

УДК 656.057.87

О. С. Мазін, І. Л. Страшний, В. М. Франков, О. Ю. Шабалін

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ БРОНЬОВАНИХ КОЛІСНИХ МАШИН І ШЛЯХИ ЇЇ ПОКРАЩЕННЯ

Проведено дослідження паливної економічності броньованої колісної машини та визначено ступінь впливу основних конструктивних та експлуатаційних факторів на паливну економічність.

К л ю ч о в і с л о в а: двигун, паливо, економічність.

Постановка проблеми. В Національній академії Національної гвардії України ведуться наукові дослідження, спрямовані на вдосконалення конструкції та підвищення бойової ефективності спеціальної автомобільної техніки, броньованих автомобілів і бронетранспортерів [1]. При цьому, на думку авторів, паливній економічності не приділяється достатньої уваги, вважаючи, що для військового броньованого автомобіля основними є його бойові показники.

Однак досвід проведення АТО показує, що бойові колісні машини за певних умов мають долати достатньо великі відстані або тривалий час працювати на бойових позиціях з увімкненим двигуном. У таких ситуаціях їх паливна економічність, особливо за наявності логістичних проблем, може накладати обмеження на бойову ефективність військової бронетехніки. До того ж не можливо не враховувати економічність експлуатації броньованих колісних машин, суттєвою складовою якої є витрати на паливно-мастильні матеріали.

Враховуючи вищезазначене, покращення паливної економічності на етапі розробки нової техніки та під час експлуатації наявних зразків броньованих колісних машин є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз друкованих джерел [2–5] показує, що на показники паливної економічності найбільш суттєво впливають такі фактори: характеристики двигуна і його технічний стан, технічні характеристики трансмісії, маса і габарити автомобіля, технічний стан шасі автомобіля, дорожні і кліматичні умови, режим роботи машини (навантаження, швидкість), аеродинаміка, кваліфікація водія.

1. *Вплив технічного стану двигуна на паливну економічність.* Втрата компресії в циліндрах двигуна зі зношеною циліндро-поршневою групою супроводжується збільшенням витрати пального на 4–6 %. Причиною такої підвищеної витрати (до 30 % вище нормального її значення) є також незадовільний технічний стан або порушення регулювань приладів системи живлення двигуна. Окремі відхилення в роботі карбюраторного двигуна пов'язані не тільки із системою живлення, а і з несправністю приладів системи запалювання, що є іноді причиною перевитрати пального до 50 %. Істотно погіршується економічність двигуна при зниженні температури охолоджувальної рідини. Це пояснюється збідненням паливної суміші через неповне випаровування пального в циліндрах. Підвищення механічних втрат у двигуні призводить до збільшення паливних витрат на 5–10 %. Водій повинен контролювати стан кривошипно-шатунного механізму, системи мащення, а також роботу всіх допоміжних агрегатів, які мають привід від двигуна.

2. *Вплив швидкості руху та стану дорожнього покриття на паливну економічність.* Витрати потужності на опір повітряного середовища руху автомобіля зростають пропорційно третій степені швидкості автомобіля й особливо відчутні при її значеннях понад 60–70 км/год. У зв'язку із цим нерационально здійснювати тривалий рух автомобіля зі швидкостями, близькими до максимальних, дозволених для даної дороги, особливо на дорогах, що проходять по відкритій місцевості, а також при сильному зустрічному й бічному вітрі. За критеріями паливної економічності й транспортної продуктивності діапазон швидкості усталеного руху для вантажних автомобілів складає 60–65 км/год і 80–90 км/год для легкових при їхньому повному завантаженні.

3. *Вплив кліматичних умов на паливну економічність.* Витрата пально-мастильних матеріалів при експлуатації автомобілів у осінній та весняний періоди може бути істотно знижена завдяки здійсненню комплексу організаційних і технічних заходів, що зменшують негативний вплив погодних умов на витрату пального. До таких заходів належать: обґрунтований вибір строків й оптимальних маршрутів перевезень і відповідного їм рухомого складу; обмеження маси причепів; широке застосування спеціальних шин і знімних пристосувань, що зменшують буксування коліс і підвищують прохідність автомобілів; контроль за правильністю загального завантаження автомобіля без перевищення; оптимальний розподіл вантажу у кузові й ін.

Несприятливі особливості зимової експлуатації автомобілів можуть спричинити підвищення витрати пального до 30–40 %. Але за умов ретельної підготовки автомобіля до рейсу й кваліфікованого водіння зимові витрати пального можуть перевищувати літні не більше, ніж на 5–10 %.

4. *Вплив рівня кваліфікації водія на паливну економічність.* Економити пальне шляхом використання раціональних прийомів керування автомобілем можуть водії з різним рівнем підготовки. Це не залежить від сформованого стилю водіння. Для цього спочатку варто поліпшити техніку впливів на органи керування автомобілем й освоїти економічні прийоми водіння: рушання, розгін, усталений рух, гальмування, зупинку. Як показує практика, оптимізація цих прийомів дозволяє навченому водієві знижувати витрату пального на 10–15 %, незалежно від інших умов, що впливають на паливну економічність автомобіля.

Ступінь впливу конструктивних і експлуатаційних факторів на паливну економічність залежить від типу автомобіля, його призначення і режимів експлуатації. Очевидно, що для броньованого автомобіля військового призначення і транспортного або легкового автомобіля на перший план будуть виходити різні фактори. Тому доцільно оцінити ступінь впливу основних факторів на паливну економічність броньованої колісної машини аналітичними методами з використанням сучасних інформаційних технологій.

Метою статті є обґрунтування рекомендацій щодо покращення показників паливної економічності при експлуатації броньованих колісних машин у військових частинах Національної гвардії України.

Виклад основного матеріалу. Виконаємо теоретичні дослідження паливної економічності на прикладі перспективного тривісного бронеавтомобіля на шасі серійного автомобіля КРАЗ-6322, конструкція якого запропонована науковцями Національної академії Національної гвардії України [1].

Як показник паливної економічності вибрано шляхову витрату пального Q_s в літрах на 100 км пробігу. Розрахунок чисельних значень Q_s залежно від значень експлуатаційних факторів та технічних параметрів бронеавтомобіля виконаємо у програмному середовищі “Mathcad”, що дозволить підвищити точність та оперативність розрахунків, спростити процес визначення витрати пального при зміні початкових даних, а також забезпечить ітераційний характер розрахунків у разі невідповідності отриманих результатів заданим умовам. Розрахунки виконаємо за методикою, наведеною у навчальному посібнику [6].

Як показник технічної досконалості бронеавтомобіля вибираємо ККД трансмісії, експлуатаційні фактори врахуємо за допомогою сили опору дороги. Вплив типу і конструкції двигуна на паливну економічність бронеавтомобіля врахуємо за допомогою коефіцієнта питомої витрати пального двигуном при максимальній потужності g_{eN} , г/кВт·год.

Кінцева формула для визначення шляхової витрати пального при русі бронеавтомобіля на i -й передачі має вигляд:

$$Q_{s_i} = \frac{g_{eN} \cdot k_E \cdot k_{H_i} \cdot [P_{W_i} + G_a \psi V_{a_i}]}{10^3 \cdot V_{a_i} \cdot \eta \cdot \rho} \quad [\text{л} / 100 \text{ км}], \quad (1)$$

де k_E – коефіцієнт, що залежить від ступеня використання частоти обертання колінчастого вала двигуна;

k_{H_i} – коефіцієнт, що залежить від ступеня використання потужності двигуна на i -й передачі у коробці перемикачів передач; методика визначення коефіцієнтів k_E і k_{H_i} наведена у навчальному посібнику [6];

P_{W_i} – потужність, що витрачається на подолання опору повітря під час руху на i -й передачі, кВт;

G_a – повна вага бронеавтомобіля, Н;

$\psi = f \cos \alpha + \sin \alpha$ – коефіцієнт опору дороги;

f – коефіцієнт опору коченню коліс бронеавтомобіля; для дослідження вибираємо діапазон значень $f = 0,015 \dots 0,035$ (дорога з твердим покриттям – ґрунтова дорога);

α – кут підйому дороги у градусах; дослідження виконаємо для горизонтальної дороги, $\alpha = 0$;

V_{a_i} – швидкість руху бронеавтомобіля на i -й передачі, км/год;

$100 / V_{a_i}$ – час проходження 100 км шляху при русі броневих автомобіля зі швидкістю V_{a_i} ;

ρ – густина палива, кг/л;

η – ККД трансмісії броневих автомобіля; для дослідження вибираємо діапазон значень $\eta = 0,8 \dots 0,95$.

Паливні характеристики броневих автомобіля, побудовані за результатами розрахунків для заданих вихідних даних, представлені на рис. 1 та 2. На рис. 1 наведена паливна характеристика броневих автомобіля для трьох значень ККД трансмісії із вибраного для досліджень діапазону. На рис. 2 наведена паливна характеристика броневих автомобіля для трьох значень коефіцієнта опору дороги із вибраного для досліджень діапазону.

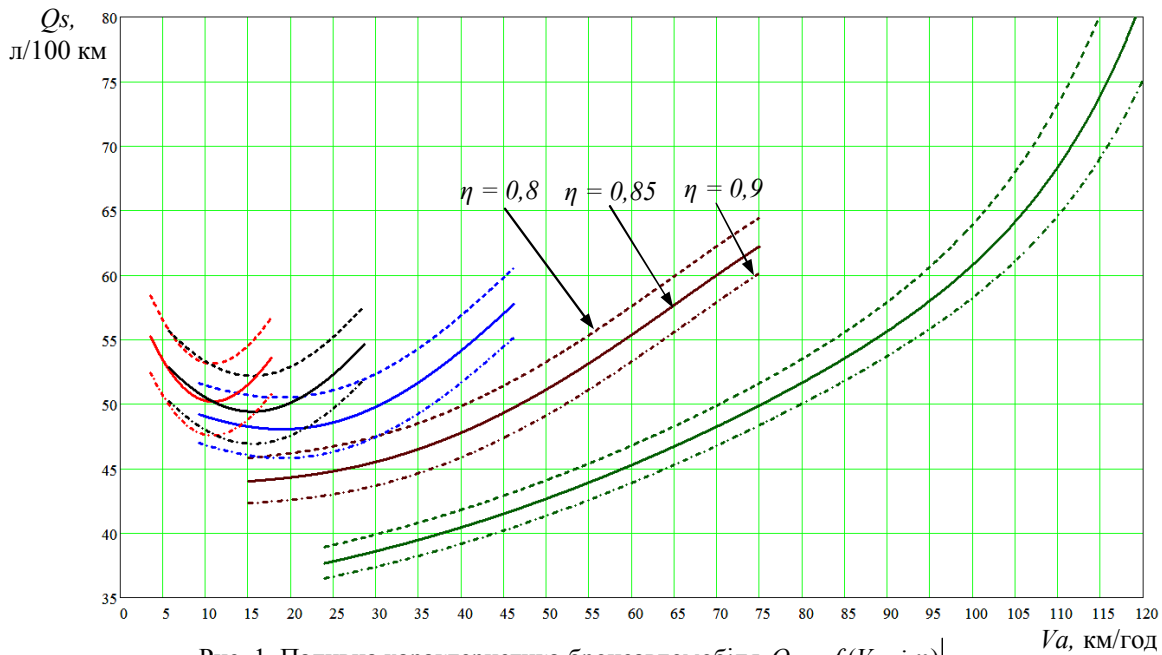


Рис. 1. Паливна характеристика броневих автомобіля $Q_s = f(V_{a_i}, i, \eta) \Big|_{\psi=0,02}$

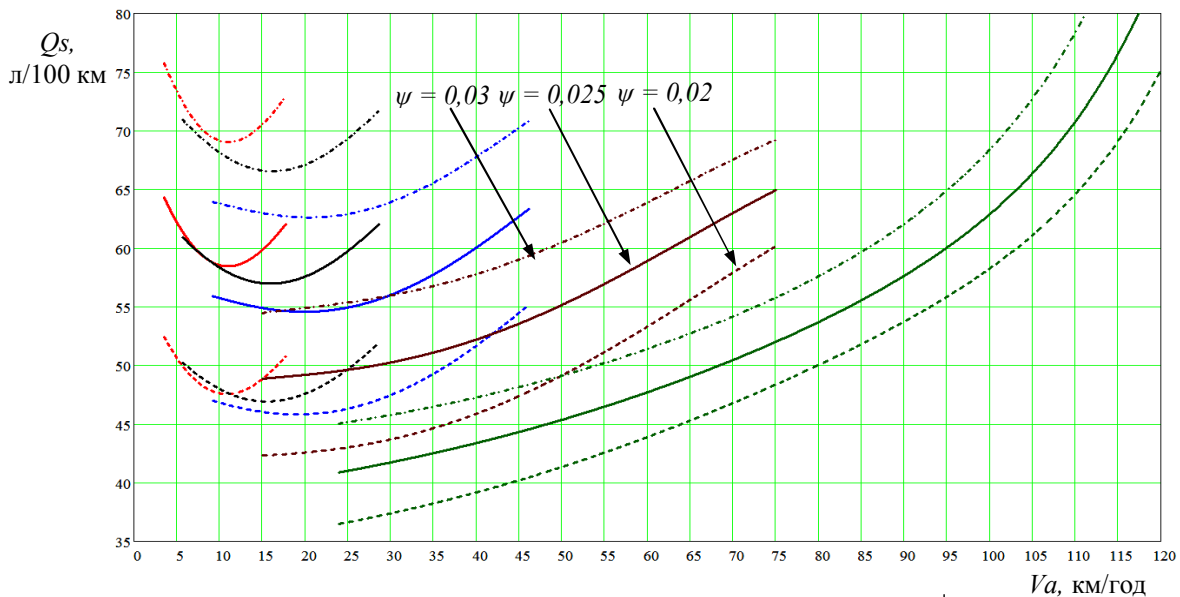


Рис. 2. Паливна характеристика броневих автомобіля $Q_s = f(V_{a_i}, i, \psi) \Big|_{\eta=0,9}$

На основі якісного візуального аналізу паливних характеристик броневих автомобілів (рис. 1, 2) можна дійти висновку, що збільшення опору дороги призводить до більш суттєвого зростання витрати пального, ніж зменшення ККД трансмісії. Для більш точного визначення характеру впливу вказаних факторів на паливну економічність виконаємо дослідження залежності шляхової витрати

пального Q_s від ККД трансмісії і коефіцієнта опору дороги при русі броньованого автомобіля з постійною швидкістю на прямій передачі, підставивши у формулу (1) швидкість руху 60 км/год і відповідне їй значення частоти обертання колінчастого вала двигуна (коефіцієнти k_E і k_H). У результаті отримаємо графіки залежностей $Q_s = f(\eta)|_{V_a=60 \text{ км/год}}$ та $Q_s = f(\psi)|_{V_a=60 \text{ км/год}}$, наведені на рис. 3 та рис. 4 відповідно.

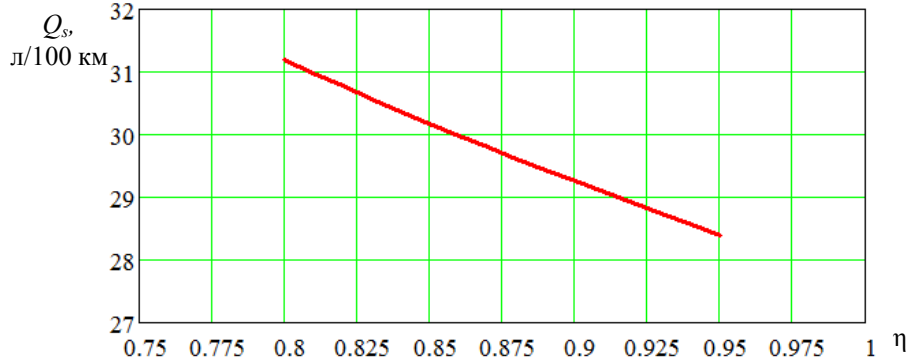


Рис. 3. Графік залежності $Q_s = f(\eta)|_{V_a=60 \text{ км/год}; \psi=0,02}$

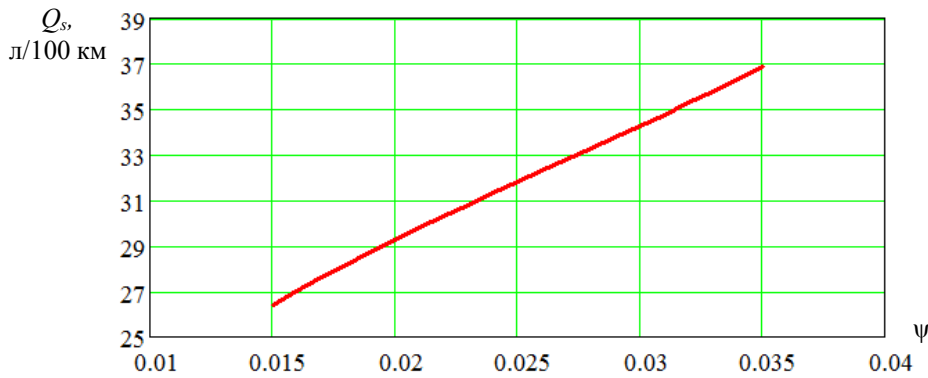


Рис. 4. Графік залежності $Q_s = f(\psi)|_{V_a=60 \text{ км/год}; \eta=0,9}$

Отримані залежності у заданих діапазонах зміни η та ψ з достатньою для експлуатаційних розрахунків точністю можна вважати лінійними. Тому ступінь впливу параметрів η та ψ на витрату пального Q_s можна оцінити крутизною відповідних відрізків прямих, яка визначається тангенсом кута нахилу прямих. Визначимо тангенс кута нахилу графіків $Q_s = f(\eta)$ та $Q_s = f(\psi)$.

Враховуючи, що розмірності і діапазон величин осей абсцис і ординат різні, виконаємо нормування довжини відповідних відрізків за максимальним значенням параметра. У результаті отримаємо:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\eta} = \frac{Q_s|_{\eta=0,95} - Q_s|_{\eta=0,8}}{Q_s|_{\eta=0,8}} = \frac{28,396 - 31,188}{31,188} = -0,567;$$

$$\frac{\eta_{\max} - \eta_{\min}}{\eta_{\max}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\psi} = \frac{Q_s|_{\psi=0,035} - Q_s|_{\psi=0,015}}{Q_s|_{\psi=0,035}} = \frac{36,868 - 26,417}{36,868} = 0,496.$$

$$\frac{\psi_{\max} - \psi_{\min}}{\psi_{\max}}$$

Оскільки $|\operatorname{tg}\alpha_n| > \operatorname{tg}\alpha_{\psi}$, можна дійти остаточного висновку, що показник витрати пального Q_s для досліджуваного броневих автомобіля є більш чутливим до зміни ККД трансмісії, який своєю чергою визначається конструкцією броневих автомобіля і суттєво залежить від його технічного стану.

Висновки

1. На паливну економічність броньованих колісних машин суттєво впливають умови руху (коефіцієнт опору дороги, вибрана швидкість руху та ін.) та технічні і конструктивні параметри (маса броневих автомобіля, потужність двигуна, ККД трансмісії та ін.).

2. Виконаний кількісний аналіз впливу конструктивних і експлуатаційних факторів на паливну економічність броневих автомобіля свідчить, що показник витрати пального є більш чутливим до зміни технічного стану шасі, ніж до зміни дорожніх умов. І якщо вибір сприятливих дорожніх умов при експлуатації броньованого автомобіля військового призначення не завжди можливий, особливо при виконанні бойових завдань, то підтримання технічного стану броневих автомобіля на заданому рівні за рахунок своєчасного і якісного виконання операцій технічного обслуговування є важливим завданням не тільки з причин забезпечення його бойової ефективності, а й з погляду на забезпечення паливної економічності.

Список використаних джерел

1. Нові пропозиції щодо конструкцій броневих автомобілів на базі шасі автомобілів сімейства КраЗ [Текст] / О. С. Мазін, С. П. Мазін, В. М. Франков, О. Ю. Шабалін // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Х. : НА НГУ, 2014. – Вип. 2 (24). – С. 18–22.

2. Кайдалов, Р. О. Удосконалення системи нормування витрат пального у внутрішніх військах під час виконання службово-бойових завдань [Текст] / Р. О. Кайдалов, О. П. Марценяк // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – Х. : Акад. внутрішніх військ МВС України, 2012. – Вип. 1 (19). – С. 55–57.

3. Безбородова, Г. Б. Экономия топлива при вождении автомобиля [Текст] / Г. Б. Безбородова, Н. М. Маяк, А. А. Чальй. – К. : Техника, 1986. – С. 109–110.

4. Говорущенко, Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей [Текст] / Н. Я. Говорущенко. – М. : Транспорт, 1970.

5. Топливная экономичность автомобилей с бензиновыми двигателями [Текст] / Т. У. Асмус, К. Боргнакке, С. К. Кларк и др. : пер. с англ. А. М. Васильева. – М. : Машиностроение, 1988. – 504 с., ил.

6. Страшний, І. Л. Експлуатаційні властивості автомобілів [Текст] : навч. посіб. / І. Л. Страшний, А. П. Горбунов. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2014. – 94 с.

Стаття надійшла до редакції 27.10.2015 р.