles, type and condition of roads, speed of car movement, vehicle loading.

The main indicators that influence the calculation of fuel and economic characteristics of wheeled vehicles are listed.

There is a substantiated need for improvement of the scientific and methodological apparatus for determining and normalizing the fuel efficiency of the special technical vehicles used in different operating conditions.

Keywords: law enforcement, special vehicles, fuel consumption, fuel efficiency.

Отримано 03.12.2019

Рецензент к.т.н. Марченко О.С.