

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ФОРСУНОК У СИСТЕМІ УПОРСКУВАННЯ БЕНЗИНУ

Незважаючи на складну економічну ситуацію у країні: падіння рівня виробництва, підвищення цін на енергосистеми, послуги, сировину та ін., автомобільний транспорт залишається одним із основних видів транспорту, який виконує більшу частину вантажних та пасажирських перевезень. Тому зараз, особливо актуальною є задача технічної служби автотранспортних підприємств – підтримувати рухомий склад у технічно справному стані. Це призводить у свою чергу до зниження витрат на експлуатацію автомобілів.

Важливе місце в технологічному процесі ТО та ремонту автомобілів займає діагностування, яке дозволяє об'єктивно оцінити технічний стан як автомобіля в цілому, так і окремих його складових частин. У даній роботі ми хочемо продемонструвати як змінюється продуктивність форсунок із збільшенням пробігу автомобіля.

Для визначення продуктивності форсунок ми використовували лабораторний макет упорскування бензину. Автомобіль при русі працює в різних режимах, відповідно і форсунки, тому при обчисленні, щоб бути максимально наближеними до реальних даних, ми обчислюємо при статичних і динамічних режимах проливання форсунок. А також використовуємо три форсунки з різним пробігом автомобіля, щоб мати змогу зробити порівняння цих форсунок.

Таблиця 1

Форсунка	Форсунка	3. Форсунка
Нова	40 тис. км.	120 тис. км.

Лабораторний макет системи розподіленого упорскування бензину призначений для відтворення статичного й динамічного режимів проливання форсунок, які неможливо реалізувати безпосередньо на двигуні.

Він виконаний на базі серійних виконавчих пристроїв: паливного насоса, паливного фільтра, паливної рампи, регулятора тиску й форсунок, а також додаткових пристроїв відповідно до переліку, наведеному на рис.1. До них відносяться: манометр, вимірювальні посудини із блоком електромагнітних клапанів, електронний блок керування, сполучні провідники.

Електронний блок керування, призначений винятково для перевірки форсунок методом проливання, максимально наближеному до системного блоку, застосовуваного на автомобілях.

Для відтворення статичного режиму проливання на обмотки електромагнітних форсунок 7 подається постійна напруга. Час виміру $\tau_b = 10-30$ с, протягом якого форсунки відкриті і відбувається проливання, формується в електронному блоці за допомогою генератора стабілізованої частоти й лічильника імпульсів.

У динамічному режимі на форсунки подаються керуючі імпульси тривалістю $\tau_k = 1 - 20$ мс, які формуються в електронному блоці на основі еталонних інтервалів часу. Наявний лічильник імпульсів у цьому режимі вимірює кількість циклових подач j . Такий підхід дозволяє не застосовувати секундомір, а установлювати за допомогою перемикача калібровані інтервали часу й забезпечує високу повторюваність режимів випробувань.

У статичному режимі проливання включається паливний насос 2, що нагнітає паливо в паливну рампу 5. Тиск у рампі контролюється манометром 8. За допомогою перемикача на блоці керування встановлюється заданий час вимірювань τ_b . Включається тумблер «Вимірювання-зливання» встановлюється в положення «Вимірювання», тумблер установки режиму в положення «Статичний» і після натискання кнопки «Старт» на обмотки електромагнітних форсунок 7 подається постійна напруга. Клапани форсунок відкриваються і знаходяться у відкритому стані увесь час проливання, бензин впорскується у вимірювальні посудини 9. Одночасно включається лічильник часу, наявний в електронному блоці. Коли заданий інтервал часу τ_b сплине, відбувається автоматичне відключення форсунок. Таким чином, у вимірювальній посудині 9 кожної форсунок накопичується паливо G_n протягом однакового заданого інтервалу часу τ_b . Далі по формулі (1.4) для кожної форсунок обчислюють статичну продуктивність g_{cm} .

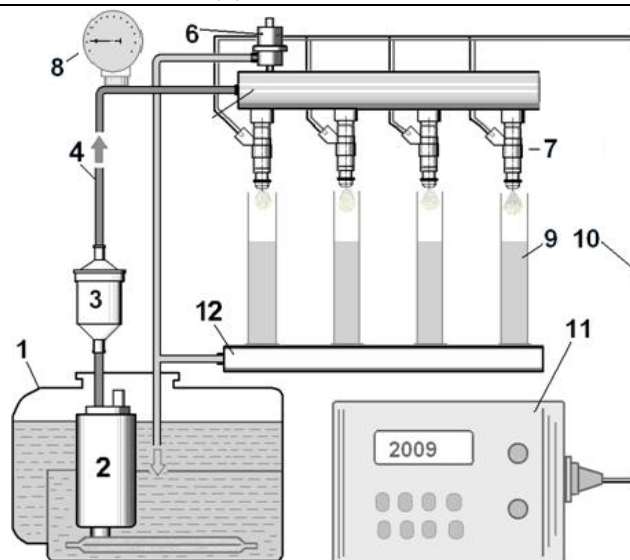


Рис.1. Функціональна схема лабораторного макета:

1 – паливний бак; 2 – паливний насос; 3 – паливний фільтр; 4 – нагнітальний трубопровід; 5 – паливна рампа; 6 – регулятор тиску; 7 – форсунки; 8 – манометр; 9 – вимірювальні посудини; 10 – сполучні провідники; 11 – електронний блок керування, 12 – блок електромагнітних клапанів для зливання палива

Отримавши необхідні дані ми занесли їх до таблиці 2 для кожної із форсунок. Наступний наш крок проведення розрахунку продуктивності форсунки за допомогою наступних формул.

Циклова подача палива і-тою електромагнітною клапанною форсункою описується рівнянням

$$G_{цик} = \int_0^{\tau_{впр}} \mu f \cdot \sqrt{2\rho_n(P_a - P_s)} \cdot d\tau, \quad (1.1)$$

де $\tau_{впр}$ – тривалість відкритого стану клапана форсунки (тривалість впорскування); ρ_n – щільність палива; P_a – тиск палива; P_s – тиск повітря у впускному колекторі; μf – ефективний прохідний перетин розпилювача форсунки, що змінюється залежно від підйому клапана (голки форсунки).

У реальних системах в основу алгоритму керування форсунками покладена спрощена модель визначення циклової подачі по статичній продуктивності форсунки і тривалості керуючого імпульсу. У цій моделі приймається постійний ефективний прохідний перетин розпилювача форсунки, а тривалість відкритого стану клапана форсунки приймається рівною тривалості керуючого імпульсу, яку визначають за принципом базової та коригувальної матриць. За цією моделлю циклова подача палива

$$G_{цик} = g_{ст} \cdot \tau_k, \quad (1.2)$$

де $g_{ст}$ – статична продуктивність форсунки; τ_k – тривалість керуючого імпульсу, що подається на форсунку.

Під статичною продуктивністю форсунки $g_{ст}$ розуміють її здатність пропустити кількість палива G_n при постійно відкритому клапані за певний проміжок часу $\tau_в$. Таким чином, статична продуктивність форсунки визначається способом *статичного проливання* при постійному тиску палива, при постійно відкритому клапані протягом часу $\tau_в$ і обчислюється по формулі

$$g_{ст} = \frac{G_n}{\tau_в}. \quad (1.3)$$

При цьому кількість палива

$$G_n = \mu f_{com} \cdot \sqrt{2\rho_n \cdot \Delta P_n} \cdot \tau_в \quad (1.4)$$

Звідси

$$\mu f_{com} = \frac{G_n}{\sqrt{2\rho_n \Delta P_n} \cdot \tau_в} \quad (1.5)$$

де μf_{com} – постійний ефективний прохідний перетин розпилювача

ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

форсунки при повністю відкритому клапані; ΔP_n – постійний перепад тиску палива на форсунці; τ_e – час вимірювання при проливанні.

Результати дослідження продуктивності форсунок а також прохідному перетину розпилювача форсунок наведені у таблиці 2

Таблиця 2

Тиск проливання	Нові форсунки				Форсунки з напрацюванням 40 тис. км.				Форсунки з напрацюванням 120 тис. км.			
	P_a мПа	G_n г	τ_b с	μ_{com} мм ²	g_{cm} г/с	G_n г	τ_b с	μ_{com} мм ²	g_{cm} г/с	G_n г	τ_b с	μ_{com} мм ²
0,5	58,7	30	2,2	1,95	51,75	30	2	1,72	48,1	30	1,86	1,6

Відомо, що хід клапана запізнюється у часі при підйомі на величину τ_n і опусканні на $-\tau_o$. Це приводить до того, що тривалість відкритого стану клапана форсунки $\tau_{впр}$ відрізняється від тривалості електричного керуючого імпульсу τ_k , подаваного на обмотку електромагніта форсунки, бо

$$\tau_{впр} = \tau_k - \tau_n, \text{ або } \tau_{впр} = \tau_k - \Delta\tau_n \quad (1.6)$$

де $\Delta\tau_n = \tau_n - \tau_o$ – враховує невідповідність керуючого імпульсу τ_k реальному часові впорскування $\tau_{впр}$.

Виходить, що у формулу (1.2) з урахуванням формули (1.6) треба внести корекцію. Тоді

$$G_{umi} = g_{cm} \cdot (\tau_k - \Delta\tau_n) \quad (1.7)$$

Невідповідність $\Delta\tau_n$ можна визначити шляхом динамічного проливання форсунок.

Під динамічним проливанням розуміють такий режим роботи форсунок, коли в рампі підтримується постійний тиск палива, а клапани відкриваються на короткий час при подачі на обмотки форсунок керуючих імпульсів тривалістю τ_k . Такий режим роботи форсунок відповідає режиму їхньої роботи на двигуні. Якщо G_{nd} – кількість палива, накопичена у вимірювальній посудині за час динамічного проливання, j – кількість упорскувань (циклових подач), зроблених за час проливання, то циклова подача G_{umi} , обчислена за результатами динамічного проливання

$$G_{umi} = \frac{G_{nd}}{j} \quad (1.8)$$

За результатами статичного та динамічного проливання можна визначити величину невідповідності $\Delta\tau_n$ для кожної форсунки

$$\Delta\tau_n = \tau_k - \frac{G_{nd}}{G_n} \cdot \frac{\tau_e}{j} \quad (1.9)$$

Іноді зручніше користуватися поправочним коефіцієнт k_τ , що враховує запізнювання спрацьовування форсунок. Його можна визначити з формули

$$k_\tau = 1 - \frac{\Delta\tau_n}{\tau_k} \quad (1.10)$$

Результати дослідження циклової подачі а також величина невідповідності для кожної форсунки наведені у таблиці 3

Таблиця 3

Нові форсунки		Форсунки з напрацюванням 40 тис. км.		Форсунки з напрацюванням 120 тис. км.	
G_{nd} г	0,058	G_{nd} г	0,051	G_{nd} г	0,048
τ_k с	0,03	τ_k с	0,03	τ_k с	0,03
j	20	j	2	j	20
k_τ	0,04	k_τ	0,04	k_τ	0,04
G_{um0}	0,0029	G_{um0}	0,025	G_{um0}	0,024
$\Delta\tau_n$	0,029	$\Delta\tau_n$	0,029	$\Delta\tau_n$	0,029

ЛІТЕРАТУРА

1. Боровських Ю.І., Буральов Ю.В., Морозов К.А. Будова автомобіля. – К.: Вища шк., 1991. – 304 с.
2. Колосюк Д.С. Використання та економія матеріалів і ресурсів на автомобільному транспорті: підруч / Д.С. Колосюк. – К.: Вища шк., 1992. – 206 с.
3. [3. elib.lutsk-ntu.com.ua/book/mbf/auto/2012/11-22/lab31.html](http://elib.lutsk-ntu.com.ua/book/mbf/auto/2012/11-22/lab31.html)

Кривий Ю.