

DOI 10.31865/2414-9292.23.2025.334047

УДК 629.113.004.67:621.43.068.4

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Максим Пшеничний

кандидат педагогічних наук, доцент
кафедри теорії і практики технологічної та професійної освіти
ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»,
м. Слов'янськ, Україна.
ORCID ID 0000-0002-6019-5116
m.psheni4nyi@gmail.com

Володимир Бондаренко

доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри теорії і практики
технологічної та професійної освіти,
ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»,
м. Слов'янськ, Україна.
ORCID ID 0000-0003-0495-9756
nv1287@ukr.net

Володимир Стешенко

доктор педагогічних наук, професор
кафедри теорії і практики технологічної та професійної освіти
ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»,
м. Слов'янськ, Україна
ORCID ID 0000-0002-8183-3957
steshenko.volodymyr@gmail.com

Анотація. У статті розглянуто методику підвищення паливної економічності автотранспортних засобів шляхом узгодження параметрів двигуна та трансмісії, що дозволяє значною мірою знизити витрату палива в комплексі стаціонарних та нествановлених режимів руху, зокрема при русі в умовах міського UDC та магістрального EUDC їздових циклів (в рамках європейського їздового циклу (NEDC)).

Поставлені завдання вирішені за допомогою розрахунково- експериментального методу раціонального вибору конструкційних та режимних параметрів силової установки автомобіля за його руху в заданих експлуатаційних умовах.

Обґрунтовано функціональне визначення математичної моделі швидкісних характеристик ДВЗ з урахуванням нествановлених режимів роботи. На основі результатів досліджень для автомобіля HDC B21R23 рекомендовано ряд передавальних чисел КП, який забезпечує підвищення паливної економічності автомобіля для міського UDC та магістрального ЄІБС їздових циклів на 4,4% та 4,5% відповідно. Вирішити цю проблему звичними традиційними методами не завжди вдається ефективно.

Ключові слова: паливна економічність; швидкісні характеристики; параметри двигуна; їздові цикли; розрахунково-експериментальний метод.

Постановка проблеми. Однією з найважливіших складових сучасного етапу розвитку автомобільного транспорту є взаємопоеднання паливно-економічних та тягово-швидкісних властивостей при задоволенні вимог відповідних нормативних документів у рамках чинного законодавства.

Це зумовлює загалом комерційну ефективність експлуатації автомобіля та зокрема, його конкурентоспроможність на внутрішньому та зовнішніх ринках, важливим є дослідження експлуатаційної витрати палива залежно від режиму роботи силової установки автомобіля. Розглянуто взаємозв'язок значень конструкційних параметрів трансмісії та режимних параметрів двигуна з паливною економічністю автомобіля за його руху в умовах заданого їздового циклу. Відомо, що загальна економічна ефективність технічних впливів щодо поліпшення паливної економічності визначається багато в чому самим об'єктом, щодо якого застосовуються заходи, що розглядаються.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Велика увага у розглянутих наукових дослідженнях приділяється поняттю комплексного критерію ефективності, виходячи з якого виконується узгодження параметрів СУ.

Подібні методики є відносно складними і містять багато етапів через необхідність як постановки задачі оптимізації, так і розробки різних математичних моделей. При цьому загальним недоліком наведених робіт є опис динамічних процесів розгону та уповільнення автомобіля (нестационарних процесів) у вигляді послідовності стаціонарних режимів руху на підставі балансу потужності з урахуванням інерції розглянута технічна література, патенти з питання дослідження паливної економічності автомобілів, літературні джерела авторів: А. Адясов, Л. Аніскін, Є. Акатова, П. Белова, О. Блохін, І. Дяков, Н. Дяченко, І. Ждановського, С. Казакова, Х. Квітко, Н. Куликов, В. Мусатова, Л. Наркевич, Н. Патрахальцева, М. Подрігало, О. Піду, М. Пилипчук, С. Русаков, Г. Смирнова, А. Токарьов, С. Тирлового та інші.

Формулювання цілей статті. Проаналізувати сучасні можливості використання інноваційних технологій, та розглянути паливну економічність автомобіля та підвищення його експлуатаційних характеристик шляхом вибору раціональних параметрів силової установки.

Виклад основного матеріалу. Конкурентоспроможність та економічна ефективність експлуатації автомобіля визначаються безліччю параметрів, основними серед яких є: питома продуктивність, комплексна безпека, довговічність, безвідмовність та паливна економічність (енергетична

ефективність). Для оцінки загального впливу розглянутих параметрів економічну ефективність експлуатації застосовується комплексний критерій – величина експлуатаційних витрат, віднесена до одиниці виконаної транспортної роботи (Захарчук, 2015).

За результатами статистичних досліджень, для вантажних автомобілів малої вантажопідйомності, основними експлуатаційними витратами є витрати на паливо (51-64% від загальних фінансових витрат). Тому одним з найбільш ефективних напрямків зниження експлуатаційних витрат є підвищення паливної економічності автотранспортних засобів.

Поняття паливної економічності автомобіля зазвичай є узагальненим і включає сукупність оцінних показників, від яких, зрештою, залежить споживання палива в певних експлуатаційних умовах (Сахно, 2004).

Так, аналізовані оціночні показники є питомими фізичними величинами і для автомобіля, що рухається за допомогою ДВЗ, представлені типовим набором параметрів, які зумовлюють, зокрема, його економію палива:

об' G_v на витрата палива, л/г;

- g_e ефективна питома витрата палива ДВЗ, г/(кВт);
- Q_w витрата палива на одиницю транспортної роботи, л / (100 км);
- колійна витрата палива, л/100 км.

У технічній експлуатації паливно-економічна ефективність транспортного автомобіля визначається, як правило, середнім значенням дорожньої витрати палива.

Для автотранспортних засобів категорій N1 та M1 даний параметр як оцінний критерій може бути представлений як у вигляді ПЕХ - паливно-економічної характеристики руху автомобіля, що встановився, при різних значеннях коефіцієнтів опору руху, так і у вигляді середньо інтегрального значення, отриманого при русі автомобіля в умовах типового набору послідовних режимів руху (їздового циклу) під час виконання стендових чи дорожніх випробувань (Левкович, 2021).

Останній варіант визначення колійної витрати палива як оцінного критерію відносної паливної економічності вважається у світовій практиці найбільш пріоритетним, так як крім руху з постійними швидкостями дозволяє враховувати інші режими, характерні для нормальних умов експлуатації автомобілів: розгін, роботу двигуна в режимі примусового холостого ходу, а також без навантаження .

В цьому випадку величина дорожньої витрати палива є комплексним показником, що враховує годинні та дорожні оціночні параметри паливної

економічності з урахуванням розподілу відповідних режимів руху за часом.

В даний час у світі широко поширені і є діючими три типи їздових циклів, що включають як міські, так і заміські ділянки руху: Європейська – NEDC (ECE15 / EUDC), цикл США – EPA Federal test (FTP 72/ 75) /SFTP US06/SC03), і цикл Японії (10-ти режимний / 10-15 режимний / JC08). Крім режимів, рух для їздових циклів регламентує також особливі умови проведення випробувань.

Розглянуті їздові цикли розроблені на підставі статистичного аналізу режимів руху автотранспортних засобів у різних країнах і призначені, головним чином, щодо достовірного визначення в типових умовах показників екологічності та паливної економічності автомобілів, а також для їх офіційного затвердження (Шапко, 2009).

З 2019 року, відповідно до чинних правил Європейської економічної комісії ООН (UNECE), для оцінки показників екологічності та паливної економічності легких комерційних автомобілів розробляється Всесвітній гармонізований їздовий цикл (WLTP), який призначений для офіційного затвердження типів автотранспортних засобів, що розглядаються, за єдиною процедурою.

Таким чином, найбільш пріоритетним оцінним показником паливної економічності в експлуатаційних умовах для автомобілів категорії M1, що дозволяє з відносно високою достовірністю висловлювати інформацію про економічну ефективність їх застосування, справедливо вважати шляхову витрату палива, визначену на підставі обраного їздового циклу з урахуванням відповідних норм та правил.

З позиції енергетичної ефективності даний питомий оцінний показник доцільно розглядати як не об'ємної, а масової витрати, так як необхідна величина роботи (енергії), необхідна у кожному конкретному випадку для двигуна, пропорційна саме масовій кількості витраченого палива та обумовлюється його нижчою теплотою згоряння. Крім того, в рамках дослідження відносного споживання палива в умовах однакових їздових циклів, оцінюваний показник справедливо тотожно замінити величиною сумарної маси палива, витраченого автотранспортним засобом за їздовий цикл:

де G - масова витрата палива,
 $t_{\text{ц}}$ - загальний час їздового циклу.

Відповідно, розробка заходів, спрямованих на зниження даного показника, є пріоритетним завданням як під час проектування, так і при експлуатації автотранспортних засобів.

Відомо, що витрата палива автомобіля в заданих експлуатаційних умовах

визначається низкою факторів – масою, формою кузова, характеристиками двигуна, трансмісії та ходової частини. Масово-габаритні параметри, форму кузова та конфігурацію ходової частини можна віднести до інерційно-дисипативних конструкційних параметрів автомобіля, які зумовлюють процеси витрати енергії для виконання транспортної роботи.

Напрямок, пов'язаний із зменшенням спорядженої маси, вимагає застосування інших конструкційних матеріалів та технологій для їх обробки. Цей процес в даний час, з урахуванням задоволення вимог щодо міцності, жорсткості та пасивної безпеки, супроводжується значним подорожчанням конструкції транспортного автомобіля та, як правило, не дає однозначного підвищення економічної ефективності його експлуатації. Габаритні розміри та форма кузова приймаються відповідно до превалюючих режимів руху та призначення автотранспортного засобу і, значною мірою, впливають на його витрату палива, в основному, при русі магістралями.

Друга група факторів, що впливають на витрату палива, – ефективні показники двигуна, кінематичні та динамічні характеристики трансмісії, – навпаки, визначає потужність, трансформацію і передачу її складових до ведучих коліс, а також супутні при цьому втрати енергії, які є дуже суттєвими. Так, наприклад, для автомобілів категорії N1 загальний ККД ДВЗ та трансмісії при різних режимах руху може змінюватись в межах 0,05 – 0,35 (Захарчук 2015).

Таким чином, покращення питомої паливної економічності автотранспортного засобу слід очікувати за рахунок збільшення ККД таких його вузлів, агрегатів та систем, для яких характерні найбільші втрати енергії – у мобільних транспортних засобів такими є двигун та трансмісія.

Традиційний для практики світового автомобілебудування відповідний напрямок, який полягає у застосуванні більш досконалих щодо енергетичної ефективності агрегатів і вузлів, що мають порівняно високе значення ККД – наприклад, ДВЗ та трансмісій з більшими питомими навантаженнями, меншими маховими масами та втратами на тертя – характеризує підсумкову вартість автотранспортного засобу, а також значним ускладненням його конструкції.

При цьому, сучасний рівень розвитку автомобільних двигунів і трансмісій визначається відомими обмеженнями щодо їх технічного вдосконалення: механічною та термічною міцністю деталей, організацією дійсних термодинамічних циклів та робочих процесів, а також вимогами екологічної безпеки та іншими факторами (Солтус, 2010).

Відомий також інший напрямок, що передбачає підвищення паливної економічності автомобіля збільшенням середньо експлуатаційного значення

загального ККД двигуна та трансмісії шляхом узгодження їх характеристик за рахунок забезпечення раціональних режимів роботи. Науково-практична реалізація цього напрямку є завданням оптимізації, яка при комплексному підході вимагає, по-перше, наявності методики математичного моделювання процесу руху автомобіля, заснованої на функціональних залежностях швидкісних характеристик двигуна, втрат у трансмісії, а, по-друге, пов'язана з певними складнощами зв'язку поточних значень режимних параметрів з параметрами режиму руху АТС.

Вирішення наведених питань вимагає розробки відповідних методів та засобів для експериментальної оцінки досліджуваних процесів (Шапко, 2010). Найкращим варіантом, що забезпечує найбільшу ефективність зниження шляхової витрати палива, є поєднання двох розглянутих напрямів; однак цей процес пов'язаний зі значним збільшенням трудомісткості проектування, а також зростанням остаточної вартості автотранспортного засобу.

Таким чином, беручи до уваги величину очікуваного корисного ефекту, а також порівняно невисоку підсумкову вартість відповідних заходів щодо підвищення питомої паливної економічності, можна зробити висновок, що певний практичний інтерес для АТС цієї категорії представляє напрямок з підвищення питомої паливної економічності за рахунок узгодження параметрів ДВЗ і трансмісії відповідно до умов експлуатації.

Даний напрямок полягає, фактично, у необхідності вирішення задачі оптимізації, що передбачає розробку відповідної методики для пошуку таких значень обраних конструктивних і режимних параметрів СУ, поєднання яких забезпечуватиме найбільш вигідне з можливих значення обраного критерію оптимізації – наприклад, оцінюваного оцінного показника паливної економічності (Солтус, 2010).

Достовірність результатів оптимізації конструкційних та режимних параметрів силової установки АТС багато в чому визначається якістю виконання відповідного чисельного експерименту – моделювання процесу руху автомобіля в умовах обраного їздового циклу. Результати досліджень, у свою чергу, визначаються прийнятими математичними моделями аналізованих характеристик автомобіля, ключовою проблемою при побудові яких є ступінь адекватності опису відповідних фізичних процесів. У цьому дослідженні основну увагу при розробці необхідних моделей приділено вибору параметричного безлічі функціональних залежностей, яке повинно відповідати умовам протікання досліджуваних процесів, в яких вони знаходяться при виконанні наступного чисельного експерименту.

З іншого боку, особливого розгляду вимагають процеси математичного опису даних, отриманих дослідним шляхом. Ступінь адекватності математичної моделі швидкісних характеристик ДВЗ має особливу важливість і під час чисельного моделювання процесу руху автомобіля, так як переважно роботою двигуна визначаються економічні, динамічні та екологічні якості відповідного автотранспортного засобу загалом.

Отже, застосування у цьому дослідженні математичної моделі, побудованої виходячи з експериментальних даних з урахуванням неусталених режимів роботи, дозволяє враховувати зв'язок ефективних показників ДВЗ між собою, і навіть характер зміни при відповідних повних і часткових навантаженнях. Це забезпечує підвищення достовірності результатів визначення паливно-економічних та тягово-швидкісних властивостей автомобіля шляхом чисельного моделювання процесу його руху.

З метою функціонального визначення математичної моделі швидкісних характеристик ДВЗ у дослідженні вирішувалися такі завдання:

- систематизація та аналіз існуючих варіантів опису швидкісних характеристик автомобільних двигунів, підходів до їх організації та побудови;
- визначення такого варіанта характеристики, як найбільш прийнятний для побудови математичної моделі з урахуванням невстановлених режимів, а також питань вимірювання необхідних параметрів при виконанні експериментальних досліджень відповідно до конструкційних особливостей моделі ДВЗ, що розглядається.

У цьому дослідженні під встановленим режимом роботи ДВЗ приймається такий режим, у якому його параметри регулювання та ефективні показники не змінюються у часі (чи змінюються не більше $\pm 0,25$ % протягом 30 с); відповідно, невстановлений режим визначається за недотримання даної умови.

Відомо, що при незмінному регулюванні систем подачі палива та запалення, а також за однакових зовнішніх умов, ефективні показники ДВЗ є функціями від частоти обертання колінчастого валу та навантаження. Дані залежності, описані графічно чи аналітично, у відповідних літературних джерелах іменуються по-різному: «багатопараметрова характеристика» або «універсальна характеристика» (Шапко, 2009).

У цьому дослідженні аналізована система функцій класифікована як «універсальна статична характеристика» (УСХ) ДВЗ, що вказує на її приналежність до режимів роботи двигуна, що встановилися. Таким чином, дана характеристика визначається залежностями ефективної потужності та ефективної питомої витрати палива (або ефективного ККД) як функціями від

основних параметрів регулювання ДВЗ - частоти обертання колінчастого валу та коефіцієнта використання потужності: $N_e = f(n, k)$ де N_e - ефективна потужність п - частота обертання колінчастого валу; k - коефіцієнт використання потужності (при роботі двигуна в режимі часткового навантаження характеризує частку потужності/крутного моменту, що розвивається, по відношенню до відповідних величин, характерних для повного навантаження при поточній частоті п.

Таким чином, коефіцієнт є оцінним параметром навантаженості двигуна при його роботі в режимі часткових навантажень і обумовлюється частотою обертання колінчастого валу і положенням регулюючого органу. При повному навантаженні (повна подача палива, повністю відкрита дросельна заслінка) $k = 1$, тобто. двигун працює по ВСХ. У деяких відомих роботах замість коефіцієнта використання потужності відповідним аргументом УСХ є середній ефективний тиск в циліндрі, ефективна потужність або крутний момент ДВЗ (Сахно, 2004).

Перевага застосування коефіцієнта k до в УСХ обумовлюється повним заповненням діаграми (тобто функція визначена у всьому діапазоні можливих значень аргументів), полегшенням оперування аргументами та функціями УСХ при роботі з відповідною математичною моделлю, а також відносною простотою відтворення навантаження роботи. На рис. 1. як приклад наведена УСХ ДВЗ УМЗ 4216.

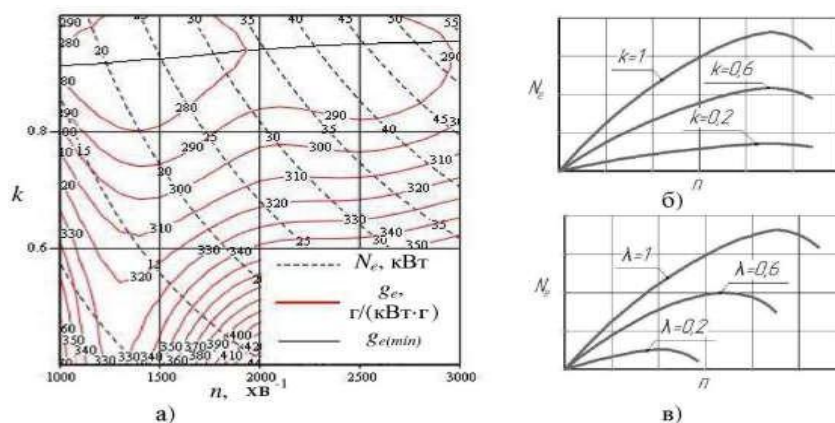


Рис. 1. Універсальна статична характеристика ДВЗ (а) та залежності ефективної потужності від коефіцієнта використання потужності k (б) та від коефіцієнта навантаження λ (в).

Поверхні характеристики побудовані шляхом апроксимації експериментальних даних. Обґрунтовано функціональне визначення математичної моделі швидкісних характеристик ДВЗ з урахуванням невстановлених режимів роботи. Для цього в дослідженні запропоновано універсальну динамічну характеристику (УДХ), представлену чотирифакторними залежностями ефективної потужності та ефективної питомої

витрати палива у вигляді функцій параметрів регулювання.

Висновки. З огляду на вищезазначене, ми дійшли висновку, що застосування різноманітних методів і прийомів інноваційних технологій при дослідженні паливної економічності автомобіля та підвищення експлуатаційних характеристик шляхом вибору раціональних параметрів силової установки сприяє розвитку теоретичних здібностей здобувачів вищої освіти, їх самостійності на всіх етапах пізнавального процесу. від постановки цілей і завдань виконання навчального завдання до застосування і використання знань на практиці.

Обґрунтовано функціональне визначення математичної моделі швидкісних характеристик ДВЗ з урахуванням невстановлених режимів роботи. Для цієї мети в дослідженні запропоновано універсальну динамічну характеристику (УДХ), представлену чотирифакторними залежностями ефективної потужності та ефективної питомої витрати палива.

Через складність аналітичного опису процесів, що протікають у двигуні при його розгоні, обґрунтовано необхідність експериментального визначення УДХ ДВЗ. Показано, що як параметр, що оцінює ступінь завантаженості, що розглядається в дослідженні типу ДВЗ при його роботі на режимі, що не встановився, адекватність розробленої математичної моделі обумовлюється застосуванням коефіцієнта навантаження λ , що визначається ставленням поточної площі прохідного перерізу дросельного патрубку до максимальної. Запропоновано структуру методу оптимізації ряду передавальних чисел МКП, що забезпечує підвищення паливно-економічних властивостей автомобіля в умовах обраних їздових циклів. Обґрунтовано можливість подання цільової функції задачі оптимізації у вигляді системи з чотирьох залежностей (що обумовлено кількістю оптимізованих значень ПЧ), кожна з яких визначає витрачену автомобілем масову кількість палива у процесі руху по ділянках їздового циклу на відповідній передачі до КП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ГОСТ ISO 3046-1:2004 (2005). Двигуни внутрішнього згорання поршневі. Характеристики. Частина 1. Стандартні вихідні умови, оголошені потужність, витрати палива та мастила. Методи випробування. Київ.
2. Захарчук, В. І. (2015). Використання альтернативних моторних палив у засобах технологічного транспорту. Луцьк : Луцький НТУ.
3. Сахно, В. П., Безбородова, Г. Б., Маяк, М. М., Шарай, С. М. (2004). Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність: навчальний посібник. Київ: КВІЦ.
4. Солтус, А. П. (2010). Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: навчальний посібник. Київ : Арістей.
5. Шапко, В. Ф. (2010). Теоретичні основи підвищення потужності та зниження

витрат палива двигунів внутрішнього згоряння. *Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського*, Вип. 1/2010 (60), 160–164.

6. Шапко, В. Ф., Шапко, С. В. (2009). Метод розрахунку багатопараметрової характеристики автомобільного двигуна внутрішнього згоряння. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету*, Вип.1/2009 (54), 93–95.

METHODOLOGY FOR CONDUCTING RESEARCH ON VEHICLE FUEL EFFICIENCY AND IMPROVING ITS PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Maksym Pshenychnyi

Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer,
Department of Theory and Practice of Technological and Professional Education
SHEI “Donbas State Pedagogical University”
Sloviansk, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-6019-5116
m.psheni4nyi@gmail.com

Volodymyr Bondarenko

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Head of the Department Theory and Practice of
Technological and Vocational Education,
SHEI “Donbas State Pedagogical University”
Sloviansk, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-0495-9756
nv1287@ukr.net

Volodymyr Steshenko

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
Department of Theory and Practice of Technological and Professional Education
SHEI “Donbas State Pedagogical University”
Sloviansk, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-8183-3957
steshenko.volodymyr@gmail.com

Abstract. The conducted research has shown that improving the fuel efficiency of a vehicle by optimizing the parameters of the engine and transmission can significantly reduce fuel consumption under both stationary and non-stationary driving modes, particularly during urban (UDC) and extra-urban (EUDC) segments of the New European Driving Cycle (NEDC).

The objectives were addressed using a combined computational and experimental method to determine the optimal design and operating parameters of the vehicle's powertrain under specific operating conditions. A method is proposed for selecting the optimal parameters of the powertrain, based on using fuel efficiency – measured by the mass of fuel consumed during the urban and extra-urban parts of the NEDC – as the performance criterion. The proposed method also allows for the inclusion of additional secondary criteria to account for dynamic and environmental requirements at the stage of refining the results obtained through the primary criterion. The task of selecting optimal

powertrain parameters, considered in this study, was solved by calculating a target function based on mathematical models of the engine's speed characteristics, power loss characteristics in the transmission, the equivalent resistance power of the vehicle, and the driving mode functions corresponding to the selected driving cycle. To build the appropriate mathematical models, the results of experimental studies of both established and unestablished traffic regimes were applied. Based on the research results, a series of gearbox ratios was recommended for the HDC B21R23 vehicle, which provides an increase in the fuel efficiency of the vehicle for urban UDC and highway EIBS driving cycles by 4.4% and 4.5%, respectively. For sections of these cycles accompanied by the traction mode of the ICE, the reduction in fuel consumption is 5.5% for the IHS and 4.5% for the EIBS compared to the option of using the serial gearbox. Accordingly, the fuel consumption on the road decreases from 21.0 l/100km to 20.15 l/100km for the urban cycle and from 15.8 l/100km to 15.2 l/100km for the highway. In the MEBS driving cycle, fuel consumption decreases from 17.8 l/100km to 17.0 l/100km.

The possibility of modernizing the serial gearbox is proposed, taking into account the geometric, kinematic and strength requirements.

Keywords: fuel efficiency; speed characteristics; engine parameters; driving cycles; computational-experimental method.

REFERENCES

1. Dvyhuny vnutrishnoho zghorannia porshnevi. Kharakterystyky. Chastyna 1. Standartni vykhidni umovy, oholo-sheni potuzhnist, vytraty palyva ta mastyla. Metody vyprobuvannia [Piston internal combustion engines. Characteristics. Part 1. Standard initial conditions, declared power, fuel and lubricant consumption. Test methods]. (2005). DSTU HOST ISO 3046-1. Kyiv : Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
2. Zakharchuk, V. I. (2015) Vykorystannia alternatyvnykh motornykh palyv u zasobakh tekhnolohichnoho transportu [The use of alternative motor fuels in means of technological transport]. Lutsk: Lutskiy NTU [in Ukrainian].
3. Sakhno, V. P., Bezborodova, H. B., Maiak, M. M. & Sharai, S. M. (2004) Avtomobili. Tiahovo-shvydkisni vlastyvoli ta palyvna ekonomichnist [Vehicles. Tractionspeed properties and fuel economy]. Kyiv : KVITs.
4. Soltus, A. P. (2010) Teoriia ekspluatatsiinykh vlastyvostei avtomobilia [Theory of operational properties of a vehicle]. Kyiv : Aristei [in Ukrainian].
5. Shapko, V. F. (2010) Teoretychni osnovy pidvyshchennia potuzhnosti ta znyzhennia vytrat palyva dvyhuniv vnutrishnoho zghoriannia [Theoretical basis of increasing power and reducing fuel consumption of internal combustion engines]. *Visnyk Kremenchutskoho derzhavnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho. Naukovi pratsi – Bulletin of Kremenchug State University named after Mykhailo Ostrogradskyi. Scientific works*, 1/2010 (60), 160–164 [in Ukrainian].
6. Shapko, V. F., & Shapko, S. V. Metod rozrakhunku bahatoparametrovoi kharakterystyky avtomobilnoho dvyhuna vnutrishnoho zghoriannia [The method of calculating the multi-parameter characteristics of an automobile internal combustion engine]. *Visnyk Kremenchutskoho derzhavnoho politekhnichnoho universytetu: Naukovi pratsi KDPU – Bulletin of the Kremenchug State Polytechnic University: Scientific Works of the KDPU*, 1/2009 (54), 93–95 [in Ukrainian].

Матеріали надійшли до редакції
29.03.2025 р.