

С. І. Кривошапов¹
Ю. В. Горбик¹
В. А. Кашканов²

МЕТОДИКА НОРМУВАННЯ ВИТРАТИ ПАЛИВА ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ ШВИДКОЇ ДОПОМОГИ

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²Вінницький національний технічний університет

Сучасні умови потребують дбайливого ставлення до паливно-енергетичних ресурсів країни. Автомобільний транспорт є основним споживачем бензину та дизельного палива. В Україні контроль витрат палива для дорожньо-транспортних засобів встановлюється на законодавчому рівні. Проте наявна система нормування паливно-мастильних матеріалів не завжди добре враховує всі умови експлуатації, особливо для транспортних засобів, що перебувають у відомчому підпорядкуванні. Автомобілі швидкої медичної допомоги в момент перевезення та надання допомоги хворому можуть рухатися з порушенням деяких пунктів Правил дорожнього руху. Наприклад, коливання швидкості руху. Конструктивна особливість автомобілів екстреної допомоги полягає в тому, що вони зазвичай створювалися на основі базової моделі з подальшим переобладнанням кузова та встановленням спеціального обладнання. Для роботи медичного обладнання може знадобитися додаткова енергія від двигуна. Ці та інші особливості мають бути враховані у нормуванні витрати палива. У статті проведено аналіз експериментальних та математичних методів з оцінки паливної економічності транспортних засобів. Запропоновано методику розрахунку основної (базової) норми витрати палива для автомобілів з бензиновим та дизельним двигунами. На прикладі швидкої медичної допомоги, на базі автомобіля Volkswagen Caravelle, було розглянуто алгоритм вибору вихідних даних, послідовність розрахунку показника математичної моделі та отримано чисельні значення норми витрати палива. Побудовано графіки та проаналізовано вплив швидкості руху та ступеня завантаження автомобіля на величину шляхової витрати палива у л/100 км. Для деяких марок автомобілів невідкладної допомоги, які наразі надходять в експлуатацію в Україну, було розраховано та зведено до таблиці норми витрат палива. Результати розрахунку порівнювалися з даними заводу-виробника. Наведено математичну модель для розрахунку витрати додаткового палива в л/год, яке витрачається на приводи: живлення спеціального медичного обладнання, системи кондиціювання та опалення салону, світлової та звукової сигналізації. Наприкінці були сформульовані висновки та намічені шляхи подальших досліджень.

Ключові слова: транспортний засіб, ефективність, витрата палива, нормування, умови експлуатації, швидкість автомобіля, обладнання, режими руху, законодавство, швидка допомога.

Вступ

Ринок палива відображає стан економіки країни. За останній 2022 рік бензин подорожчав на 68,6 %, дизельне паливо – на 85,7 %, скраплений газ – на 52,3 % [1]. Головна причина підвищення цін на нафтопродукти – складна ситуація в Україні, вихід з якої не буде дуже швидким.

Основними цілями з підвищення енергетичної безпеки є накопичення стратегічних резервів палива. Згідно з дослідженням [2] структура таких запасів з роками змінюється. Якщо раніше 65 % припадало на бензин, а 35 % – на дизельне паливо, то в майбутньому резервування, а отже, і споживання бензину та дизельного пального зрівняється. З відродженням економіки та підвищенням кількості автомобілів неодмінно буде збільшуватися потреба у паливно-мастильних матеріалах на транспорті.

Рациональне споживання пального неможливе без урахування та контролю його використання. В Україні діє система нормування витрати палива [3], яка обмежує витрати паливно-мастильних матеріалів для транспортних засобів, що перебувають у сфері діяльності Міністерства інфраструктури України. Проте використання транспортних засобів, підпорядкованих Міністерству охорони здоров'я, накладає деякі особливості та специфіку їх експлуатації, а відтак це впливає на споживання палива.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Основне завдання швидкої медичної допомоги – максимально швидко доїхати до хворого, надати кваліфіковану медичну допомогу та, за необхідності, доставити хворого до медичного закладу відповідно до його стану за мінімальний час. Тому автомобіль швидкої допомоги повинен рухатися з високою, але безпечною швидкістю.

У дослідженнях [4] наголошується, що автомобілі швидкої медичної допомоги перевищують швидкість руху як в екстрених випадках, так тоді, коли немає в цьому вагової потреби. Середня

швидкість руху при наданні невідкладної допомоги перевищувала на 35 % і становила 67,6 км/год, коли швидкість обмежувалася 50 км/год. Водночас чверть автомобілів частину часу рухалася зі швидкістю вищою на понад 30 км/год за допустиму. Коли не було необхідності термінової допомоги, то середня швидкість не перевищувала максимального допустимого значення і становила 46,6 км/год, але приблизно 40 % випадків реєструвалися з перевищенням максимальної швидкості 50 км/год. У процесі руху за містом, коли швидкість обмежена 70 км/год, спостерігалось перевищення середньої швидкості до 91,8 км/год для режиму невідкладної допомоги, водночас для нетермінового режиму руху середня швидкість становила 65,2 км/год.

За даними [5] швидкість автомобіля з використанням спеціальних сигналів у середньому на 56 % вище ніж машини швидкої допомоги без сигналів. Перевищення швидкості для автомобілів спеціального призначення відображено в інших дослідженнях з різних країн [6, 7]. Підвищення швидкості руху автомобілів має відобразитися у нормуванні витрати палива.

Наразі в Україну надходять автомобілі швидкої допомоги різних виробників та моделей, що призводить до деяких труднощів щодо встановлення базової норми витрати палива, якщо ця інформація відсутня у нормативній базі [3]. Автомобілі швидкої медичної допомоги створюються на базі шасі серійно-випускного автомобіля, шляхом його переобладнання та встановлення додаткового обладнання, перелік якого може відрізнятись залежно від призначення, спеціалізації та специфіки використання. Автомобілі екстреної допомоги часто комплектуються обладнанням, що потребує додаткових джерел енергії від двигуна транспортного засобу або автономних двигунів, робота яких витрачає додаткову витрату палива. Ці та інші фактори потребують обов'язкового обліку при нормуванні витрат палива.

Аналіз публікацій

Врахувати всю різноманітність умови експлуатації автомобілів швидкої медичної допомоги дуже складно. Встановлювати фіксовану норму витрати палива для кожного автомобіля є менш важливим, ніж цю норму одержувати експериментальним або розрахунковим шляхом.

Експериментальне визначення витрати палива може проводитись у природних умовах експлуатації автомобіля на дорозі. Інформацію про споживання палива можна отримувати безпосередньо з блоку керування двигуном через діагностичний роз'єм [8] шляхом отримання та аналізу електричних сигналів з електромагнітних форсунок [9], реєструючи потоки рідини в паливній системі двигуна [10] або іншими вимірами. Перевагу необхідно віддавати прямим методам вимірювання витрати палива, оскільки не потрібні значні витрати на обробку даних, а також ті методи, які мають підвищену точність.

Вимірювати витрату палива в дорожніх умовах не завжди зручно: необхідно встановлювати додаткове вимірювальне обладнання, складно врахувати всі фактори, що впливають на паливну економічність, важко відтворити та повторити результати вимірювань. Частково усунути ці та інші недоліки дорожніх випробувань дають змогу імітаційні стенди з біговими барабанами [11]. Однак умови руху автомобіля по стенду та по дорозі дещо відрізняються. і це необхідно враховувати під час вимірювання витрати палива [12]. Стенд може встановлювати постійні значення швидкості автомобіля або змінювати швидкість автомобіля на стенді, реалізуючи «їздові цикли» [13]. Проте оцінювати паливну економічність автомобіля можна як у дорожніх, так і стендових випробуваннях, якщо умови їх проведення будуть наближені один до одного [14].

Дослідження паливної економічності за математичними моделями також широко використовується, якщо необхідно нормувати витрату палива на транспорті. Модель має бути не дуже складною, щоб нею можна було легко користуватися та були доступні вихідні дані, водночас вона повинна відображати зміни всіх умов та параметрів, що впливають на витрату палива. Зазначені властивості має методика розрахунку витрати палива проф. М. Я. Говоруценка [15]. Вихідними даними цієї методики є технічні характеристики автомобіля, які доступні у довідковій літературі. Витрата палива розраховується залежно від середньої технічної швидкості руху автомобіля, величини ваги транспортного засобу, конструктивних та експлуатаційних параметрів.

Постановка задачі

Метою дослідження є вдосконалення наявної системи нормування витрати палива для автомобілів швидкої медичної допомоги з урахуванням особливостей їх експлуатації. Вирішуються такі завдання: дослідження впливу швидкості руху на витрату палива; можливість визначати, як змінюється витрата палива через зміни фактичної маси автомобіля після переобладнання та встановлення додаткового обладнання; отримати спрощену математичну модель та розрахувати основні норми витрати палива для автомобілів екстреної медичної допомоги, які експлуатуються в Україні; скласти математичну

модель для розрахунку витрати палива на привід додаткового обладнання, яке запитується від двигуна автомобіля.

Виклад основного матеріалу дослідження

Дослідити вплив швидкості руху та маси транспортного засобу на паливну економічність можливо методом математичного моделювання. Розрахункова модель визначення витрати палива основана на методиці проф. М. Я. Говорущенка. Основна формула запишеться так:

$$Q = \frac{1}{\eta_i} \cdot [A \cdot i_k + B \cdot i_k^2 \cdot V_a + C \cdot (G_a \cdot \psi + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^2)], \quad (1)$$

де V_a – швидкість автомобіля, км/год.; A , B , C – постійні коефіцієнти; η_i – індикаторний коефіцієнт корисної дії; i_k – середньозважене передавальне число коробки зміни передач; ψ – коефіцієнт сумарного дорожнього опору руху автомобіля; kF – фактор обтічності, Н·с²/м²; G_a – вага автомобіля, Н.

У формулу витрати палива (1) вміщені коефіцієнти A , B і C , які залежать від конструкції автомобіля та якості палива:

$$A = \frac{7.8 \cdot a_m \cdot V_h \cdot i_0}{H_n \cdot \rho_t \cdot r_k}; \quad B = \frac{0.687 \cdot b_m \cdot V_h \cdot S_n \cdot i_0^2}{H_n \cdot \rho_t \cdot r_k^2}; \quad C = \frac{100}{H_n \cdot \rho_t \cdot \eta_{mp}}, \quad (2)$$

де V_h – робочий об'єм двигуна, л; i_0 – передатне число головної передачі; r_k – динамічний радіус колеса, м; S_n – перебіг поршня, м; a_m і b_m – коефіцієнти механічних втрат у двигуні; H_n – нижча теплота згоряння, кДж/кг; ρ_t – щільність палива, г/см³; η_{mp} – ККД трансмісії.

Формула (1) вміщує швидкість руху та вагу автомобіля. На рис. 1 зображена графічна залежність витрати палива від швидкості автомобіля Volkswagen Caravelle, який застосовується як транспортний засіб швидкої медичної допомоги.

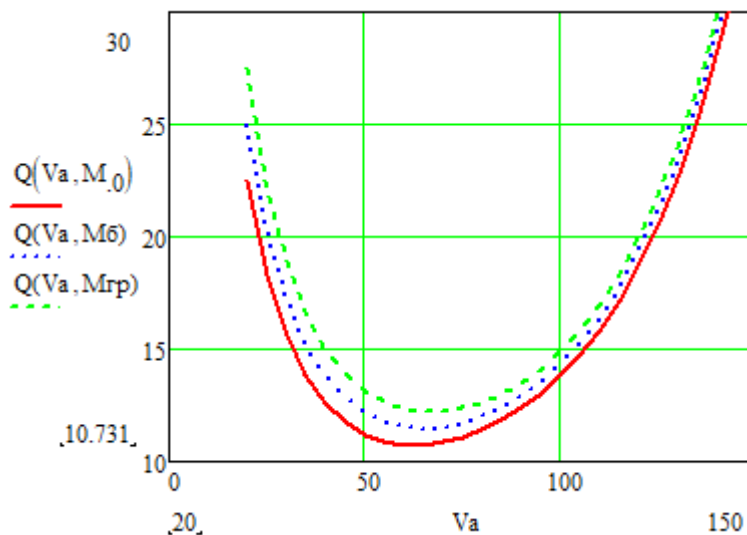


Рис. 1. Залежність витрати палива (Q , л/100 км) від швидкості (V_a , км/год.) автомобіля Volkswagen Caravelle

Нижній графік (рис. 1) відповідає базовій комплектації автомобіля (до переобладнання), коли вага 2078 кг. Середній графік відповідає масі транспортного засобу 2579 кг за державною реєстрацією після переобладнання та встановлення медичного обладнання. Верхній графік відображає витрату палива на повну допустиму масу транспортного засобу (3080 кг). При швидкості 60 км/год витрата палива переобладнаного автомобіля на 7,5 % вища ніж базової комплектації до встановлення медичного устаткування. Ще на 0,8 л/100 км підвищиться витрата палива, якщо враховувати медичний персонал, хворого та супроводжуючого. Наявна система нормування витрати палива [3] не враховує фактичне навантаження транспортного засобу. На переобладнання за нормативами [3] можливо додати 0,65 л/100 км пального, замість 0,8 л/100 км за розрахунками.

Швидкість, за якої витрата палива буде мінімальна, для автомобіля Volkswagen Caravelle знаходиться в межах 60–70 км/год. Відповідно до розрахунків витрата палива подвоїться, якщо швидкість впаде із 60 км/год до 30 км/год. Зі збільшенням швидкості до 100 км/год (під час руху за межами міста) витрата палива також зросте на 25 % та становитиме 14,4 л/100 км.

Для завдання розрахунку норми споживання палива вирази (1) та (2) можливо спростити.

Поточну швидкість автомобіля для нормування витрати палива рекомендовано встановлювати на рівні $V_a = 50$ км/год. Ця швидкість відповідає між 2-ю та 3-ю категоріями доріг та є максимальною швидкістю у місті за вимогами [15].

Для середніх навантажень на двигун транспортного засобу індикаторний ККД можливо прийняти 0,46 для автомобілів із дизельним двигуном та 0,32, якщо двигун споживає бензин. Для багатьох типів автомобілів швидкої медичної допомоги можливо прийняти ККД трансмісії на рівні 0,95.

Від типу двигуна також залежить нижча теплота згорання, щільність палива та коефіцієнти механічних втрат у двигуні. Для автомобілів із бензиною паливною системою: $H_n = 43000$ кДж/кг; $\rho_f = 0.74$ г/см³; $a_m = 45$ і $b_m = 13$. Для автомобілів, які працюють на дизельному паливі, $H_n = 44000$ кДж/кг; $\rho_f = 0.825$ г/см³; $a_m = 48$ і $b_m = 16$.

Фактор обтічності можливо виразити через габаритні розміри автомобіля (B_a – ширину та H_a – висоту) та коефіцієнт обтічності (C_x), тоді $kF = 0.952 \cdot C_x \cdot B_a \cdot H_a$.

Середньозважене передавальне число коробки передач залежить від динамічних якостей двигуна, максимальної та поточної швидкості руху, передавального числа найвищої передачі. Її значення можна розрахувати так: $i_k = 0.0138 \cdot V_{\max} \cdot i_{kp}$, де V_{\max} – максимальна швидкість автомобіля, км/год; i_{kp} – передавальне число коробки передач, на якому досягається максимальна швидкість.

Вагу автомобіля можна виразити через масу транспортного засобу з урахуванням прискорення вільного падіння. Тоді $G_a = 9.81 \cdot M_a$. Маса транспортного засобу M_a враховує сповільнену масу базового автомобіля та масу переобладнання під швидку допомогу. Маса транспортного засобу має включати вагу водія, бригади медичного персоналу та вагу хворого і супроводжуючих.

Для автомобілів із дизельним двигуном формулу (1) можна спрощено записано так:

$$H_s = 1.138 \cdot 10^{-3} \cdot M_a + 0.8 \cdot C_x \cdot B_a \cdot H_a + 3.298 \cdot 10^{-4} \frac{V_h \cdot V_{\max} \cdot i_0 \cdot i_{kp}}{r_k} + 5.722 \cdot 10^{-6} \frac{V_h \cdot S_n \cdot V_{\max}^2 \cdot i_0^2 \cdot i_{kp}^2}{r_k^2}. \quad (3)$$

Для автомобілів із дизельним двигуном формулу (1) можна спрощено записано так:

$$H_s = 1.266 \cdot 10^{-3} \cdot M_a + 0.735 \cdot B_a \cdot C_x \cdot H_a + 3.544 \cdot 10^{-4} \frac{V_h \cdot V_{\max} \cdot i_0 \cdot i_{kp}}{r_k} + 7.06 \cdot 10^{-6} \frac{V_h \cdot S_n \cdot V_{\max}^2 \cdot i_0^2 \cdot i_{kp}^2}{r_k^2}. \quad (4)$$

Розглянемо розрахунок витрати палива на прикладі автомобіля швидкої допомоги на базі Volkswagen Caravelle. Вхідними даними для розрахунку приймаємо такі: $M_a = 2579$ кг; $B_a = 1.97$ м; $H_a = 2.297$ м; $C_x = 0.82$; $V_h = 1.968$ л; $V_{\max} = 178$ км/год; $i_0 = 4.77$; $i_{kp} = 0.66$; $r_k = 0.336$ м; $S_n = 0.0955$ м. Підставимо технічні дані у формулу (3). Отримаємо

$$H_s = 1.138 \cdot 10^{-3} \cdot 2579 + 0.8 \cdot 0.82 \cdot 1.97 \cdot 2.297 + 3.298 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1.968 \cdot 178 \cdot 4.77 \cdot 0.66}{0.336} + 5.722 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1.968 \cdot 0.0955 \cdot 178^2 \cdot 4.77^2 \cdot 0.66^2}{0.336^2} = 10.845.$$

Для автомобіля Volkswagen Caravelle можемо прийняти базову (основну) норму витрати $H_s = 10.9$ л/100 км.

У таблиці 1 наведені розрахункові значення норми витрати палива автомобілів швидкої медичної допомоги (останній рядок), які експлуатуються в Україні. Для деяких автомобілів вказані дані витрати палива за їздовими циклами, але не всі заводи-виробники зазначають цю інформацію. На жаль, для цих автомобілів відсутні дані з витрати палива у чинних нормах [3].

Таблиця 1

Контрольні та розрахункові нормативні значення витрати палива для автомобілів швидкої медичної допомоги

Марка автомобіля	Контрольні норми витрати, сертифікат відповідності КТЗ, л/100 км			Розрахункові нормативні значення витрати палива, л/100 км
	міський цикл	заміський цикл	змішаний цикл	
KRASZ RM/Z2/0B на базі Renault Master із двигуном Renault M9T B8 (потужністю 92 кВт і робочим об'ємом 2,299 л) та 6-ти ступеневою мех. коробкою передач PF6	9,1	7,3	8,0	10,8 (дизельного пального)
RENAULT DUSTER 1,6 УНІВЕРСАЛ-В із двигуном 1,6 Sce (потужністю 84 кВт та робочим об'ємом 1,598 л) із 6-ти ступеневою мех. коробкою передач серії TL8	9,3	6,8	7,6	10,1 (бензину марки А-95)
RENAULT DUSTER 1,6 УНІВЕРСАЛ-В із двигуном H4M D7 (потужністю 84 кВт та робочим об'ємом 1,598 л) із 6-ти ступеневою мех. коробкою передач серії TL8	9,3	-	8,5	9,7 (бензину марки А-95)
RENAULT DUSTER 1,6 УНІВЕРСАЛ-В із двигуном H4M (потужністю 84 кВт та робочим об'ємом 1,598 л) із 5-ти ступеневою мех. коробкою передач серії JR5				12,0 (СНГ)
СКС-RDC-ПС на базі Renault Duster із двигуном H4M (потужністю 84 кВт та робочим об'ємом 1,598 л) та коробкою передач серії JR5				10,5 (бензину марки А-95)
VWGL3H3-ШИМДВ на базі Volkswagen Crafter із двигуном Volkswagen AG DAUA потужністю 103 кВт і робочим об'ємом 1,968 л та 6-ти ступеневою мех. коробкою передач TWX SG6	10,2	8,4	9,1	11,3 (дизельного пального)
DAUA Volkswagen AG потужністю 103 кВт і робочим об'ємом 1,968 л та 6-ти ступеневою механічною коробкою передач TWX SG6				11,7 (дизельного пального)
Volkswagen Caravelle з двигуном Volkswagen AG 2.0 TDI CXHA потужністю 110 кВт і робочим об'ємом 1,968 л та 7-ми ступеневою роботизованою коробкою передач DSG 7				10,85 (дизельного пального)
АСПА 941157.018.03 на базі Citroen Jumper із двигуном 2.0 Hdi 163 DW10FUC FAP (потужністю 120 кВт і робочим об'ємом 1,997 л) та 6-ти ступеневою мех. коробкою передач BVM6 MLGUC14	6,6	6,0	6,2	10,7 (дизельного пального)
Легковий спеціалізований автомобіль меддопомога-В АВТОСПЕЦПРОМ АСПА.941157.018.04 на базі Citroen Jumper із двигуном FORD 2.2 Hdi 130 PUMA потужністю 96 кВт і робочим об'ємом 2,198 л та 6-ти ступеневою мех. коробкою передач BVM6				11,9 (дизельного пального)
Легковий спеціалізований автомобіль меддопомога-В на базі Citroen Jumper (2015 р. вип.) із двигуном FORD 2.2 HDI 130 PUMA (потужністю 96 кВт і робочим об'ємом 2,198 л) та 6-ти ступеневою мех. коробкою передач BVM6				11,5 (дизельного пального)
АСПА 941157.014.04 на базі Peugeot Boxer із двигуном 2.2 HDi 130 (4 HU) (потужністю 96 кВт і робочим об'ємом 2,198 л) та 6-ти ступеневою мех. коробкою передач MLGU6				11,2 (дизельного пального)
Легковий-спеціалізований автомобіль меддопомога-В на базі Mercedes-Benz Sprinter із двигуном DAIMLER AG OM 642 DE 30 LA (потужністю 140 кВт і робочим об'ємом 2,987 л) та 7-ми ступеневою автоматичною коробкою передач 7G-TRONIC PLUS				14,4 (дизельного пального)
АСПА.941157.014.03 на базі Citroen Jumper із двигуном Peugeot 2.0 Hdi 163 FAP (потужністю 120 кВт і робочим об'ємом 1,997 л) та 6-ти ступеневою мех. коробкою передач BVM6	7,1	6,3	6,6	11,4 (дизельного пального)

Марка автомобіля	Контрольні норми витрати, сертифікат відповідності КТЗ, л/100 км			Розрахункові нормативні значення витрати палива, л/100 км
	міський цикл	заміський цикл	змішаний цикл	
Легковий спеціалізований автомобіль меддопомога-В АВТОСПЕЦПРОМ АСПА.941157.014.03 на базі Peugeot Boxer із двигуном FORD 2.2 HDi 130 (4 HU) PUMA (потужністю 96 кВт і робочим об'ємом 2,198 л) та 6-ти ступеневою мех. коробкою передач BVM6				11,4 (дизельного пального)
VD VDACCЕМД-В легкового спеціалізованого автомобіля меддопомоги В на базі Ford Transit із двигуном Ford 2.0 I HPCR Panther Diesel (потужністю 96 кВт і робочим об'ємом 1,995 л) та 6-ти ступеневою мех. коробкою передач MT82				11,0 (дизельного пального)
АВТОСНАБ АССDD-02 на базі Ford Transit із двигуном Ford Panther 2.0 Diesel потужністю 96 кВт і робочим об'ємом 1,995 л. та 6-ти ступеневою мех. коробкою передач VMT6				11,1 (дизельного пального)

Якщо на автомобілі швидкої медичної допомоги встановлено спеціальне медичне обладнання, яке живиться від двигуна, то під час його роботи буде споживатися додаткове паливо. В роботі [16] наведена математична модель розрахунку годинної витрати палива. З урахуванням припущень, які були обговорені для побудови формул (3) і (4), годинну витрату палива можна розрахувати так:

$$G_t = 0.221 \cdot N_e + 8.824 \cdot 10^{-5} \cdot V_h \cdot n + 9.81 \cdot 10^{-7} \cdot S_n \cdot V_h \cdot n^2, \quad (5)$$

де N_e – потужність додаткового обладнання, кВт; n – частота обертання колінчастого валу двигуна, хв⁻¹.

Розрахуємо додаткову витрату палива для автомобіля Volkswagen Caravelle, на якому встановлено та працює додаткове обладнання потужністю 5 кВт, а двигун працює на обертах колінчастого валу, яке відповідає 2000 хв⁻¹.

$$G_t = 0.221 \cdot 5 + 8.824 \cdot 10^{-5} \cdot 1.968 \cdot 2000 + 9.81 \cdot 10^{-7} \cdot 0.0955 \cdot 1.968 \cdot 2000^2 = 2.19 \text{ л/год.} \quad (5)$$

Розрахунок показав, що додаткове обладнання буде споживати $G_t = 2.19$ л/год палива.

Висновки

За математичною моделлю проф. М. Я Говорущенка можна отримати основну норму витрати палива для автомобілів швидкої медичної допомоги після переобладнання та встановлення додаткового медичного обладнання. За формулами можливо розраховувати витрату палива для фактичної середньої швидкості автомобіля, що не враховано у наявній системі нормування витрати палива на транспорт. Розраховані значення базових (основних) норм витрати палива для автомобілів, які наведені в таблиці, можна рекомендувати для застосування в експлуатації. Наступні дослідження будуть спрямовані на побудову більш повної математичної моделі з нормування витрати палива для інших спеціалізованих видів транспортних засобів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] До 85 %: як зросли ціни на паливо в Україні за 2022 рік. РБК-Україна. URL: <https://www.rbc.ua/rus/news/85-k-zrosli-tsinii-palne-ukrayini-2022-rik-1673608038.html> (дата звернення: 20.03.2023).
- [2] Зоркін А. В., Кикоть К. В., Москаленко Ю. Ю. Зелена книга. Регулювання ринку моторних палив. Київ: Офіс ефективного регулювання, 2022. 112 с.
- [3] Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. Нормативний документ, затверджений Міністерством інфраструктури України 07.10.2011. Київ: ДП «ДержавтотрансНДПроект», 2012. 120 с.
- [4] Pappinen J., Nordquist H. Driving Speeds in Urgent and Non-Urgent Ambulance Missions during Normal and Reduced Winter Speed Limit Periods – A Descriptive Study. *Study. Nurs. Rep.* 2022. No 12. P. 50–58. DOI: 10.3390/nursrep12010006.
- [5] Updated Estimates of the Relationship Between Speed and Road Safety at the Aggregate and Individual Levels / R. Elvik et al. *Accid. Anal. Prev.* 2019. P. 114–122. DOI: 10.1016/j.aap.2018.11.014.
- [6] Budge S., Ingolfsson A., Zerom D. Empirical analysis of ambulance travel times: The case of Calgary Emergency Medical Services. *Manag. Sci.* 2010. P. 716–723. DOI: 10.1287/mnsc.1090.1142.

- [7] Sarlej Emergency ambulance speed characteristics: a case study of Lesser Poland voivodeship, southern Poland» / M. Lupa et al. *Geoinformatica*. 2021. No 25. P. 775–798. URL: <https://doi.org/10.1007/s10707-021-00447-w>
- [8] Кривошапов С. І. Бортовий реєстратор споживання палива на дорожньо-транспортному засобі. *Матеріали конференції KIT-2022*. Харків: ХНАДУ, 2022. С. 106–109.
- [9] Methods for diagnosing cars by changing fuel consumption / Y. Gorbik et al. *AIP Conference Proceedings*. 2439, 020014 (2021). DOI: [org/10.1063/5.0068418](https://doi.org/10.1063/5.0068418)
- [10] Krivoshepov S. Development of a Piston Fuel Flow Meter Based on a Microcontroller and Its Use for Vehicle Diagnostics. *SAE Technical Paper 2021-01-1150*. 2021. URL: <https://doi.org/10.4271/2021-01-1150>
- [11] Мармут І. А., Зуєв В. О. Експериментальне дослідження моменту інерції трансмісії легкового автомобіля. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2022. Том 2. № 19. С. 123–130.
- [12] Кривошапов С. І., Зуєв В. О., Кашканов В. А. Оцінка точності вимірювання параметрів автомобіля на стенді з біговими барабанами. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2021. № 1. Вип 13. С. 60–67. DOI: [10.31649/2413-4503-2021-13-1-60-67](https://doi.org/10.31649/2413-4503-2021-13-1-60-67).
- [13] Driving Cycles for Estimating Vehicle Emission Levels and Energy Consumption / A. Gebisa et al. *Future Transp.* 2021. No 1. P. 615–638. DOI: [10.3390/futuretransp1030033](https://doi.org/10.3390/futuretransp1030033).
- [14] Uniform provisions concerning the approval of passenger cars equipped with an internal combustion engine with regard to the measurement of fuel consumption. *United Nations. UNECE Regulation*. No. 84. 67 p.
- [15] Krivoshepov S. Calculation Method for Determining the Fuel Consumption of the Vehicle in the Operating Conditions. *SAE Technical Paper 2020-01-21666*, 2020. URL: <https://doi.org/10.4271/2020-01-2166>
- [16] Calculation methods for determining of fuel consumption per hour by transport vehicles / S. Krivoshepov et al. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. No 977. DOI: [10.1088/1757-899X/977/1/012004](https://doi.org/10.1088/1757-899X/977/1/012004).

Кривошапов Сергій Іванович – канд. техн. наук., доцент, доцент кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. проф. Говорущенка М. Я., e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua

Горбик Юрій Васильович – канд. техн. наук., доцент, доцент кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. проф. Говорущенка М. Я., e-mail: yuragorbik@gmail.com

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Кашканов Віталій Альбертович – канд. техн. наук., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: kash_2004@ukr.net

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

S. Krivoshepov¹
Y. Gorbik¹
V. Kashkanov²

Method consumption accounting of fuel consumption for ambulance cars

¹Kharkov National Automobile and Highway University

²Vinnitsia National Technical University

Modern conditions require a careful attitude to the fuel and energy resources of the country. Road transport is the main consumer of gasoline and diesel fuel. In Ukraine, the control of fuel consumption for road vehicles is established at the legislative level. However, the current system of rationing of fuels and lubricants does not always take into account all operating conditions, especially for vehicles that are under departmental subordination. Ambulances, at the time of transportation and assistance to the patient, may move in violation of some points of the Rules of the Road. It swings the speed limit. The design feature of emergency vehicles is that they were usually created on the basis of a basic model with subsequent re-equipment of the body and the installation of special equipment. Medical equipment may require additional power from the motor to operate. These and other features should be taken into account when rationing fuel consumption. The article analyzes the experimental and mathematical methods for assessing the fuel efficiency of vehicles. A method for calculating the basic (basic) fuel consumption rate for vehicles with gasoline and diesel engines is proposed. On the example of an ambulance, based on a Volkswagen Caravelle, an algorithm for selecting initial data, a sequence for calculating the indicator using a mathematical model, and numerical values of the fuel consumption rate were obtained. Graphs are constructed and the influence of the speed of movement and the degree of loading of the car on the amount of travel fuel consumption in l/100 km is analyzed. For some brands of emergency vehicles that are currently entering service in Ukraine, fuel consumption rates have been calculated and summarized in a table. The calculation results were compared with the manufacturer's data. A mathematical model is presented for calculating the consumption of additional fuel in g/h, which is spent on driving consumers: power supply for special medical equipment, air conditioning and heating systems, light and sound alarms. In conclusion, conclusions are formulated and ways for further research are outlined.

Key words: vehicle, efficiency, fuel consumption, rationing, operating conditions, vehicle speed, equipment, driving modes, legislation, ambulance.

Krivoshepov Sergey – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor Department of Technical operations and service of cars name after prof. Govorushchenko N.Ya., e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua.

Gorbik Yuriy – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor Department of Technical operations and service of cars name after prof. Govorushchenko N.Ya., e-mail: yuragorbik@gmail.com.

Kashkanov Vitaliy – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: kash_2004@ukr.net.