

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2020.13.1.6-19>

УДК 621.43.016

М.М. Петрушенко, д.т.н., проф.**О.М. Будур****П.П. Бордіян****В.П. Бордіян****Л.Г. Гордішевський****С.М. Тарасенко***Військова академія (м. Одеса), Україна*

АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПАЛИВНУ ОЩАДЛИВІСТЬ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Досвід використання автомобілів у бойовій та повсякденній діяльності військ свідчить про наявність різних умов руху, що обумовлюється різним дорожнім покриттям. Це обумовлює широку зону середніх швидкостей руху вантажних автомобілів, неповне використання вантажності або ж і перевантаження автомобілів. Тому кількісна оцінка впливу даних факторів на формування реальної паливної ощадливості вантажних автомобілів, вдосконалення практики прогностичного нормування лінійних витрат палива, що зорієнтовані на кращі асфальтобетонні дороги I категорії і рух в економічній зоні швидкостей є актуальним науковим завданням. Вирішення цього завдання ґрунтується на методиках багатофакторного дослідження і кількісної оцінки взаємозв'язку типу і стану дороги, швидкості руху та завантаження з паливною ощадливістю вантажних автомобілів на базі методів багатофакторного планування експерименту.

Ключові слова: *автомобіль, лінійні витрати, режим руху, технологічні фактори, лінійна норма.*

Постановка проблеми

Тенденції розвитку сучасної військової автомобільної техніки обумовлюють результати застосування військ у бойових діях. Останні численні військові конфлікти довели, що більшість розробок, які зроблені в мирні часи, на ділі виявилися абсолютно не пристосованими до реальних бойових дій. Результати застосування Збройних Сил України (ЗСУ) в ході антитерористичної операції та операції об'єднаних сил на Сході нашої країни окреслили деякі тенденції, які впливають на розвиток автомобільної техніки:

- стрімке зростання кількості несправної автомобільної техніки;
- збільшення ймовірності застосування «важкого» озброєння по автомобільній техніці, що обумовлює знищення близько 70...80% машин, які попадають в зону ураження. За прогнозами, які проведені фахівцями Озброєння ЗСУ максимально можливий вихід автомобільної техніки з ладу може скласти 5805 од., з яких не буде охоплено ремонтом – 3274 од. (із них: безповоротні втрати – 2240 од., КР – 509 од., СР – 525 од.), термін їх відновлення – до 3 місяців; можливостей доукомплектування немає [4];
- практична відсутність запасних частин до найбільш розповсюджених зразків автомобільної техніки (Зил-131, Урал-4320, КамАЗ-4310 та їх модифікації).

Виклад основного матеріалу дослідження

Оцінка і дослідження паливної ощадливості автомобіля характерні з початкових етапів формування теорії автомобіля як науки і розвивались впродовж останніх 70-ти років [10].

Практично дослідження в сфері паливної ощадливості автомобіля умовно можна розділити на три групи:

- оптимізація паливної ощадливості безпосередньо бензинових і дизельних двигунів в процесі їхнього проектування і доводки;

– дослідження і оптимізація паливної ощадливості в процесі проектування і доводки нових автомобілів, тобто підбір характеристики і параметрів силового приводу, шин, аеродинаміки і інших конструктивних факторів для певних типових умов руху;

– дослідження можливостей покращення експлуатаційної паливної ощадливості серійних автомобілів в реальних та різноманітних умовах експлуатації і вдосконалення нормування витрати палива в експлуатації.

В статті акценти зроблено власне на 3-тю групу досліджень, як особливо актуальну в існуючих умовах експлуатації автопарку, насамперед, де практикується планування лінійних витрат палива, зокрема в бюджетних структурах, в т.ч. Збройних Силах, ДСНС, НГУ з умовами нормування витрати палива, оцінці впливу конкретних умов руху та експлуатації на реальні витрати палива.

Структурно виходячи з системного підходу і потенційних та експлуатаційних властивостей автомобіля і умов експлуатації з відповідною трансформацією можна представити середовище досліджень як:

$$Q_g = f(K_n, T, M, B_p, C_p, \Sigma R, O, Z_{cp}, G, P_v, D, P, B) \quad (1)$$

де Q_g – головний нормований критерій (показник якості), тут паливна ощадливість (паливна ощадливість);

K_n – конструктивні параметри і технічні характеристики;

T – технологічні фактори (в тому числі розсів параметрів при масовому виробництві);

M – фізико-математичні і хімічні властивості матеріалів (в тому числі експлуатаційних);

B_p – особливості виробництва (коливання технічних характеристик при масовому виробництві);

C_p – внутрішнє середовище і відхилення робочих процесів агрегатів і систем автомобіля;

ΣR – сукупність робочих режимів (навантажувальних, швидкісних, температурних і т.д.) в певному діапазоні при виконанні робочих функцій автомобіля;

O – вплив оператора (А-автомобіль, В-водій);

Z_{cp} – зовнішнє середовище (дорога, температура і вологість повітря, дорожня ситуація, пилюка і т.д.);

G – корисне навантаження (використання вантажності автомобіля);

P_v – режими руху (швидкість і інтенсивність її зміни);

D – діагностика;

P – профілактика технічного стану автомобіля;

B – питома відновлення еталонних характеристик автомобіля.

Враховуючи усталену практику оцінки паливної ощадливості автомобіля згідно певних норм витрати палива на одиницю шляху (так звана європейська оцінка – в л/100км, чи звична в США – пробіг в милях на витраченому 1 галоні палива – mph) можна констатувати методологічну розбіжність – роздвоєння такої оцінки:

На першому етапі характерному для 1950-70-х рр., оцінки автовиробниками паливної ощадливості на базі так званих контрольних витрат палива (як правило точка мінімальної витрати палива при русі з певною постійною швидкістю, що є різною для різних типів і марок автомобілів виходячи з вже сформованих технічних характеристик) на близькій до ідеальної автодорозі (динамометричне кільце автополігону), частковим завантаження і сприятливими атмосферними та температурними умовами. Графічну ілюстрацію такої оцінки можна представити на базі відповідної обробки даних у вигляді рисунку де і показано дані відповідно до цих моделей автомобілів лінійних норм витрати палива Мінтрансу.

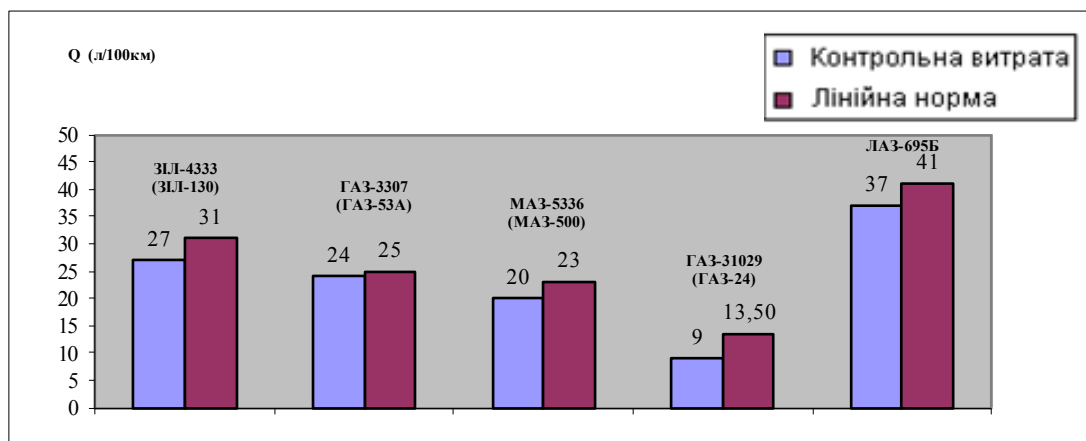


Рис. 1. Контрольні витрати та лінійні норми витрати палива автомобілів виробництва СРСР

Однак дані показники не співставні з реальними витратами палива, про що свідчать і чисельні результати досліджень по паливній ощадливості в реальній експлуатації та формування так званих базових лінійних експлуатаційних норм витрати паливо – мастильних матеріалів на автотранспорті.

На другому етапі, характерному для 1980–2000 рр., відбувся поступовий перехід на наближення оціночних характеристик паливної ощадливості автовиробниками до типових, певних умов руху, максимально наближених до середньо експлуатаційних.

Зокрема на підставі Постанов Держплану СРСР № 111 від 09.10.1975 та № 199 від 17.12.1979 р. була введена практика так званих лінійних, індивідуальних (або диференційованих) норм витрат палива на автомобільному транспорті. Найбільш детально в загальному виді формування норми витрати палива (в л/100 км) визначалось як:

$$Q = Q_H \pm \Delta Q_T \pm \Delta Q_d \pm \Delta Q_B \pm \Delta Q_{op} \quad (2)$$

де Q_H – витрата палива за нормою для даної моделі, л/100км;

ΔQ_T – збільшення лінійної витрати, пов'язаного з технічним станом автомобіля та систем;

ΔQ_d – збільшення (зниження) Q_H , обумовлене дорожньо-кліматичними умовами;

ΔQ_B – збільшення (зниження) Q_H , обумовлене досвідом та майстерністю водія;

ΔQ_{op} – вплив інших факторів (обкатка, учбова їзда, використання причепів і т.д.).

На рисунку 2, як ілюстрація представлено узагальнену оцінку впливу параметрів технічного стану на установлені лінійні норми.

При цьому з практики формування індивідуальних лінійних норм витрати палива Мінтрансом було визначено наступні можливі збільшення базових лінійних норм:

- до 5% в південних районах і до 10% в зонах помірного клімату на зимовий період експлуатації, тривалість якого визначалась обласними органами державної влади;
- до 10% при їзді в гірській місцевості (вище 1500 м над рівнем моря);
- до 10% на звивистих дорогах (наявність на 1 км дороги більше 5 поворотів з радіусом менше 40 м);
- до 10% для міських умов руху з частими зупинками (міські автобуси, продуктові, інкасаційні, комунальні машини);
- до 10% при перевезенні вантажів, що вимагають понижених швидкостей руху;

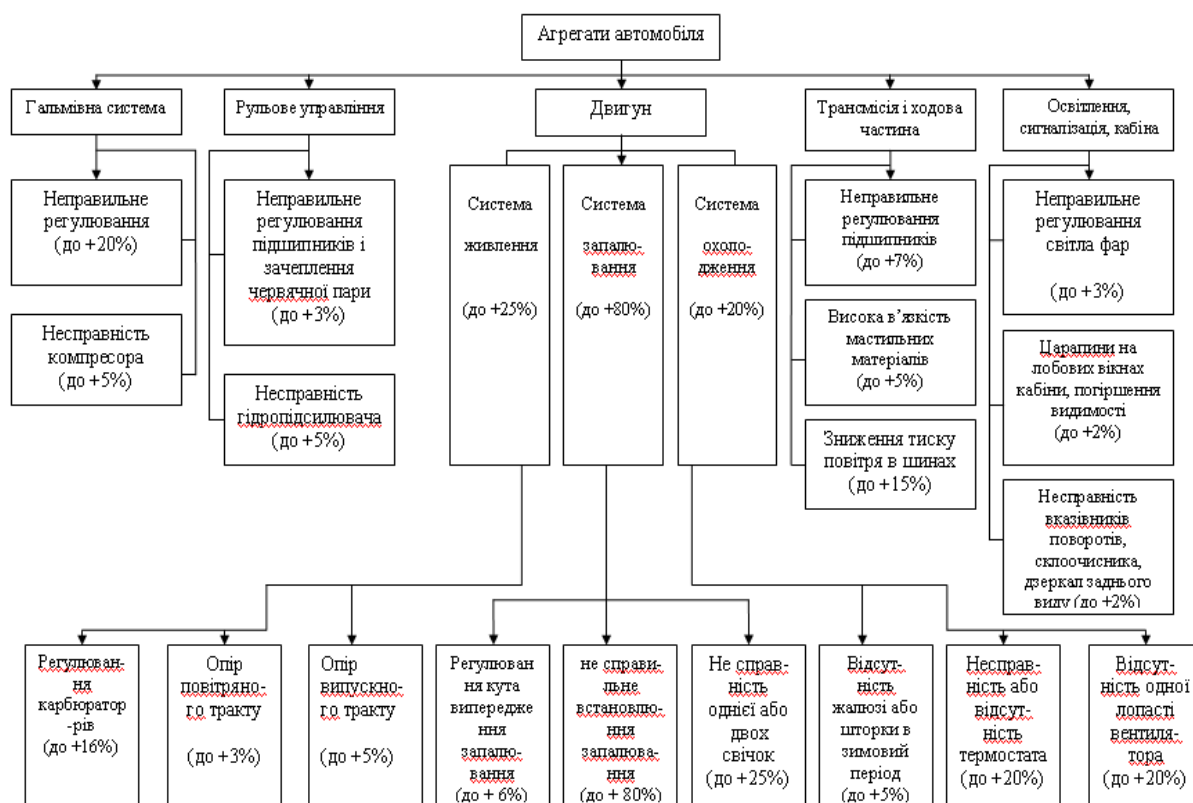


Рис. 2. Вплив технічних факторів на лінійну витрату палива (у % до встановленої норми)

- до 10% при постійному використанні автотранспортних засобів (АТЗ) в ролі технологічного транспорту на території підприємств;
- до 20% при їзді в кар'єрах і по польових дорогах;
- до 5% при обкатці (до 1 тис. км) нового або автомобіля після проведення капітально ремонту;
- до 25% при учбовій їзді;
- до 35% при їзді в умовах бездоріжжя.

Розрахунково-аналітичний метод визначення лінійної норми витрати палива згідно рекомендацій НДІАТ (головного інституту тодішнього Мінавтотрансу РРФСР) базувався на спрощеному загальновідомому з навчальних курсів теорії автомобіля виразі (3) і з опосередкованими значеннями конструктивних параметрів згідно табл. 1:

$$Q_s = \frac{g_e(\Psi G_a + k F V_a / 13)}{2700 \eta_T \rho} \times V_a; \quad (3)$$

де: g_e – мінімальна питома витрата палива, л/100 км;

Ψ – сумарний коефіцієнт опору рухові;

G_a – вага автомобіля, т;

k – коефіцієнт опору повітря;

F – лобова площа автомобіля, м²;

V_a – швидкість руху автомобіля, км/год.;

η_T – коефіцієнт корисної дії трансмісії.

Розрахункове значення ваги для автобусів відповідає повному завантаженню, для вантажних автомобілів – лінійна норма розраховується як середньостатистичне значення витрат при русі без вантажу з швидкістю 70 км/год. і повністю завантаженого з швидкістю 40 км/год.

Таблиця 1

Узагальнені дані для розрахунку лінійної витрати палива

Тип автомобіля	V_a , км/г од	Ψ	k	F , м ²
легкові	100	0,015	0,03	2,0
автобуси	60	0,020	0,05	5,5
вантажні	40/70	0,020	0,06	4,0

Отримані значення Q_s (окрім автобусів і дизельних вантажних автомобілів) перемножують на (1) (бензинові вантажні автомобілі з класичним приводом), на (2) (легкові автомобілі та повнопривідні бензинові вантажні автомобілі).

Практично одночасно, в 1978 р. НДІАТ (м. Москва) запропонувало також і методику опосередкованого формування лінійних витрат палива для автотранспортних підприємств, що займаються вантажними перевезеннями, на базі норми лінійної витрати палива ЗИЛ-130 з коректуванням для інших моделей вантажних автомобілів та при експлуатації їх з причепами. Очевидно, що дана методика могла використовуватись тільки для наближеної прогностичної оцінки потреб в паливі достатньо великих автопідприємств з домінуванням однотипних моделей, насамперед ЗИЛ-130.

Більш наближеною до реальної експлуатації є пропозиція колишнього Мінавтотрансу УРСР щодо врахування в лінійних нормах додаткових витрат палива в залежності від завантаження автомобіля, що зрештою знайшло своє відображення і продовження в існуючих лінійних нормах Мінтрансв'язку України. Коректування базового значення норми Q_s здійснювалось введенням коректуючого коефіцієнта, що враховував обсяг транспортної роботи (завантаження):

- для бензинових вантажних автомобілів:

$$\Delta Q_s = 2,0 \text{ л/100 ткм} \quad (4)$$

- для дизельних вантажних автомобілів:

$$\Delta Q_s = 1,3 \text{ л/100 ткм} \quad (5)$$

Безперечно, це є суттєвим кроком уточнення лінійних норм, що раніше використовувались як універсальна базова цифра на всі випадки умов експлуатації. Але з іншого боку викликає сумніви універсальність єдиних поправок для всіх моделей вантажних автомобілів, незалежно від конкретних технічних характеристик двигунів і самих автомобілів, що об'єктивно суттєво відрізняються.

Дослідження по оцінці паливної ощадливості і введенню якоїсь певної нормативної бази оцінки характерні і для Західної Європи, США, Японії, особливо після паливної кризи 1970-х роках. Домінуючими в цьому плані є роботи, пов'язані з підбором і оцінкою впливу технічних характеристик силового приводу на паливну ощадливість, однак відомі і роботи по оцінці впливу і умов руху на лінійні витрати палива. Докорінною відмінністю цих досліджень була відсутність цільової установки щодо введення нормативної бази лінійного нормування витрат палива і домінування індивідуального обліку та фактичного нормування для конкретних маршрутів.

Однак для порівняльної оцінки паливної ощадливості (а в США ще і для оцінки так званої середньозваженої витрати палива модельного ряду автомобільних виробників, що регламентувалась в період паливної кризи) необхідність формування певних типових умов руху стала нагальною.

Певним чином цьому посприяло і введення законодавчих вимог по нормуванню токсичних компонентів в відпрацьованих газах автомобілів (починаючи з 1967 року в США) на базі так званих типових їздових циклів руху, що починали використовуватись і для оцінки паливної ощадливості. В останні роки існування Радянського Союзу власне таким чином було оновлено нормативну базу для

оцінки паливної ощадливості практично всіх категорій автотранспортних засобів (АТЗ). У Західній Європі, зокрема ФРН, узагальнюючим показником лінійної витрати палива легковими автомобілями набув так званий «Dritel-mix-kraf-fstoffverbrauch» за яким оцінка паливної ощадливості базується на середньому показнику витрат палива при швидкості руху 90 км/год. (так звані федеральні дороги), 120 км/год. (типова швидкість при русі на автобанах) та при проїзді по типовому міському циклу руху (згідно вимог правила ЄЕК ООН № 15 по нормуванню токсичних викидів у відпрацьованих газах):

$$Q_3 = \frac{Q_{90} + Q_{120} + Q_{ECE-R}}{3,33} ; \text{л/100 км} \quad (6)$$

В США, (де лінійна паливна ощадливість оцінюється загалом інакше – в пройдених милях на 1 галон бензину) прийняте співвідношення у формуванні результуючого показника як суми питомих частин руху по типовому міському випробувальному циклу – 45% та міжміському циклу – 55%.

Однак і отримані таким чином показники Q_s можуть бути використані тільки як базові, бо в реальних конкретних умовах експлуатації фактичні лінійні витрати палива суттєво відрізняються від базових, отриманих згідно, цифр в залежності від типу і стану доріг, величини фактичного завантаження автомобіля, організації руху і середніх швидкостей руху і т.д. Ідеологія досліджень по покращенню нормування паливної ощадливості в експлуатації базується на методології коректування базових лінійних форм в залежності від використання вантажності, умов руху (питомого співвідношення окремих фаз руху, статистики швидкісних режимів), типу і стану доріг, пори року і т.д.

Безперечно, оцінка впливу дорожніх умов, режимів руху на паливну ощадливість автомобіля є складною, не тільки із-за явного взаємозв'язку даних факторів, але і складнощів квантифікації ряду факторів, що відносяться до організації руху (насиченість перешкодами, інтенсивність транспортного потоку і т.д.). Існуючі дослідження, наприклад, сконцентровані на оцінці взаємозв'язку геометричних характеристик доріг (макропрофіль – спуски і підйоми, звивистість дороги в плані) з швидкісними характеристиками автомобілів, але паливна ощадливість при цьому практично не враховується. Практично вплив поздовжнього профілю дороги (підйоми/спуски) на лінійну витрату палива в значній мірі взаємно вирівнюється почерговістю росту витрати палива на підйомах та зменшення витрат на спусках з достатньо невеликою різницею, обумовленою ККД силового приводу. Вплив поворотів (звивистості дороги в плані) взаємопов'язаний з відповідним зниженням швидкості та додатковими затратами потужності на додання бокового уводу шин. Домінуючим є вплив взаємозв'язку лінійної витрати палива Q_s з зміною швидкості руху.

Взаємозв'язок Q_s з інтенсивністю і організацією транспортного потоку є значно складнішим з точки зору квантифікації і відтворення – оцінки відповідних «чистих» експериментів, суттєво пов'язаних з уже суб'єктивними факторами (досвідом водія і т.д.).

Зокрема в базових на сучасний момент дослідженнях, що формують діючу теорію технічної експлуатації автотранспортних засобів в Україні та СНД визначена наступна класифікаційна структура факторів що визначають експлуатаційну витрату палива, що представлена на рис. 3.

Аналіз схеми (рис. 3) свідчить однак про проблемність квантифікації впливу більшості з об'єднаних в групу організаційно-технологічних керованих факторів. Зокрема, якщо ступінь впливу швидкості руху чи коефіцієнту використання вантажності на показники паливної ощадливості достатньо однозначно експериментально чи аналітично фіксуються, то графічна залежність взаємозв'язку лінійної витрати палива та коефіцієнту використання пробігу, так само як і системи обліку і нормування витрати палива, чи якості ТО і ТР представляються доволі невизначено.

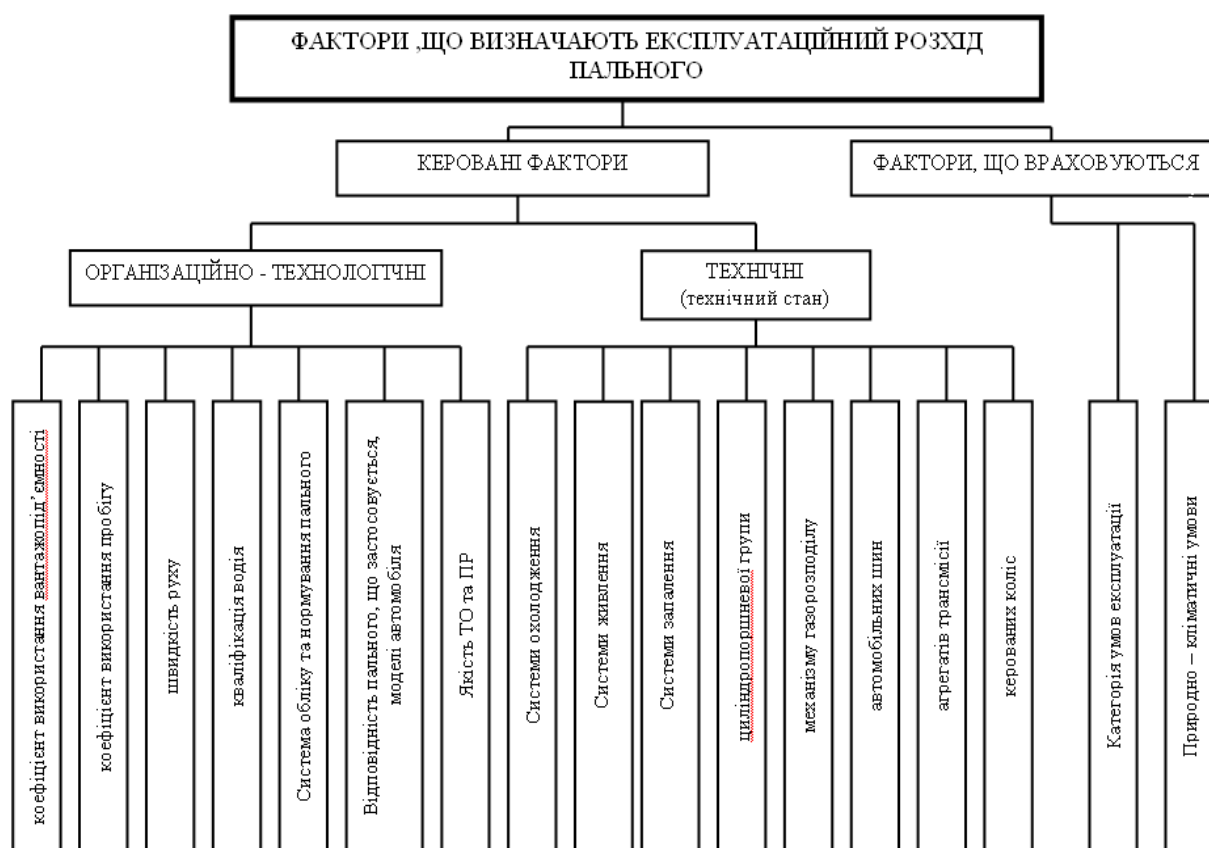


Рис. 3. Класифікація основних факторів, що впливають на витрату палива

Загалом систематизована кількісна оцінка впливу і ранжування значимості експлуатаційних факторів на витрату палива практично відсутня. У відомих дослідженнях можна виділити окремі оцінки взаємозв'язків, на базі яких і проведено аналіз значимості і виділення визначальних факторів.

Найбільш повно вплив умов експлуатації на витрати палива автомобілів досліджено в роботі Д.А. Рубця. Хоча і виконана вона в 60-х роках минулого століття і на базі модельного ряду автомобілів, що вже давно зняті з виробництва, в роботі методологічно виділено і досліджено дві групи: вплив технічного стану автомобіля; вплив умов експлуатації.

Аналіз роботи дозволяє сформувати наступну структуру і оцінку питомого впливу досліджуваних факторів на витрату палива, таблиця 2.

Таблиця 2

Структура і ступінь впливу експлуатаційних факторів на витрату палива (за результатами аналізу даних)

№ з/п	Групи факторів	Питомий вплив, збільшення Q_s %
1	Технічний стан АТЗ на прикладі ГАЗ	
1.1	Знос двигуна	до 4-6
1.2	Підвищення опору випускної системи до 50%	≈2-3
1.3	Несправності карбюратора	5-7/10-15
1.4	Несправності системи запалювання	3-25
1.5	Октанове число і фракційний склад бензину	5-8
1.6	Понижена робоча температура двигуна (до 40-45°C)	8-10
1.7	Регулювання підшипників і геометрії підвіски керованої осі	до 14

Продовження таблиці 2

	Групи факторів	Питомий вплив, збільшення Q_s %
1.8	Відхилення від номінального тиску повітря в шинах на 13 – 15% на 40%	1,6-2 6,8-17
2	Умови експлуатації АТЗ	
2.1	Тип і стан дороги	10-100
2.2	Навантаження (від 0 до номінального 2,5т)	20-25
2.3	Частота зупинок на 1 км шляху (від 0 до 1)	15-25
2.4	Привід допоміжних агрегатів (самоскид)	до 2,2
2.5	Швидкість руху (від 20 до 70 км/год.)	до 50
2.6	Досвід водія	до 25
2.7	Макропрофіль дороги (спуски, підйоми) з використанням накату	від -9% до +10%

В роботі окремо виділено оцінку впливу температури навколишнього повітря на витрату палива в діапазоні від $+20^{\circ}\text{C}$ до -40°C . (рис. 4), що дозволяє констатувати питому значимість даного фактору від 7 до 12% при пониженні температури до -20°C і від 15 до 25% при температурі до -40°C .

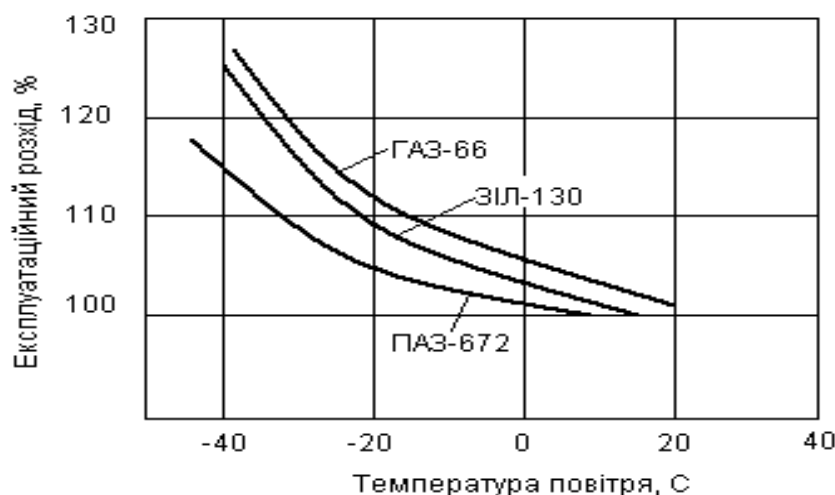
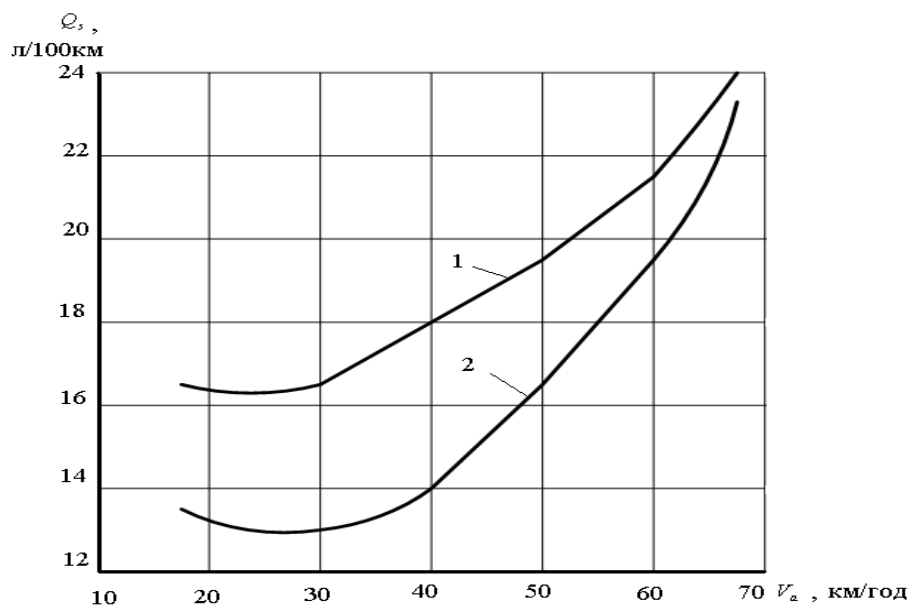


Рис. 4. Вплив температури повітря на паливну ощадливість АТЗ при швидкості 50 км/год

Нелінійний характер впливу певних експлуатаційних факторів на фактичні витрати палива що підтверджується узагальненням результатів роботи рис. 5, додатково ускладнює як дослідження і чітку квантифікацію впливу так і врахування основних визначальних факторів умов і режимів руху на нормування фактичної витрати палива [8, 9].

Проведений аналіз і узагальнення відомих досліджень по нормуванню експлуатаційної паливної ощадливості та аналіз розвитку методології нормування лінійних витрат з 1960 р. до 2014 р. дозволяє констатувати наступне:

1. При плануванні експлуатаційних норм витрат палива недопустимо враховувати і закладати в норми збільшення витрат, пов'язаних з порушеннями і відхиленнями від номінальних значень заводу – виробника параметрів технічного стану автомобіля (в основному табл. 1);
2. Необхідно мінімізувати або виключити вплив суб'єктивних факторів, які складно представити однозначним чисельним параметром (досвід, вміння та майстерність водія, дорожня ситуація, організація ТО і ПР і т.д.).
3. Домінуючий вплив умов руху, насамперед чотирьох визначальних факторів: швидкості руху; типу і стану дороги; завантаження автомобіля; температури довкілля, що обумовлюють відхилення від фактичних витрат палива в 1,5-3 рази від визначених автовиробниками контрольних витрат палива, чи Мінтрансом – базових лінійних норм.



1 – дійсна; 2 – теоретична при умові найменшої питомої витрати палива в двигуні.

Рис. 5. Економічна характеристика автомобіля ГАЗ при русі на прямій передачі по дорозі з асфальтобетонним покриттям

Зрештою і в сучасній нормативній базі [5] до так званих базових лінійних норм (методика визначення яких, до речі, не є чітко визначеною і відображеною в нормативній базі галузі) передбачено понад 6 коректуючих поправок та 15 збільшень норм, що:

- з одного боку підтверджує багатофакторність проблеми, яку практично неможливо звести до якоїсь однієї цифри, універсальної для всіх конкретних випадків;
- з другого боку вносить суттєві ускладнення і суб'єктивізм в квантифікацію норми із-за достатньо широкого діапазону поправочних коефіцієнтів і суб'єктивної їхньої фіксації.

В принципі теоретично можливий розрахунок норми витрати палива для конкретних умов руху автомобіля на базі відомих з теорії автомобіля залежностей, що пов'язують рівняння руху і режими роботи двигуна.

H_s – базова лінійна норма; S – пробіг, км; K_Σ – сумарний коефіцієнт; H_{OH} – норма автономного обігрівача; T_{OH} – час роботи обігрівача; NW – норма транспортної роботи; W – транспортна робота.

На рис. 6 представлена узагальнена нами структура розрахунку нормативної витрати палива Q_n для базових категорій автомашин (M_1 – легкові, M_2, M_3 – мікроавтобуси і автобуси, N – вантажівки).

Враховуючи нелінійний характер характеристик двигунів та основних залежностей, що визначають затрати потужності на переборення опору рухові використання аналітичного рівняння розрахунку витрати палива, представленої проф. М. Говорущенком [8, 9].

$$Q = \frac{1}{\eta_o} [AU_k + BU_k^2 V_a + C(G_a \Psi + 0,077kFV_a^2 \pm 0,1\beta G_a V_a)]; \quad (7)$$

$$\text{де } A = \frac{7,95aV_h U_o}{H_i \rho_T \tilde{A}_k}; \quad B = \frac{0,69bV_h S_i U_o}{H_H \rho_T \tilde{A}_k^2}; \quad C = \frac{100}{H_H \rho_T \eta_{\partial D}}; \quad (8)$$

V_h – робочий об'єм двигуна, мм³; U_o, U_k – передатні числа відповідно головної передачі та виключеної передачі в трансмісії; g_e – питома витрата палива двигуном, г/см³; V_a – швидкість руху автомобіля, км/год.; G_a – вага автомобіля, т; Ψ – коефіцієнт дорожнього опору k ; F – коефіцієнт опору повітря і лобова площа автомобіля, м²; $\eta_{\partial D}$ – к.к.д. трансмісії; ρ_D – густина моторного пального;

H_H – нижня теплота згоряння палива; β – коефіцієнт інерції обертових мас; η_i – індикаторний ККД двигуна; S_n – хід поршня, мм; A , B , C – емпіричні коефіцієнти для кожного типу двигуна. Насамперед співвідношення діаметра циліндра $D_{ц}$ і ходу поршня S_n практично надмірно складне та не забезпечує достатньої точності хоча б в межах $\pm 10\%$.

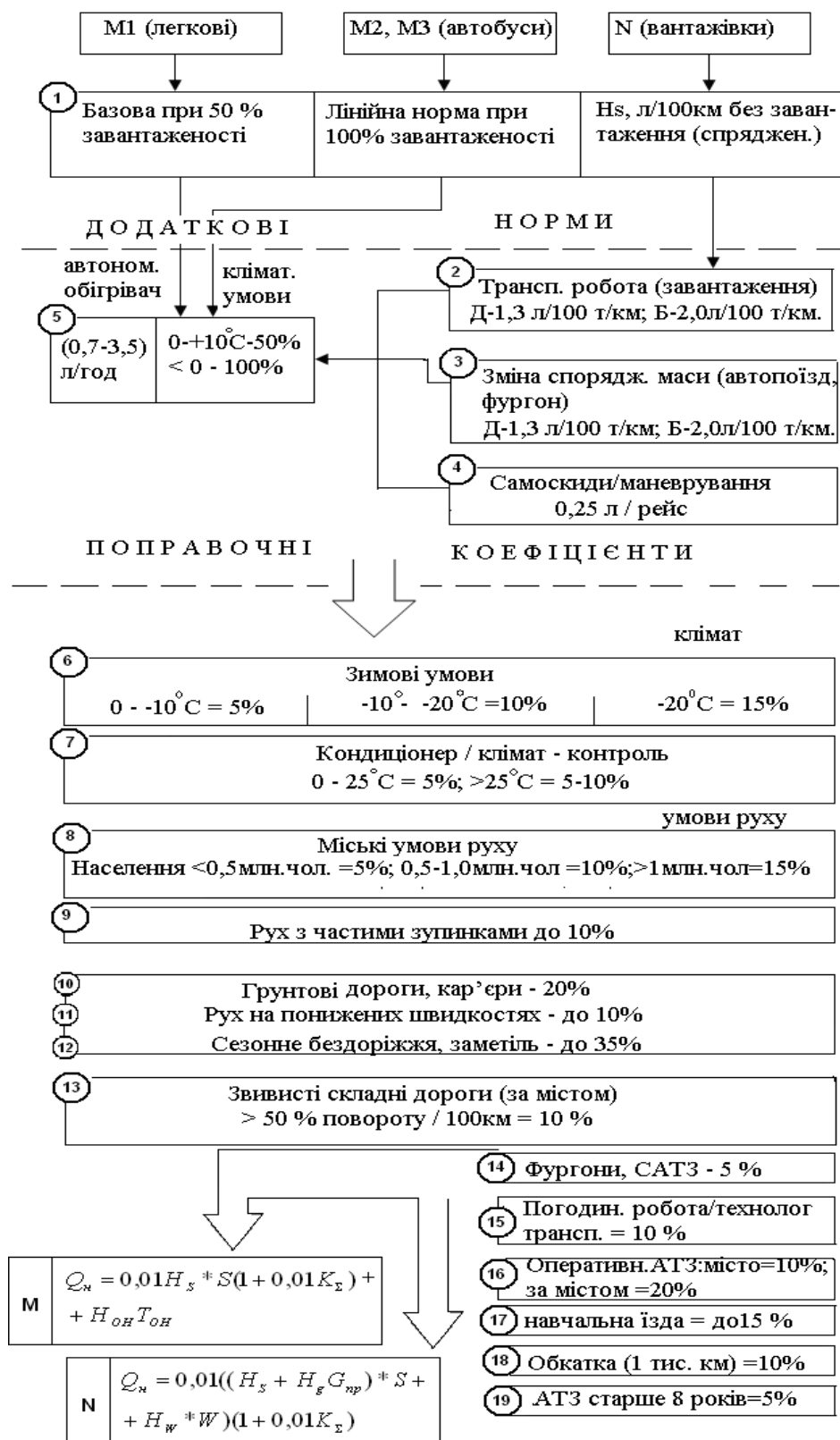


Рис. 6. Структура розрахунку нормативної витрати палива [2]

Індикаторний ккд η_i і питома витрата палива g_e нелінійно змінюються в декілька разів в залежності від конкретного режиму роботи двигуна, що додатково вкрай ускладнює процес розрахунку із-за необхідності використання універсальної характеристики двигуна (з завданням у вигляді двовірного цифрового масиву та нелінійної інтерполяції конкретних проміжних точок) та додаткової програми визначення точки роботи двигуна кожному конкретному режиму руху.

Однак для практичного використання в автопарках даний варіант теоретичного розрахунку експлуатаційних (лінійних) витрат палива конкретного автомобіля занадто складний, і враховуючи здебільшого емпіричний характер і певний діапазон коливань конкретних значень вищезазначених коефіцієнтів, не дасть достатньої точності результатів.

Підсумовуючи вищенаведений аналіз робіт по дослідженню і нормуванню паливної ощадливості автомобіля можна констатувати, що:

- існуюча методологія нормування експлуатаційних витрат палива автомобілів зорієнтована на так звані базові витрати на асфальтобетонних дорогах I категорії і практично не враховує реальну швидкість руху та тип і стан дорожнього покриття;
- коректування норм витрати палива в залежності від завантаження (2,0 л/100 ткм для бензинових вантажних автомобілів і 1,3 л/100 ткм для дизельних) є приблизним, узагальнюючим і не враховує особливості конкретних моделей, кардинальної зміни, що відбулись в техніці двигунів за останніх 20 років (перехід від карбюраторних до інжекторних бензинових двигунів, зменшення робочого об'єму дизельних двигунів з вже традиційним дооснащенням системами турбонадуву і проміжного охолодження повітря у зв'язку з переходом на екологічні вимоги «Євро-2» – «Євро-4», суттєву інтенсифікацію термодинаміки двигунів).

В принципі таке коректування не може бути достатньо точним для всіх типів вантажних автомобілів, включно і нову генерацію моделей, що з'явилися впродовж останнього десятиріччя, відсутні дослідження, які підтверджують адекватність такого коректування; особливо актуальним є коректне нормування лінійних витрат для повнопривідних автомобілів, що використовуються в силових структурах, насамперед військових автомобілів багатоцільового призначення з суттєво нижчою питомою часткою сумарного пробігу на асфальтобетонних дорогах I та II категорій.

Зокрема питома частка руху на асфальтобетонних дорогах повнопривідних військових автомобілів в колишньому СРСР приймалась на рівні 25% сумарного пробігу. Відповідно при розробці і випробуваннях повнопривідних автомобілів для армії США питоме співвідношення умов руху на дорогах формувалось наступним чином:

- асфальтобетонні дороги – 56%;
- бруківка – 6%;
- ґрунтові дороги – 25%;
- бездоріжжя / пересічена місцевість – 13%.

Зрештою і для неповнопривідних вантажних автомобілів, що експлуатуються в сільському і лісовому господарствах, нафтогазовому і геологорозвідувальному комплексах, системі поштового зв'язку і т.п. теж характерна висока питома частка сумарного пробігу на неасфальтованих дорогах.

Вищенаведене обумовлює актуальність і практичну значимість для експлуатації АТЗ в реальних умовах дослідження і кількісної основи зміни лінійної витрати палива Q_s при відомих технічних характеристиках АТЗ в залежності від основних факторів, що формують Q_s в реальній експлуатації. Як показав проведений аналіз, це відноситься насамперед до трьох визначальних факторів: типу і стану дороги; швидкості руху автомобіля; завантаження автомобіля.

Практично предметом даної теми відповідно сформовано:

1. Розробка методики багатофакторного дослідження кількісного зв'язку зміни лінійних витрат палива Q_s автомобіля з трьома визначальними факторами, що формують умови руху (на базі методів багатофакторного планування експерименту).

2. Розробка розрахункового методу (математичної моделі) відтворення усталеного руху автомобіля на комп'ютерах і розрахунку лінійної витрати палива на базі конкретних характеристик двигуна і автомобіля у взаємозв'язку з заданими умовами руху, в т.ч. повнопривідних автомобілів при русі на дорогах без твердого покриття (з поверхнями, що деформуються).

3. Формування методології експериментальних досліджень паливної ощадливості повнопривідних автомобілів при русі на дорогах без твердого покриття та необхідного вимірювального забезпечення.

4. Визначити і дослідити кількісний взаємозв'язок визначальних умов руху (типу і стану дороги, завантаження і швидкості руху) та реальної лінійної витрати палива для конкретних вантажних автомобілів.

5. Розробка пропозицій по багатофакторних диференційованих нормах експлуатаційних витрат палива вантажних автомобілів, в т.ч. повнопривідних, з врахуванням умов руху.

Висновки

Проведений огляд та аналіз існуючих досліджень паливної ощадливості вантажних автомобілів дозволив виділити 3 характерні групи:

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

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

- швидкість руху;
- тип і стан дорожнього покриття;
- завантаження автомобіля;
- поздовжній профіль (підйоми та спуски), звивистість дороги в плані (кількість 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).

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

Попередній порівняльний аналіз свідчить про найбільшу питому значимість і домінуючий вплив на формування паливної ощадливості (Q_s), перших 3 вищезазначених чинників, тобто швидкості руху, типу, стану дороги і завантаження автомобіля.

Список використаних джерел

1. ДСТУ В 3576 - 97 «Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення». - К. : Держстандарт України, 1997.
2. Наказ міністра оборони України від 19.11.09 № 581 “Про затвердження Інструкції з перевірки та оцінки стану озброєння та військової техніки у Збройних Силах України”.

3. Наказ міністра оборони України від 19.12.11 № 760 “Про затвердження та введення в дію Інструкції з визначення річних норм витрати моторесурсів автомобільної техніки на мирний час”.
4. Аналіз, висновки, пропозиції та шляхи подальшого удосконалення стану технічного забезпечення ЗС України. – К.: Озброєння ЗС України, 2014. – 17 с.
5. Норми витрат пального, масел, мастил і спеціальних рідин при експлуатації, ремонті та консервації військової техніки й озброєння Збройних Сил України./К.: вид. Варта, 1999. – 272с.
6. Налимов В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов./ Налимов В.В., Чернова Н.А. – М.: Наука, 1965. – 340 с.
7. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. – М.: Металлургия, 1969. – 260 с.
8. Говоруценко Н. Я. Вопросы теории эксплуатации автомобилей на дорогах с различной степенью ровности покрытий. – Харьков: Изд. Харьков. гос. университет, 1964. – 32 с.
9. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. – Москва: Машиз, 1963. – 236с.
10. Крайник Л.В. Багатофакторна оцінка та нормування паливної ощадливості вантажних автомобілів: Монографія./ Крайник Л.В., Грубель М.Г. – Львів: Академія сухопутних військ, 2010. – 117с.
11. Крайник Л.В. Диференційоване нормування витрат палива вантажних автомобілів. Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту/ Крайник Л.В., Грубель М.Г., № 3. - Донецьк. - 2007. – С. 19 – 24.
12. Грубель М.Г. Багатофакторне нормування витрат палива повнопривідних автомобілів //Системи озброєння і військова техніка. - 2007. - № 3(11). - С. 21 – 24.
13. Бударецький Ю. І., Особливості формування структури випробувального центру на базі міжнародного центру миротворчості та безпеки і засобів метрологічного забезпечення випробувань повнопривідної колісної техніки. Автошляховик України./ Бударецький Ю. І., Грубель М. Г., Митник Я. Ф. - № 4. Київ – 2010.- С. 19 – 23.
14. Грубель М. Г. Оптимізація швидкісних режимів руху повнопривідних вантажних автомобілів різними типами доріг з умов паливної ощадливості. Автошляховик України./ Грубель М. Г., Терещенко А. М. - № 1. Київ – 2013.- С. 14 – 17.
15. Грубель М. Г. Диференційоване нормування лінійних витрат палива автобусів та вантажівок за різних умов руху. Автошляховик України./ Грубель М. Г., Боднар М.Ф., Крайник Ю.Л., Терещенко А.М. - № 6. Київ – 2013.- С. 16 – 22.

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ, КОТОРЫЕ ВЛИЯЮТ НА ТОПЛИВНУЮ ЭКОНОМИЧНОСТЬ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

М. Петрушенко, О. Будур, П. Бордіян, В. Бордіян, Л. Гордішевський, С. Тарасенко

Опыт использования автомобилей в боевой и повседневной деятельности войск свидетельствует про наличие разных условий, которые обуславливаются разным дорожным покрытием. Это обуславливает широкую зону средних скоростей движения грузовых автомобилей, неполное использование грузовых или же и перегруженных автомобилей. Поэтому количественная оценка влияния данных факторов на формирование реальной топливной экономичности грузовых автомобилей, усовершенствование практики прогноза нормирования линейных затрат топлива, что ориентировочно на лучшие асфальтобетонные дороги I категории и движение в экономической зоне скоростей есть актуальным научным заданием. Решение этого задания основывается на методиках многофакторного исследования и количественной оценки взаимосвязи типа и состояния дороги, скорости движения и загрузки с топливной экономичностью грузовых автомобилей на базе методов многофакторного планирования эксперимента.

Ключевые слова: автомобиль, линейные затраты, режим движения, технологические факторы, линейная норма.

ANALYSIS OF OPERATIONAL FACTORS AFFECTING THE FUEL ECONOMY OF TRUCKS

M. Petrushenko, O. Budur, P. Bordian, V. Bordian, L. Gordishevsky, S. Tarasenko

The experience of using cars in the combat and day-to-day operations of the troops testifies to the presence of different traffic conditions caused by different pavements. This leads to a wide range of average truck speeds, under-utilization of cargo or overloading of vehicles. Therefore, quantitative assessment of the influence of these factors on the formation of real fuel economy of trucks, improvement of the practice of predictive rationing of linear fuel consumption, which oriented on the best asphalt roads Category I and traffic in the economic zone of speed is an urgent scientific task. The solution to this problem is based on the methods of multivariate research and quantification of the relationship between the type and condition of the road, the speed of movement and loading with fuel economy of trucks based on the methods of multivariate experiment planning.

Assessment and research of the fuel economy of a car are characteristic of the initial stages of the formation of the theory of the car as a science and have evolved over the last 70 years.

Practically research in the field of fuel economy of the car can be roughly divided into three groups:

- optimization of fuel economy of gasoline and diesel engines directly in the process of their design and finishing;*
- research and optimization of fuel economy in the process of designing and finishing new cars, ie selection of characteristics and parameters of the power drive, tires, aerodynamics and other design factors for certain typical driving conditions;*
- exploring the possibilities of improving the operational fuel economy of production cars in real and various operating conditions and improving the standardization of fuel consumption in operation.*

The article focuses on the 3rd group of studies, as it is especially relevant in the existing conditions of operation of the fleet, first of all, where it is practiced to plan linear fuel costs, in particular in budgetary structures, incl. Armed Forces, SESU, NSU with the terms of normalization of fuel consumption, assessment of the impact of specific conditions of movement and operation on the actual fuel consumption.

The review and analysis of existing studies of fuel economy of trucks allowed to distinguish 3 characteristic groups:

- research into the relationship between changing the design parameters and specifications of a car with fuel economy;*
- study of the influence of the conditions of movement of the car on its fuel economy;*
- assessment of the impact of the technical condition of the car, including adjustments and faults on the increase in linear fuel consumption.*

From the analysis of researches it follows that for serial designs of trucks (at their normal technical condition according to the TU of the factory – manufacturer) the factors of driving conditions have the greatest influence a priori:

- speed of movement;*
- type and condition of the road surface;*
- car loading;*
- longitudinal profile (ascents and descents), tortuosity of the road in the plan (number and radii of turns per unit of route), ie geometric characteristics of the road;*
- traffic intensity and formation of traffic flow (including typical types of urban, suburban and long-distance traffic).*

As a rule, known studies focus on the evaluation of specific two-factor dependence of fuel consumption on any of the above factors. There are virtually no comprehensive multifactorial studies that would allow a specific quantitative assessment of the impact and interrelation of all the above factors and their relative importance on the formation of the total linear fuel consumption of cars.

The preliminary comparative analysis shows the greatest specific importance and dominant influence on the formation of fuel economy (Q_s), the first 3 factors mentioned above, ie speed, type, road condition and vehicle loading.

Keywords: car, linear cost, driving mode, technological factors, linear norm.