

ВПЛИВ ТИПУ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ НА ПАЛИВНО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ АВТОМОБІЛЯ ПРИ РУСІ ЗА ЄВРОПЕЙСЬКИМ МІСЬКИМ ЇЗДОВИМ ЦИКЛОМ

Славін В.В.,

кандидат технічних наук Клименко О.А.,

інженер II категорії (ДП «ДержавтотрансНДІпроект») Гора М.Д.,

інженер II категорії (ДП «ДержавтотрансНДІпроект») Ричок С.О.

У статті показано вплив типу системи живлення на паливно-економічні показники автомобіля при русі в міському їздовому циклі. Уточнено математичну модель автомобіля з обома системами живлення, проведено порівняння її вихідних даних з експериментальними на моделюючому роликовому стенді.

The article shows how the type of feed system to fuel efficiency automobile when driving in urban driving cycle. Specified mathematical model of the automobiles with various types of petrol engine feed system and analyzes its output of research on modeling roller stand.

Постановка задачі. Автомобільний транспорт є основним споживачем палив нафтового походження та джерелом забруднення навколишнього середовища. Значну частину автомобільного парку України, складають легкові автомобілі – 6 769 291 од. Станом на 01.08.2006 р. в Україні було зареєстровано 5603,6 тис. легкових автомобілів (причому автомобілі з терміном експлуатації більше 10 років склали 73 %), з них автомобілі виробництва СРСР – 4246,5 тис. од., які експлуатуються з карбюраторними системами живлення (СЖ) [1].

Легкові автомобілі з карбюраторними СЖ, на даний час не відповідають жодним європейським екологічним нормам. Крім того, навіть при наявності можливостей зміни робочих параметрів систем, які відповідають за паливно-економічні та екологічні показники, двигуни з карбюраторними СЖ, так і не досягли бажаної досконалості.

У пошуках альтернативи карбюраторній СЖ, привертають увагу електронні системи впорскування бензину, які набувають інтенсивного поширення з 90-х років минулого століття. В Україні випуск двигунів із карбюраторними СЖ припинено з 1.06.06 р.

На відміну від карбюраторних СЖ системи впорскування бензину забезпечують високу точність дозування та швидкість корегування складу паливоповітряної суміші в залежності від кількості споживаного повітря, температурних та атмосферних умов в різних режимах роботи двигуна. Рівномірність подачі у циліндри паливоповітряної суміші (ППС) та менший опір впускного трубопроводу, на відміну від карбюраторного двигуна, збільшує коефіцієнт наповнення, що також сприяє збільшенню потужності, зменшенню шкідливих викидів і підвищенню паливної економічності автомобіля в цілому. Процеси газообміну, згоряння і розширення при застосуванні систем впорскування бензину здійснюються аналогічно відповідним процесам карбюраторних двигунів. За кількісними показниками ці процеси відрізняються, оскільки опір впускного тракту у двигунів з впорскуванням бензину та примусовим запалюванням завжди нижче, ніж у карбюраторних двигунів [2].

Одним із напрямів поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів з карбюраторними (СЖ) є заміна цих систем системами впорскування бензину.

Аналіз досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної задачі. В роботі [3] розглянуто та досліджено заміну карбюраторної СЖ автомобіля марки ВАЗ на електронну розподілену систему впорскування бензину (ЕРСВБ), як один із шляхів поліпшення екологічних показників та паливної економічності легкових автомобілів зі значним пробігом. Застосування ЕРСВБ призвело до зниження питомої витрати палива в середньому по навантажувальній характеристиці на 8,7 %.

Виділення невирішених раніше частин задачі. У зв'язку введенням в Україні з 01.01.2006 екологічних норм рівня «Євро-2», доцільно дообладнати вище згадані автомобілі системами нейтралізації відпрацьованих газів, що найбільш ефективно працюють з ЕРСВБ із зворотнім зв'язком.

Формулювання цілей статті. Метою цієї роботи є визначення впливу типу СЖ на паливно-економічні показники автомобіля при русі в міському їздовому циклі та уточнення математичних моделей руху автомобіля з цими системами.

Основний матеріал. Для обґрунтування ефективності такого переобладнання на кафедрі «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету проводяться порівняльні дослідження двигунів і автомобілів при використанні карбюраторної СЖ і сучасної ЕРСВБ.

Об'єктом досліджень є автомобіль ВАЗ – 21051 з карбюраторною СЖ і ЕРСВБ.

Дослідження проводились шляхом поєднання експериментальних досліджень двигуна і автомобіля з математичним моделюванням можливих режимів роботи двигуна і руху автомобіля.

За даними, отриманими під час експериментальних досліджень двигуна на гальмівному стенді в лабораторії випробування двигунів НТУ, визначались коефіцієнти поліноміальних залежностей, що описують енергетичні, паливно-економічні та екологічні показники двигуна як джерела шкідливих викидів та споживача палива і повітря, з метою побудови математичної моделі руху автомобіля з різним типом СЖ при русі міським їздовим циклом (згідно правил ЄЕК ООН №83).

Математична модель руху автомобіля була розроблена в Національному транспортному університеті (НТУ) на кафедрі «Двигуни і теплотехніка», за основу її побудови була використана методика дослідження експлуатаційних властивостей автомобілів в системі «водій-автомобіль-дорога» у роботі [4].

В математичній моделі рух автомобіля в режимах міського циклу описується системою диференціальних і алгебраїчних рівнянь, що встановлюють залежність зміни крутного моменту двигуна M_K від умовної швидкості руху автомобіля або його прискорення чи сповільнення із врахуванням втрати деякої величини крутного моменту на подолання сил опору коченню, а також сил інерції рухомих мас.

Крутний момент в процесі розгону автомобіля при блокованому зчепленні визначають за рівнянням:

$$M_K = \left[I_D + \frac{1}{\eta_T} \cdot I_{\text{ПР}} \right] \frac{dw_D}{dt} + M_{\text{оп}} \quad (1)$$

де I_D - момент інерції двигуна, кг·м²;

η_T - коефіцієнт корисної дії трансмісії;

$I_{\text{ПР}}$ - приведений до зчеплення момент інерції рухомих мас автомобіля;

$\frac{dw_D}{dt}$ - кутове прискорення (сповільнення) колінчастого вала двигуна, с⁻²;

$M_{\text{оп}}$ - момент опору руху автомобіля, Н·м.

В навантажувальних режимах показники двигуна визначають як функції від двох незалежних змінних: частоти обертання колінчастого вала двигуна (n_D) і навантаження двигуна (M_K).

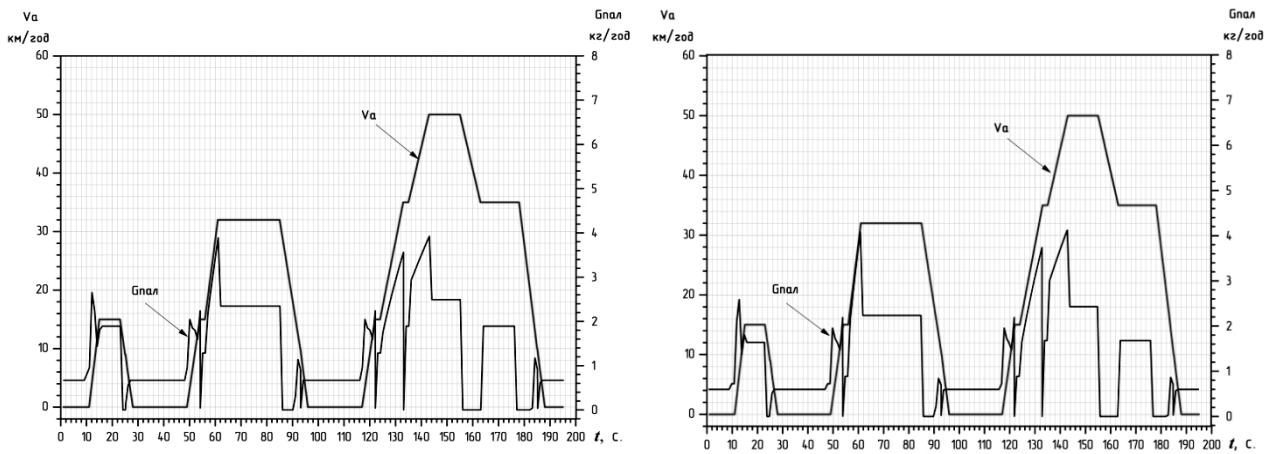
Щоб врахувати витрату палива від зміни крутного моменту та частоти обертання вала двигуна, її можна описати поліномом другого степеня:

$$G_{\text{ПАЛ}}(n_D, M_K) = A_0 + A_1 \cdot n_D + A_2 \cdot M_K + A_3 \cdot n_D^2 + A_4 \cdot M_K^2 + A_5 \cdot n_D \cdot M_K \quad (2)$$

де $A_0 \dots A_5$ - постійні коефіцієнти поліноміальної апроксимації.

Уточнення математичної моделі для автомобіля з ЕРСВБ полягає в тому, що на відміну від побудованої моделі для карбюраторної СЖ, коефіцієнт надлишку повітря витримувався постійним ($\alpha = 1$) в усіх режимах руху автомобіля в міському циклі. В моделі з ЕРСВБ також виключена подача додаткової порції палива прискорювальним насосом в режимах розгону автомобіля.

За результатами розрахунку на математичних моделях отримані графічні зображення зміни витрати палива автомобіля ВАЗ – 21051 з різними типами СЖ (рис. 1).



а) карбюраторна СЖ

б) ЕРСВБ

Рис. 1. Змодельований Європейський міський їздовий цикл автомобіля ВАЗ – 21051

З рис. 1 видно, що витрата палива менша в випадку застосування ЕРСВБ, зокрема в режимах холостого ходу, усталеному русі та в режимах примусового холостого ходу.

В табл. 1 представлено результати розрахунку витрати палива за математичною моделлю автомобіля ВАЗ –21051 з карбюраторною СЖ та ЕРСВБ за режимами Європейського міського їздового циклу.

Таблиця 1

Результати розрахункових досліджень витрати палива автомобіля ВАЗ–21051 при русі за Європейським міським їздовим циклом

Показник роботи автомобіля	Тип системи живлення		Зміна показників, %
	Карбюратор	ЕРСВБ	
Витрата палива, $G_{палцикл}$ г/цикл	78,624	73,56	6,44
Витрата палива, $G_{палл}$ л/100км	10,489	9,813	6,44

Як видно з наведених даних, застосування ЕРСВБ призводить до значного зниження витрати палива.

Найбільш об'єктивні дані про показники роботи автомобіля можна отримати експериментальними дослідженнями при русі за їздовими циклами. Їздові цикли містять усталені та перехідні режими у широкому діапазоні роботи двигуна автомобіля, що дає можливість досить точно та повно визначити велику кількість його вихідних параметрів.

Наприкінці 1987 р. для транспортних засобів категорій М1 і N1 були прийняті правила ЄЕК ООН №83, згідно з якими дорожні транспортні засоби (ДТЗ) випробовуються на стенді з біговими барабанами при умовному русі за Європейським міським циклом.

Європейський міський їздовий цикл згідно з Правилами №83-01 повністю відтворює експлуатаційні умови: робота двигуна автомобіля в режимі мінімальної частоти обертання активного холостого ходу (імітація очікування зеленого світла світлофора на перехресті), рушення автомобіля з місця та розгін до певної швидкості, рух з усталеною швидкістю на певній ділянці, перемикання передач з нижчої на вищу або в зворотному напрямку, розгін автомобіля від однієї швидкості до іншої, гальмування двигуном з однієї швидкості до іншої або до повної зупинки, службове гальмування автомобіля до повної зупинки з використанням робочої гальмівної системи.

Згідно з Правилами №83-01 в ДП «ДержавтотрансНДІпроект» на моделюючому роликовому стенді AVL (тип RPL 1220 / 12 С 23 М 17 / АРМ 150) проведені випробування за Європейським міським їздовим циклом автомобіля ВАЗ 21051 на двигуні якого проводились стендові дослідження з ЕРСВБ. Витрату палива під час випробувань визначали ваговим способом, гравіметричним витратоміром палива – AVL (мод. 733S.18).

Фрагмент отриманих результатів заміру витрати палива автомобіля ВАЗ – 21051 з ЕРСВБ показано на рис. 2.

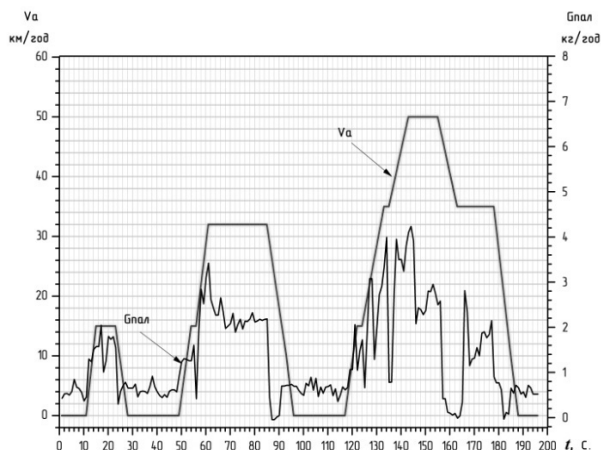


Рис. 2. Витрата палива автомобіля з ЕРСВБ при умовному русі за режимами Європейського міського ізового циклу

Порівняльні показники паливної економічності автомобіля з ЕРСВБ, які були отримані при розрахунку на математичній моделі та під час випробувань на моделюючому роликовому стенді наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Результати розрахункових та експериментальних досліджень витрати палива автомобіля ВАЗ–21051 при русі за Європейським міським ізовим циклом

Показник роботи автомобіля	ЕРСВБ		Похибка, %
	Розрахункові	Експериментальні	
Витрата палива, $G_{палцикл}$, г/цикл	73,56	74,29	-0,98
Витрата палива, $G_{палл}$, л/100км	9,813	9,84	-0,27

З табл. 2 видно, що розрахункові показники витрати палива незначно відрізняються від тих, що отримано під час експериментальних досліджень, деяке відхилення пояснюється тим, що ізовий цикл, відтворений за математичною моделлю більш точно враховує:

- час та однаковість перемикання передач (виключає вплив під час проведення експерименту людського фактору);

- відповідність швидкості умовного руху встановленій середній швидкості;

Незначна похибка експериментального методу також залежить від фізичних особливостей, досвіду водія та враховується умовами виконання стендових досліджень.

Висновок. Таким чином, показано, що отримані показники руху автомобіля з ЕРСВБ в міському циклі на моделюючому роликовому стенді підтверджують достовірність розрахункових досліджень в математичній моделі. Згідно показників, що отримані в математичній моделі руху автомобіля в міському циклі з ЕРСВБ та карбюраторною СЖ можна стверджувати, що заміна карбюраторної СЖ сучасною системою впорскування з зворотнім зв'язком в умовах експлуатації сприяє значному зниженню витрати палива.

Література

1. Уведення екологічних норм Євро – 3 – Євро – 6 в Україні, аналіз структури парку автомобілів за екологічними ознаками / А.М. Редзюк., В.С. Устименко., О.А. Клименко [та ін.] // Автошляховик України. - 2011. – № 4. - с. 2 - 7.
2. Покровский Г. П. Электронное управление автомобильными двигателями / Покровский Г. П., Белов Е. А., Драгомиров С. Г. и др. – М.: Машиностроение, 1994. – 336 с.
3. Гунько А. В. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів в умовах експлуатації: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.20 / Гунько Андрій Веніамінович. - К., 2006. - 185 с.
4. Гутаревич Ю. Ф. Снижение вредных выбросов и расхода топлива двигателями автомобилей путем оптимизации эксплуатационных факторов: дис. ... доктора техн. наук: 05.22.10; 05.04.02 / Гутаревич Юрий Феодосиевич. – К., 1985. – 533 с.