

Горбик Ю.В.

Харківський національний
автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна.
E-mail: yuragorbik@gmail.com

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБІЛЯ НА СТЕНДІ
З БІГОВИМИ БАРАБАНАМИ

УДК 629.113.004

У статті запропонований метод визначення енергетичних характеристик автомобіля обладнаного системою розподіленого упорскування палива на стенді з біговими барабанами.

Ключові слова: *автомобіль, форсунка, витрата палива, стенд, втрати.*

Вступ. Робота автомобільного двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) заснована на процесах перетворення хімічної енергії палива в механічну роботу. Від якості протікання цих процесів залежать такі експлуатаційні властивості двигуна як економічність і токсичність відпрацьованих газів. Мікропроцесорні системи керування (МПСК), які широко застосовують на автомобільному транспорті, дозволяють істотно поліпшити зазначені експлуатаційні властивості ДВЗ, забезпечуючи оптимізацію процесу паливоподачі з урахуванням навантажувальних режимів і зовнішніх факторів.

У більшості сучасних двигунів подача рідкого або газоподібного палива в циліндри здійснюється механічним способом під керуванням мікропроцесорних систем переважно шляхом розпилення за допомогою клапанних форсунок. До роботи форсунки пред'являються винятково високі вимоги, як по швидкодії, так і по точності дозування заданої кількості палива. Для бензинових двигунів електромагніт форсунки повинен відкривати й закривати клапан за 1 мілі секунду. При діагностуванні автомобіля на паливну економічність або для рішення завдань нормування палива можна знаючи характеристики форсунок застосовуваних на даному типі двигуна й вимірявши, тривалість їхнього відкриття ми з достатньою точністю можемо вимірювати миттєву витрату палива при русі автомобіля із заданою швидкістю на дорозі або на стенді з біговими барабанами.

Аналіз досліджень і публікацій. Основні принципи оцінки паливної економічності й нормування витрати палива закладені в роботі [1], де з позиції системотехніки й енергетичного підходу розглянуті конструктивні й експлуатаційні параметри ефективності роботи транспортних засобів. У роботі [2] пропонується використовувати новий метод розрахунку витрати палива в процесі діагностування на стенді з біговими барабанами.

Мета та постановка задачі. Метою роботи є подальше вдосконалювання методики й розробка алгоритму діагностування технічного стану автомобіля по зміні витрати палива.

У реальних системах в основу алгоритму керування форсунками покладена спрощена модель визначення циклової подачі по статичній продуктивності форсунки й тривалості керуючого імпульсу. У цій моделі приймається постійний ефективний прохідний перетин розпилювача форсунки, а тривалість відкритого стану клапана форсунки приймається рівної тривалості керуючого імпульсу, що визначають за принципом базової й коригувальної матриць [3]. По цій моделі циклова подача палива [4]:

$$G_{uni} = g_{cm} \cdot \tau_k, \quad (1)$$

де g_{cm} – статична продуктивність форсунки, τ_k – тривалість керуючого імпульсу на форсуноці.

Під статичною продуктивністю форсунки g_{cm} розуміють її здатність пропустити кількість палива G_n при постійно відкритому клапані за певний проміжок часу τ_ϵ . Таким чином, статична продуктивність форсунки визначається способом статичного пролиття при постійному тиску палива й при постійно відкритому клапані за час τ_ϵ і визначається за формулою:

$$g_{cm} = \frac{G_n}{\tau_\epsilon} . \quad (2)$$

При цьому кількість палива:

$$G_n = \mu f_{con} \cdot \sqrt{2\rho_n \cdot \Delta P_n} \cdot \tau_\epsilon , \quad (3)$$

де μf_{con} - постійний ефективний прохідний перетин розпилювача форсунки при повністю відкритому клапані, ΔP_n - постійний перепад тиску палива на форсунці, τ_ϵ - час виміру при пролитті.

При підготовці проведення експериментів для підвищення точності вимірів кількості палива проводилася оцінка статичної продуктивності форсунок використовуваного автомобіля Skoda Octavia на стенді ASNU-01 фірми Bosch, що забезпечує високу точність визначення. Для відтворення статичного режиму пролиття на обмотки електромагнітних форсунок подається постійна напруга. Час виміру $\tau_\epsilon = 10 - 30$ с, протягом якого форсунки відкриті й відбувається пролиття, формується в електронному блоці за допомогою генератора частоти й лічильника імпульсів.

З урахуванням формул (2) і (3) статична продуктивність форсунки являє собою масову швидкість витікання палива через розпилювач і чисельно рівняється:

$$g_{cm} = \mu f_{con} \cdot \sqrt{2\rho_n \cdot \Delta P_n} . \quad (4)$$

У рівнянні (4) μf_{con} , ρ_n і ΔP_n – величини постійні, а керують паливоподачею – змінюючи тривалість електричного керуючого імпульсу τ_k , який подається на електромагніт форсунки. У системах керування двигуном для збереження видаткових характеристик форсунок при різних режимах роботи двигуна в умовах експлуатації, подача палива ведеться при постійному перепаді $\Delta P_n = P_a - P_s$ між тиском палива й тиском у впускному трубопроводі після дросельної заслінки. Для цього в паливній системі задіяні зворотний зв'язок по тиску, для чого встановлений стабілізатор перепаду тиску, редукційний клапан якого з мембранним приводом навантажений пружиною, причому порожнина над мембраною з'єднується з порожниною за дросельною заслінкою.

Відомо, що якір електромагніта клапана запізнюється в часі при підйомі на величину τ_n й опусканні на $-\tau_o$. Це приводить до того, що тривалість відкритого стану клапана форсунки $\tau_{впр}$ відрізняється від тривалості електричного керуючого імпульсу τ_k , що подається на обмотку електромагніта форсунки на величину:

$$\tau_{впр} = \tau_k - \tau_n + \tau_o , \text{ або } \tau_{впр} = \tau_k - \Delta\tau_n , \quad (5)$$

де $\Delta\tau_n = \tau_n - \tau_o$ – урахує невідповідність керуючого імпульсу τ_k до реального часу упорскування $\tau_{впр}$.

З огляду на цю умову формула (1) буде мати вигляд:

$$G_{цпн} = g_{cm} \cdot (\tau_k - \Delta\tau_n) . \quad (6)$$

Невідповідність $\Delta\tau_n$ можна визначити шляхом динамічного пролиття форсунок із застосуванням стенда по перевірці й очищенню форсунок ASNU-01 фірми Bosch. Для

цього використовували такий режим роботи форсунок, коли в рампі стенда підтримується постійний тиск палива, а клапани відкриваються на короткий час при подачі на обмотки форсунок керуючих імпульсів 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 встановлювати за допомогою перемикача калібровані інтервали часу й забезпечує високу повторюваність режимів випробувань [4].

Тоді циклову подачу $G_{цид}$, можна визначити за результатами динамічного пролиття:

$$G_{цид} = \frac{G_{нд}}{j} \quad (7)$$

де $G_{нд}$ – кількість палива, накопичена у вимірювальній посудині стенда за час динамічного пролиття, j – кількість упорскувань (циклових подач), зроблених за час пролиття.

За результатами статичного й динамічного пролиття визначаємо величину невідповідності $\Delta\tau_n$ для кожної форсунки:

$$\Delta\tau_n = \tau_k - \frac{G_{нд}}{G_n} \cdot \frac{\tau_e}{j} \quad (8)$$

На практиці зручніше користуватися поправочним коефіцієнтом k_τ , що враховує запізнювання спрацьовування форсунок.

Його визначаємо за формулою:

$$k_\tau = 1 - \frac{\Delta\tau_n}{\tau_k} \quad (9)$$

На підставі вище викладеного для обчислення поточних значень циклової подачі дискретними методами, у формулі (1) необхідно помножити статичну продуктивність форсунки g_{cm} на тривалість електричного керуючого імпульсу τ_k й коефіцієнт k_τ , що враховує запізнювання спрацьовування форсунок.

Циклова подача палива через розпилюючий отвір форсунки з постійним перепадом тиску палива ΔP_n буде визначатися за формулою:

$$G_{цид} = g_{cm} \cdot \tau_k \cdot k_\tau = \mu f_{con} \cdot \sqrt{2\rho_n \cdot \Delta P_n} \cdot \tau_k \cdot k_\tau \quad (10)$$

Експериментальні дослідження проводилися з використанням автомобіля Skoda Octavia із силовим агрегатом AGU 1,8 20V Turbo з використанням системи збору даних, побудованої на основі персонального комп'ютера, модуля введення аналогових сигналів і програмного додатка PowerGraf Professional. Для ідентифікації режимів роботи двигуна використовуються сигнали датчиків частоти обертання, температури охолодної рідини, положення дросельної заслінки, складу відпрацьованих газів і включення стартера. Для нашого випадку для визначення витрати палива автомобілем на стенді з біговими барабанами при заданій швидкості ми за допомогою системи збору даних знімали наступні сигнали: частоту обертання барабанів (величину напруги на тахогенераторах), швидкість автомобіля, тривалість упорскування першої форсунки, сигнал положення розпредвалу. Потім використовуючи математичні моделі можна з достатньою точністю визначити витрату палива при заданій швидкості руху на стенді й заданому навантаженні.

Питома шляхова витрата палива в л/100 км можна визначити за формулою:

$$Q_{л/100км} = \frac{100 \cdot Q_n}{V_a} \quad (11)$$

де Q_n – об'ємний вартовий витрата палива по формулі, л/год.; V_a – швидкість автомобіля.

Об'ємну годинну витрату палива визначаємо за формулою:

$$Q_n = g_{cm} \cdot (\tau_k - \Delta\tau_n) \cdot 1,2 \cdot n \cdot 10^{-4} = 0,0005 \cdot n \cdot (\tau_k - \Delta\tau_n) \quad (12)$$

Для автомобіля Skoda Octavia $\Delta\tau_n = 0,04$ мс.

Частоту обертання колінчатого вала визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1,2 \cdot 10^5}{T_u} \quad (13)$$

Використовуючи програмний додаток PowerGraf Professional обробляємо масив даних для заданої передачі КПП і швидкості руху ідентифікуємо сигнали для заданого режиму роботи двигуна й вимірявши, електричні величини сигналів: тривалість керуючого імпульсу τ_k на форсунці (мс) – із графіка «Напруга на форсунках», напруга U_b із графіка «швидкість обертання барабанів», період обігу розподільного вала T_u (мс) – із графіка «датчика фази» і підставивши ці значення у формули (11), (12), (13) одержимо значення витрати палива.

Висновки. Описаний метод визначення енергетичних показників автомобіля можна застосовувати для робіт з визначення витрати палива на автомобілях обладнаних системами розподіленого упорскування палива, а також для визначення або уточнення базових норм витрати на транспортну роботу з урахуванням умов експлуатації. Попередня перевірка форсунок, їх статична й динамічна проливка на стенді виключає погрішності вимірів пов'язані з технічним станом цих елементів системи упорскування палива.

Література:

1. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта. / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. - Изд. 2-е, перераб. и долн. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
2. Говорущенко Н.Я. Методы системного расчетно-аналитического и стендового диагностирования легковых автомобилей / Н.Я. Говорущенко, Ю.В. Горбик // Автомобильный транспорт: Сб. науч. трудов. – Харьков: ХНАДУ, 2009. - № 25. – С. 58-61.
3. Гирявец А.К. Теория управления автомобильным бензиновым двигателем. М.: «Русский сервис», 1997. – 190 с.
4. Пойда А.М. Технічна експлуатація автомобілів з мікропроцесорними системами керування: лабораторний практикум / А.М. Пойда. – Харків: ХНАДУ, 2012. – 172 с.

Summary

Y. Gorbik Determination of energy characteristics of the vehicle at the stand with treasures

In the article the method of definition of power characteristics of the car equipped with system of distributed fuel injection on the stand with running drums is offered. When diagnosing the car for fuel efficiency or for solving the problems of rationing fuel consumption, knowing the characteristics of the injectors used on this type of engine and measuring their opening time, we can with sufficient accuracy measure instantaneous fuel consumption when driving at a given speed on the road or on a stand with running drums.

The purpose of the work is to further improve the methodology and develop an algorithm for diagnosing the technical condition of the car to change fuel consumption.

In real systems, the simplified model for determining the cyclic feedrate based on the static capacity of the injector and the duration of the control pulse is laid in the basis of the algorithm for controlling the injectors. In this model, the effective cross-section of the nozzle

atomizer is assumed constant, and the duration of the open state of the injector valve is assumed to be equal to the duration of the control pulse and these values are set from the base and correction matrices of the engine control unit.

The described method for determining the vehicle's energy parameters can be used to determine the fuel consumption of vehicles equipped with distributed fuel injection systems, as well as to determine or refine the basic rates for transport operations, taking into account the operating conditions. The preliminary check of the injectors, their static and dynamic spillage at the cleaning platform of ASNU-01 nozzles by Bosch excludes the measurement errors associated with the technical state of these elements of the fuel injection system.

Keywords: car, nozzle, fuel consumption, stand, losses.

References

1. Govorushenko N.Ya. Sistemotekhnika transporta. / N.Ya. Govorushenko, A.N. Tu-renko. - Izd. 2-e, pererab. i doln. – Harkov: RIO HGADTU, 1999. – 468 s.
2. Govorushenko N.Ya. Metody sistemnogo raschetno-analiticheskogo i stendovogo diagnostirovaniya legkovykh avtomobilej / N.Ya. Govorushenko, Yu.V. Gorbik // Avtomobilnyj transport: Sb. nauch. trudov. – Harkov: HNADU, 2009. - № 25. – S. 58-61.
3. Giryavec A.K. Teoriya upravleniya avtomobilnym benzinovym dvigatelem. M.: «Russkij servis», 1997. – 190 s.
4. Pojda A.M. Tehnichna ekspluataciya avtomobiliv z mikroprocesornimi sistemami keruvannya: laboratornij praktikum / A.M. Pojda. – Harkiv: HNADU, 2012. – 172 s.