

РОЗДІЛ І. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА МАШИНОБУДУВАННЯ

DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-4\(42\)-11-19](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-4(42)-11-19)

УДК 621.113

**Володимир Віталійович Кальченко¹, Володимир Іванович Венжега²,
Геннадій Володимирович Пасов³, Антоніна Вікторівна Кологойда⁴,
Ярослав Володимирович Кужельний⁵**

¹доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи

Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: vykalchenko74@gmail.com. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9072-2976>

ResearcherID: G-6752-2014. **Scopus Author ID:** 56644727300

²кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування

Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: vivenzhega@gmail.com. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-8857-349X>

ResearcherID: H-3560-2014. **Scopus Author ID:** 16510833000

³кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування

Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: genapasov@gmail.com. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-7248-9085>

ResearcherID: H-4455-2014. **Scopus Author ID:** 57220212743

⁴кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: kolohoida@gmail.com. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1742-2686>

ResearcherID: I-1118-2014. **Scopus Author ID:** 57222329484

⁵кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування

Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: k.y.v.immortal@gmail.com. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-5269-8557>. **Researcher ID:** J-1127-2016

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Паливна економічність автомобілів із двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) є одним із ключових показників їхніх експлуатаційних характеристик, оскільки витрати на паливо суттєво впливають на собівартість перевезень вантажів і пасажирів. Підвищення енергоефективності автотранспортних засобів (АТЗ) є важливим і актуальним завданням, яке дозволяє зменшити витрати палива, знизити викиди парникових газів, зменшити вплив на довкілля. Собівартість перевезень істотно залежить від паливної економічності автомобіля, оскільки витрати на паливо становлять приблизно 20...25 % усіх витрат на перевезення. Тому чим вище паливна економічність автомобіля, тим менше витрата палива і нижче собівартість перевезень. Для підвищення енергоефективності автомобільних транспортних засобів потрібен системний і комплексний підхід. Він повинен враховувати такі фактори, як створення удосконалених за енергоефективністю двигунів, використання сонячних панелей для додаткового живлення електроніки, альтернативних видів палива (низькомолекулярних спиртів, водню, електроенергії та інших), експлуатаційні фактори, впровадження інтелектуальних систем керування.

Стаття є публікацією оглядово-інформаційного характеру.

Ключові слова: автомобільні транспортні засоби (АТЗ); енергоефективність АТЗ; паливна економічність АТЗ; альтернативні джерела енергії; системи енергозбереження.

Табл.: 1. Бібл.: 10.

Актуальність теми дослідження. Останніми роками спостерігається значне збільшення кількості автомобільних транспортних засобів, а отже, і споживання палива на автомобільному транспорті. Підвищення енергоефективності автотранспортних засобів (АТЗ) є важливим і актуальним завданням, яке дозволяє зменшити витрати палива, знизити викиди парникових газів, зменшити вплив на довкілля. Одним із найбільш важливих експлуатаційних показників, що впливає на собівартість перевезень, є паливна економічність автомобіля, оскільки витрати на паливо становлять в середньому 20...25% всіх ви-

трат на пасажирські й вантажні перевезення. Тому з покращенням паливної економічності автомобілів, зменшуються витрати палива і собівартість перевезень. Однак не лише скорочення прямих витрат на паливо та мастила покращує енергоефективність АТЗ. У наш час у багатьох країнах світу, в тому числі й в Україні, широко застосовують сучасні способи реалізації технологій енергоощадження при виготовленні та експлуатації транспортних засобів та інфраструктури.

Постановка проблеми. На найближчі десятиліття теплові поршневі двигуни, що працюють на бензині, дизельному пальному, газі, альтернативних видах палива залишаться основними типами силових установок автомобілів. Це змушує шукати нові шляхи підходу до розв'язання паливно-економічної та екологічної проблем. Такими шляхами є перехід на нові, більш ефективні види палива, наприклад, водень, вдосконалення конструкцій автомобілів, експлуатаційні фактори, застосування на автомобільному транспорті сучасних інформаційних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під паливною економічністю автомобіля розуміють показники витрат палива при перевезенні пасажирів, вантажів, виконання спеціальної роботи в різних умовах експлуатації. Витрати автомобілем палива залежать від п'яти основних чинників. Це витрата палива у двигуні на подолання теплових, механічних і помпових витрат у двигуні, аеродинамічного опору, опору дороги, механічних витрат в трансмісії, сил інерції автомобіля, що характеризується рівнянням паливного балансу. Ці витрати палива при русі без прискорення по горизонтальній поверхні із середньою швидкістю руху розподіляються наступним чином: витрати палива на подолання витрат у двигуні становлять 64-68 %, на подолання опору дороги 12-15 %, аеродинамічного опору 10-15 %, витрат в трансмісії – 9-12 %.

Найбільш поширеним показником витрат палива в країнах Євросоюзу й в Україні є шляхові витрати палива, тобто витрата палива на 100 км пройденого шляху. Однак цей показник не завжди дає можливість оцінити правильно вплив корисного навантаження на паливну економічність автомобіля, тому більш точно оцінює паливну економічність витрата палива, віднесена до тонно- чи пасажиро-кілометра [1].

При рівномірному русі автомобіля паливну економічність автомобіля оцінюють за допомогою, що являє собою залежність питомої витрати g_e палива (г / кВт год), від швидкості руху автомобіля на різних передачах коробки передач і при різних дорожніх умовах, які характеризуються величиною коефіцієнта опору дороги ψ [1-3] під час стендових або дорожніх випробувань. Ця характеристика вперше була запропонована академіком Є. Чудаковим. За графіком паливно-економічної характеристики можна вирішити і зворотну задачу, тобто визначити найбільшу швидкість руху, що відповідає бажаній витраті палива. За даними досліджень паливна економічність автомобілів з гідромеханічними передачами через низький ККД гідротрансформатора, що входить до неї, нижча на 3-7 %, ніж із механічною трансмісією [4]. Витрати автомобілем палива більші в місті з інтенсивним дорожнім рухом, що пояснюється великою кількістю різких розгонів та гальмувань і менші при роботі автомобіля на позаміських маршрутах. При різкому натисканні на педаль акселератора активується прискорювальний насос, унаслідок чого паливна суміш стає занадто багатою, що призводить до неповного її згоряння та, як наслідок – до збільшення витрати пального [5]. Дослідженню і покращенню аеродинамічних характеристик автомобілів для зменшення витрат палива присвячені роботи [6-9]. Дуже важливою експлуатаційною властивістю автомобілів є їхня екологічність, що визначається негативним впливом на довкілля і проявляється у викидах шкідливих речовин, шумі та використанні ресурсів, насамперед палива. Найекологічнішими є електромобілі, а найменш екологіч-

ними – бензинові та дизельні автомобілі старіших стандартів, які характеризуються викидами в атмосферу великої кількості шкідливих речовин, таких як CO₂, NO₂ та твердих частинок. Гібридні автомобілі є проміжним варіантом, що зменшує викиди порівняно з традиційними авто. Робота [10] присвячена аналізу показників екологічності автомобілів з бензиновими та дизельними двигунами та наданню рекомендацій щодо їх покращення.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Проведений аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що для підвищення енергоефективності автомобільних транспортних засобів потрібен системний і комплексний підхід. Він повинен враховувати не тільки традиційні, але й такі фактори, як створення сучасних вдосконалених за енергоефективністю двигунів, використання сонячних панелей для додаткового живлення електроніки, використання альтернативних видів палива (низькомолекулярних спиртів, водню, електроенергії та інших), експлуатаційні фактори, впровадження інтелектуальних систем керування.

Метою статті є аналіз підходів і формулювання рекомендацій для вирішення проблеми підвищення енергоефективності автомобільних транспортних засобів за рахунок комплексного впровадження сучасних способів реалізації технологій енергозбереження при виготовленні та експлуатації транспортних засобів.

Виклад основного матеріалу. Проведемо аналіз основних методів підвищення енергоефективності АТЗ.

1. Поліпшення аеродинамічних характеристик.

Сила опору повітря істотно впливає на тягово-швидкісні властивості автомобіля і паливну економічність, особливо при високих швидкостях руху автомобіля або за наявності вітру. Аеродинамічний опір автомобіля розділяють на п'ять складових:

- опір форми (лобовий) близько – 60-75 %;
- опір виступів і западин близько – 5-17 %;
- опір внутрішніх потоків близько – 5-7 %;
- індуктивний опір, який зумовлений підйомом кузова автомобіля при великих швидкостях;
- поверхневий опір.

Основною складовою аеродинамічного опору є лобовий опір. Він викликаний зоною підвищеного тиску повітря спереду автомобіля при його русі та зоною розрідження позаду. За рахунок різниці тиску і створюється сила лобового опору. При цьому він буде тим більший, чим більше вихороутворення як попереду, так і позаду автомобіля. Щодо величини вихороутворення, то вона залежить, перш за все, від форми тіл, що рухаються.

Найістотніший вплив на опір руху чинить передня частина. Так, якщо створити заокруглювання в передній і задній частині фігури, що має плоскі стінки, то опір можна зменшити на 72 %. Оптимальною з погляду зниження опору повітря формою тіла є форма падаючої краплі з невеликим перетином, розташованим на відстані однієї третини довжини тіла від його переднього краю. Причому довжина тіла повинна перевищувати його найбільший діаметр приблизно в шість разів. Однак така форма для реального автомобіля неприйнятна, тому що не забезпечує необхідних функціональних властивостей. Одночасно різними компонувальними, конструктивними і технологічними рішеннями намагаються наблизитися до оптимальної конструкції форми кузова автомобіля.

Сила лобового опору $P_{пл}$ визначається за формулою:

$$P_{пл} = C_x \rho \frac{v^2}{2} F_{пл}, \quad (1)$$

де C_x – коефіцієнт аеродинамічного (лобового) опору (обтічності);

ρ – щільність повітря (за температури 15 °С і барометричного тиску 0,1 МПа приймають $\rho = 1,225 \text{ кг/м}^3$);

F_n – площа лобового опору (миделевого перерізу), а саме площа проєкції автомобіля на площину, перпендикулярну до його поздовжньої осі визначається за формулою:

$$F_n = \alpha HB, \tag{2}$$

де α – коефіцієнт заповнення площі: для легкових автомобілів – 0,7...0,8; для вантажних – 0,75...0,9; для автобусів – 0,85...0,9.

H, B – найбільша габаритна висота і ширина автомобіля.

Оскільки в довідковій літературі відсутні значення коефіцієнта C_x , добуток коефіцієнта $0,5 \cdot C_x \cdot \rho$ приводять до коефіцієнта обтічності K_n (коефіцієнт опору повітря), що еквівалентний силі опору повітря, яка діє на 1 м^2 площі автомобіля за відносної швидкості 1 м/с і має розмірність $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$.

При русі автомобіля в нерухомому повітряному середовищі силу опору повітря можна подати за формулою

$$P_n = K_n F_n V^2. \tag{3}$$

Добуток $K_n \cdot F_n$ називають фактором обтічності.

Наближені значення C_x, K_n, F і $K_n \cdot F$ наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Параметри обтічності автомобілів

| Автомобілі | | C_x | $K_n, \text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ | $F, \text{м}^2$ | $K_n \cdot F, \text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$ |
|---------------------|------------------------|----------|---|-----------------|---|
| Легкові | | 0,27-0,6 | 0,2-0,35 | 1,6-2,8 | 0,3-1,0 |
| Автобуси | капотного компонування | 0,75-0,9 | 0,45-0,55 | | |
| | вагонного компонування | 0,6-0,75 | 0,35-0,45 | 4,5-6,5 | 1,1-2,6 |
| Вантажні автомобілі | бортові | 0,9-1,15 | 0,5-0,7 | 3,0-5,0 | 1,8-3,5 |
| | з кузовом фургон | 0,8-1,0 | 0,5-0,6 | | |
| Автоцистерни | | 0,9-1,1 | 0,55-0,65 | | |
| Автопоїзди | | 1,4-1,55 | 0,85-0,95 | | |
| Перегонові | | 0,25-0,3 | 0,15-0,2 | | |

Параметр V , що входить в рівняння сили опору повітря, може бути визначений як

$$V = V_1 \pm V_B,$$

де V_1 – швидкість руху автомобіля;

V_B – швидкість вітру (+ зустрічний вітер; - ходовий вітер).

Сила опору повітря направлена протилежно до вектора швидкості руху автомобіля, її розглядають у вигляді зосередженої сили, прикладеної в точці, яку назвали центром парусності автомобіля. Відстань від опорної поверхні до центра парусності називається висотою центра парусності h_n . Вона зазвичай не збігається з центром мас автомобіля. Таким чином, покращення аеродинамічних характеристик може бути досягнуто такими шляхами:

- зменшення опору повітря через оптимізацію форми кузова;
- використанням аеродинамічних компонентів, таких як спойлери або обтічники;
- використанням легких матеріалів для зниження ваги і покращення динамічних властивостей.

2. Зменшення витрат палива за рахунок конструктивних чинників.

Заміна карбюраторного двигуна на дизель зменшує витрати палива вантажних автомобілів на 40 %, і легкових на 30 %. Таке зменшення зумовлено меншою питомою витратою палива дизельним двигуном (210...240 г/кВт·год) порівняно з карбюраторним (310...340 г/кВт·год) а також меншими витратами при зменшенні ступеня використання потужності.

До конструктивних факторів, що впливають на характер згоряння палива в карбюраторних двигунах, належать: ступінь стиску, форму камери згоряння, розташування і кількість свіч запалювання, розміри гільз циліндрів, матеріал поршнів, голівок блоку і гільз циліндрів і деякі інші. Так, збільшення ступеня стиску з 6,7 до 8,5 дозволяє підвищити ефективну потужність двигуна з 155 до 190 к. с., а питому витрату палива зменшити з 240 до 225 г/кВт·год. Однак це можливо тільки в деяких межах, що обмежуються техніко-економічними розуміннями (збільшення вартості двигуна, підвищення вимоги до палива, посилення небезпеки самозапалювання палива й ін.).

Застосування наддування також служить одним з ефективних способів підвищення потужності та економічності двигуна, однак через різке зростання тиску й температури робочої суміші, як і при підвищенні ступеня стиску, потрібно паливо з більш високою детонаційною стійкістю.

Зменшенню ймовірності детонаційного згоряння сприяє зниження температури робочої суміші в результаті поліпшення охолодження, що обумовлюється багатьма конструктивними факторами (наприклад, удосконаленням форми камери згоряння, виготовленням голівки блоку і деталей циліндро-поршневої групи з металів великої теплопровідності тощо).

На характер згоряння робочої суміші впливають і інші конструктивні фактори (наприклад, діаметр поршня, місце розташування свічок запалювання і т. ін.). Зокрема, збільшення діаметра циліндра подовжує шлях проходження фронту полум'я, у результаті чого зростає час згоряння робочої суміші, а в незгорілій її частині різко (за рахунок стискування) підвищується тиск. Це і сприяє виникненню детонаційного згоряння. Оцінюючи загалом вплив конструктивних факторів на процес згоряння палива, можна зробити висновок, що двигун буде тим досконаліше, чим менш він вимогливий при тому ж самому ступені стиску до детонаційної стійкості бензину.

Значний економічний ефект дає також гібридизація – поєднання двигунів внутрішнього згоряння та електродвигунів та перехід на електричні або водневі силові установки.

3. Покращення характеристик трансмісій.

Останнім часом намітилась тенденція випереджаючого розвитку конструкцій трансмісій автомобілів в порівнянні з двигунами внутрішнього згоряння. Усе більше в трансмісіях, незважаючи на підвищення собівартості, застосовують гальма накопичувачі енергії, системи стоп-старт, стабілізації руху, автоматичного керування рухом, найбільш ефективного використання джерела енергії та перерозподілу крутного моменту з метою покращення прохідності, безпеки руху тощо. У зв'язку з застосуванням гібридних автомобілів у трансмісіях використовуються однопотоківі або двопотоківі схеми передачі крутного моменту. Дедалі більше у трансмісіях застосовуються роботизовані системи. Автоматизація керування здійснюється шляхом удосконалення існуючих конструкцій. Так, керування фрикційним зчепленням, шляхом застосування роботизованих систем, становиться автоматичним. Шляхом встановлення подвійного зчеплення та двопотокової схеми передачі крутного моменту в коробці передач, не переривається силовий потік, при перемиканні передач. Частіше знаходять застосування варіатори або автоматичні коробки передач з оптимізованим програмним забезпеченням.

4. Зменшення ваги.

Чим більше важить автомобіль, тим більше енергії потрібно, щоб переміщати його в просторі. Це означає, що необхідно більше палива, а збільшення згоряння бензину/дизеля ще збільшує і кількість шкідливих викидів. Дослідження виробників транспортних засобів показують, що зниження ваги легкових та вантажних автомобілів можна досягти за рахунок використання легких сплавів, карбонових та композитних матеріалів та оптимізації конструкції шасі та кузова.

5. Ефективні шини.

Сила опору коченню P_f викликана гістерезисними втратами в шині (тертям у гумово-кордній оболонці, гумі протектора і в контактні колеса з дорогою) при її радіальній, тангенціальній і бічній деформаціях і ковзаннях у зоні контакту. Опір коченню залежить від таких основних чинників: типу і стану опорної поверхні; типу шини та її конструкції; швидкості руху; тиску повітря в шині; крутного моменту, що діє на шину; температури шини; ступеня зносу протектора тощо. Оскільки неможливо врахувати умови роботи кожного колеса окремо, то використовується усереднене значення коефіцієнтів опору коченню кожного колеса автомобіля, а сумарний опір коченню автомобіля визначається за формулою:

$$P_f = \sum_{i=1}^n P_{fi} = f G_a \cos \alpha \quad (4)$$

де G_a - вага автомобіля в Н;

α - кут нахилу опорної поверхні в град.;

f - коефіцієнт опору коченню.

Використання шин з низьким опором кочення та оптимальним тиском у шинах, знижує витрати палива та підвищує їх довговічність.

6. Використання альтернативних джерел енергії.

Енергоощадження на транспорті безпосередньо пов'язане з видом палива, що використовується. Це позначається на собівартості перевезень і екологічній складовій. Так, додаткові переваги дає використання зрідженого газу. Знижуються викиди окису вуглецю, та інших вуглеводнів. Точка кипіння пропану менша, ніж дизеля та бензину, що дозволяє забезпечити повне згорання палива без використання засобів випарювання та змішування з повітрям. Значний ефект дає використання альтернативних видів палива таких як біопаливо, спирти, водень, сонячних панелей для додаткового живлення електроніки, електроенергії, як палива для автомобілів.

7. Експлуатаційні фактори.

Серед експлуатаційних факторів, що впливають на процес згорання робочої суміші, варто виділити кут випередження запалювання, частоту обертання колінчастого вала двигуна, коефіцієнт надлишку повітря, тепловий режим і навантаження двигуна, утворення нагару на поверхнях камери згорання та інші.

Найвигідніший, строго визначений кут випередження запалювання робочої суміші встановлюють для одержання максимальної потужності двигуна.

Частота обертання колінчастого вала двигуна також впливає на процес згорання. З її збільшенням швидше поширюється фронт полум'я і разом з тим скорочується час, що відводиться на згорання палива. Отже, збільшення частоти обертання колінчастого вала являє собою фактор, сприятливий запобіганню детонацій.

Від коефіцієнта надлишку повітря, що характеризує склад суміші, істотною мірою залежить швидкість згорання, палива. Найбільш небезпечні у відношенні детонації умови створюються при коефіцієнті $\alpha = 0,9 \dots 1,1$, якому відповідає максимальна швидкість протікання передполумєневих процесів окиснювання в робочій суміші. Вихід за межі цих значень α зменшує ймовірність появи детонації. При збідненні пальної суміші зростає витрата тепла на підігрів зайвого повітря, а отже, знижується температура суміші. При збагаченні суміші зменшується концентрація кисню, відповідно і інтенсивність утворення перекисів, які сприяють детонації.

Покращення охолодження деталей двигуна й особливо інтенсивне відведення тепла від стінок камери згорання з метою зниження температури робочої суміші при згоранні є важливими факторами запобіганню детонаційному згоранню.

Нагаровідкладення на поверхнях камери згорання сильно погіршують відвід тепла від робочої суміші й водночас збільшують степінь стиску. Доведено, що теплопровідність нагару приблизно в 50 разів менше, ніж теплопровідність чавуну або сталі. Тепловий стан двигуна погіршується і в результаті утворення в системі охолодження (особливо на поверхнях голівки циліндрів) накипу, що також має дуже низьку теплопровідність.

Тому необхідно періодично проводити перевірку двигуна, трансмісії, системи заповнення, охолодження, своєчасну заміну мастила і фільтрів. Реалізація цих заходів допомагає значно покращити енергоефективність АТЗ, зменшуючи як витрати палива, так і вплив на довкілля.

8. Системи енергоощадження.

З них найбільш поширені системи рекуперації енергії гальмування та енергоощадні системи освітлення (світлодіоди).

9. Інтелектуальні системи керування.

З інтелектуальних систем керування застосовуються автоматичні системи економії енергії, такі як “старт-стоп” та оптимізація маршрутів за допомогою GPS для зменшення витрат палива.

10. Професійність водія та стиль його водіння.

Для забезпечення ефективного використання пального під час їзди необхідно дотримуватися таких рекомендацій:

- під час руху слід використовувати вищі передачі в коробці передач, що дозволить збільшити завантаження двигуна і, відповідно, підвищити його ефективність, зменшуючи витрату пального;
- швидкість руху автомобіля на асфальтобетонному покритті не повинна перевищувати $0,75 V_{\max}$, оскільки в цьому випадку суттєво зростає потужність опору повітря, яка залежить від куба швидкості;
- рух автомобіля необхідно здійснювати без різких розгонів та гальмувань, оскільки при різкому натисканні на педаль акселератора активується прискорювальний насос, унаслідок чого паливна суміш стає занадто багатою, що призводить до неповного згоряння суміші та, як наслідок, до збільшення витрати пального;
- рух автомобілів слід здійснювати при обертах двигуна $n_e < (0,6 \dots 0,7) n_{\max}$, оскільки при таких обертах двигуна питомі витрати пального є мінімальними, бо паливо згорає найбільш ефективно;
- розробка програм екологічного водіння (eco-driving), які знижують витрати палива.

Висновки. У роботі проведено дослідження та систематизацію основних факторів, що впливають на енергоефективність АТЗ. На основі проведеного аналізу пропонується наряду із застосуванням традиційних методів енергозатратності автомобілів використання більш сучасних, таких як вдосконалених за енергоефективністю двигунів, сонячних панелей для додаткового живлення електроніки, альтернативних видів палива (низькомолекулярних спиртів, водню, електроенергії та інших), впровадження інтелектуальних систем керування тощо. У комплексі ці заходи дадуть значний економічний ефект при здійсненні вантажних та пасажирських перевезень.

Список використаних джерел

1. Волков, В. П., & Вільський, Г. Б. (2010). *Теорія руху автомобіля: Підручник*. Університетська книга.
2. Волков, В. П. (2003). *Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів напряму «Інженерна механіка»*. ХНАДУ.
3. Солтус, А. П. (2006). *Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля*. Арістей.
4. Кошарний, М. Ф. (1992). *Основи механіки та енергетики автомобіля*. Вища школа.
5. Абрамчук, Ф. І., Гутаревич, Ю. Ф., Долганов, К. Є., & Тимченко, І. І. (2004). *Автомобільні двигуни (2-ге вид.)*. Арістей.
6. Katz, J. (2015). *New directions in race aerodynamics: Designing for speed*.
7. Ehsani, M. (2018). *Modern electric, hybrid electric and fuel cell vehicles*. CRC Press.
8. Rill, G., & Arrieta Castro, A. (2020). *Road vehicle dynamics*. CRC Press.
9. Дослідження аеродинамічних характеристик автомобіля шляхом комп'ютерного моделювання. (2021). *Матеріали конференції*. <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/05/1.-per-vy-roz-kumashynobud.-in-riyi...-s.-1.pdf>.
10. Викиди CO₂ від автомобілів: цифри та факти (інфографіка). (2022). *EU Reporter*. <https://uk.eureporter.co/environment/co2-emissions/2022/06/06/co2-emissionsfrom-cars-facts-and-figures-infographics>.

References

1. Volkov, V. P., & Vilskyi, H. B. (2010). *Teoriia rukhu avtomobilia [Theory of Vehicle Motion]*. Universytetska knyha.
2. Volkov, V. P. (2003). *Teoriia ekspluatatsiinykh vlastyvostei avtomobilia: Navchalnyi posibnyk dlia studentiv vyshchyykh navchalnykh zakladiv napriamu «Inzhenerna mekhanika». [Theory of vehicle performance characteristics: A textbook for students of higher educational institutions majoring in Engineering Mechanics]*. Kharkivskiy natsionalnyi avtomobilno-dorozhnymi universytet.
3. Soltus, A. P. (2006). *Teoriia ekspluatatsiinykh vlastyvostei avtomobilia [Theory of Vehicle Performance]*. Aristei.
4. Kosharnyi, M. F. (1992). *Osnovy mekhaniky ta enerhetyky avtomobilia [Theory of Vehicle Performance: A Study Guide]*. Vyshcha shkola.
5. Abramchuk, F. I., Hutarevych, Yu. F., Dolhanov, K. Ye., & Tymchenko, I. I. (2004). *Avtomobilni dvyhuny [Car engines]* (2nd ed.). Aristei.
6. Katz, J. (2015). *New directions in race aerodynamics: Designing for speed*.
7. Ehsani, M. (2018). *Modern electric, hybrid electric and fuel cell vehicles*. CRC Press.
8. Rill, G., & Arrieta Castro, A. (2020). *Road vehicle dynamics*. CRC Press.
9. Doslidzhennia aerodynamichnykh kharakterystyk avtomobilia shliakhom kompiuternoho modeliuвання [Research of aerodynamic characteristics of a car by computer modeling]. (2021). <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/05/1.-per-vy-roz-kumashynobud.-in-riyi...-s.-1.pdf>.
10. Vykydy CO₂ vid avtomobiliv: tsyfry ta fakty (infohrafika) [CO₂ emissions from cars: figures and facts (infographics)]. (2022). <https://uk.eureporter.co/environment/co2-emissions/2022/06/06/co2-emissionsfrom-cars-facts-and-figures-infographics>.

Дата першого надходження статті до видання: 13.10.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 02.11.2025

UDC 621.923

**Volodymyr Kalchenko¹, Volodymyr Venzhega², Hennadiy Pasov³,
Antonina Kolohoida⁴, Yaroslav Kuzhelnyi⁵**

¹Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector in scientific and pedagogical work
Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vykalchenko74@gmail.com. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9072-2976>
ResearcherID: G-6752-2014. **Scopus Author ID:** 56644727300

²PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobile Transport and Sectoral Machine Building
Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vivenzhega@gmail.com. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-8857-349X>
ResearcherID: H-3560-2014. **Scopus Author ID:** 16510833000

³PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobile Transport and Industrial Mechanical Engineering
Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: genapasov@gmail.com. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-7248-9085>
ResearcherID: H-4455-2014. **Scopus Author ID:** 57220212743

⁴PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobile Transport and Sectoral Machine Building
Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine).

E-mail: kolohoida@gmail.com. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1742-2686>
ResearcherID: I-1118-2014. **Scopus Author ID:** 57222329484

⁵PhD in Technical Sciences, senior lecturer of the Department of Automobile Transport and Sectoral Machine Building, Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine).

E-mail: k.y.v.immortal@gmail.com. **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-5269-8557>. **Researcher ID:** J-1127-2016

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF MOTOR VEHICLES

Fuel efficiency of vehicles with internal combustion engines (ICE) is one of the key indicators of their operational characteristics, since fuel costs significantly affect the cost of transporting goods and passengers. Increasing the energy efficiency of motor vehicles (MVs) is an important and urgent task that allows you to reduce fuel consumption, reduce greenhouse gas emissions, and reduce the impact on the environment. The cost of transportation depends significantly on the fuel efficiency of the vehicle, since fuel costs account for approximately 20...25 % of all transportation costs. Therefore, the higher the fuel efficiency of the vehicle, the lower the fuel consumption and the lower the cost of transportation. The fuel efficiency of a vehicle is determined by such indicators as hourly fuel consumption (mass of fuel consumed in one hour) and specific fuel consumption

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

(mass of fuel consumed in one hour per unit of engine power). The main indicator of fuel efficiency in most countries of the world is fuel consumption in liters per 100 km. of the route traveled. To assess the efficiency of transport work, the fuel consumption indicator per unit of transport work (the ratio of actual fuel consumption to the transport work performed) is used. However, energy saving in transport is manifested not only in a direct reduction in fuel and lubricant costs. There are also other, modern ways to implement energy-saving technologies in the manufacture and operation of vehicles. To increase the energy efficiency of motor vehicles, a systematic and comprehensive approach is needed. It should take into account the factors as follows: the creation of engines with improved energy efficiency, the use of solar panels for additional power supply of electronics, alternative fuels (low-molecular alcohols, hydrogen, electricity, and others), operational factors, and the introduction of intelligent control systems. The national standards of Ukraine establish these indicators of fuel efficiency of a car as control fuel consumption (CFC), fuel consumption in the highway driving cycle (HFC), fuel consumption in the city driving cycle (HCC), fuel characteristic of sustainable traffic (FC), fuel-speed characteristic on a highway-hilly road (FC).

The article is a publication of a review and informational nature.

Keywords: motor vehicles (MV); energy efficiency of MVs; fuel economy of MVs; alternative energy sources; energy saving systems.

Table: 1. References: 10.