

УДК 629.113

ОЦЕНКА ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЯ НА СТЕНДЕ С БЕГОВЫМИ БАРАБАНАМИ

Ю.В. Горбик, доцент, к.т.н. ХНАДУ

Аннотация. В статье предложен метод определения энергетических характеристик автомобиля оборудованного системой распределенного впрыска топлива на стенде с беговыми барабанами.

Ключевые слова: автомобиль, форсунка, расход топлива, стенд, потери.

ОЦІНКА ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЯ НА СТЕНДІ З БІГОВИМИ БАРАБАНАМИ

Ю.В. Горбик, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Анотація. 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.

EVALUATION FUEL EFFICIENCY OF CARS ON A ROLLER DYNAMOMETER

Y. Gorbik, assistant professor, cand. eng. sc., KhNAHU

Abstract. This paper proposes a method for determining the energy characteristics of a vehicle equipped with a fuel injection system on a roller dynamometer.

Key words: car, fuel injector, fuel consumption, stand losses.

Введение

Работа автомобильного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) основана на процессах преобразования химической энергии топлива в механическую работу. От качества протекания этих процессов зависят такие эксплуатационные свойства двигателя как экономичность и токсичность отработанных газов. Микропроцессорные системы управления (МПСУ), которые широко применяют на автомобильном транспорте, позволяют существенным образом улучшить указанные эксплуатационные свойства ДВС, обеспечивая оптимизацию процесса топливоподачи с учетом нагрузочных режимов и внешних факторов.

В большинстве современных двигателях подача жидкого или газообразного топлива в цилиндры осуществляется механическим способом под управлением микропроцессорных систем преимущественно путем распыления с помощью клапанных форсунок. К работе форсунки предъявляются исключительно высокие требования, как по быстродействию, так и по точности дозировки заданного количества топлива. Для бензиновых двигателей электромагнит форсунки должен открывать и закрывать клапан за 1 миллисекунду. При диагностировании автомобиля на топливную экономичность или для решения задач нормирования топлива можно зная характеристики форсунок применяемых на данном типе двигателя и измерив, длитель-

ность их открытия мы с достаточной точностью можем измерять мгновенный расход топлива при движении автомобиля с заданной скоростью на дороге или на стенде с беговыми барабанами.

Анализ публикаций

Основные принципы оценки топливной экономичности и нормирования расхода топлива заложены в работе [1], где с позиции системотехники и энергетического подхода рассмотрены конструктивные и эксплуатационные параметры эффективности работы транспортных средств. В работе [2] предлагается использовать новый метод расчета расхода топлива в процессе диагностирования на стенде с беговыми барабанами.

Цель и постановка задачи

Целью работы является дальнейшее совершенствование методики и разработка алгоритма диагностирования технического состояния автомобиля по изменению расхода топлива.

Материалы и результаты исследования

В реальных системах в основу алгоритма управления форсунками положена упрощенная модель определения цикловой подачи по статической производительности форсунки и продолжительности управляющего импульса. В этой модели принимается постоянное эффективное проходное сечение распылителя форсунки, а продолжительность открытого состояния клапана форсунки принимается равной продолжительности управляющего импульса, которую определяют по принципу базовой и корректирующей матриц [3]. По этой модели цикловая подача топлива [4]

$$G_{цик} = g_{ст} \cdot \tau_k, \quad (1)$$

где $g_{ст}$ – статическая производительность форсунки, τ_k – продолжительность управляющего импульса на форсунке.

Под статической производительностью форсунки $g_{ст}$ понимают ее способность пропустить количество топлива G_n при постоянно открытом клапане за определенный промежуток времени τ_b . Таким образом, статичес-

кая производительность форсунки определяется способом статического пролития при постоянном давлении топлива и при постоянно открытом клапане за время τ_b и определяется по формуле

$$g_{ст} = \frac{G_n}{\tau_b}. \quad (2)$$

При этом количество топлива

$$G_n = \mu_{con}^f \cdot \sqrt{2\rho_n \cdot \Delta P_n} \cdot \tau_b, \quad (3)$$

где μ_{con}^f – постоянное эффективное проходное сечение распылителя форсунки при полностью открытом клапане, ΔP_n – постоянный перепад давления топлива на форсунке, τ_b – время измерения при пролитии.

При подготовке проведения экспериментов для повышения точности измерений количества топлива производилась оценка статической производительности форсунок используемого автомобиля Skoda Octavia Elegance на стенде ASNU-01 фирмы Bosch, что обеспечивает высокую точность определения. Для воспроизведения статического режима пролития на обмотки электромагнитных форсунок подается постоянное напряжение. Время измерения $\tau_b = 10 - 30$ с, на протяжении которого форсунки открыты и происходит пролитие, формируется в электронном блоке с помощью генератора частоты и счетчика импульсов.

С учетом формул (2) и (3) статическая производительность форсунки представляет собой массовую скорость истечения топлива через распылитель и численно равняется

$$g_{ст} = \mu_{con}^f \cdot \sqrt{2\rho_n \cdot \Delta P_n}. \quad (4)$$

В уравнении (4) μ_{con}^f , ρ_n и ΔP_n – величины постоянные, а управляют топливоподачей, изменяя продолжительность электрического управляющего импульса τ_k , который подается на электромагнит форсунки. В системах управления двигателем для сохранности расходных характеристик форсунок при разных режимах работы двигателя в условиях эксплуатации, подача топлива ведется при постоянном перепаде $\Delta P_n = P_a - P_s$ между давлением топлива и давлением во впускном трубопроводе после дроссельной заслонки. Для

этого в топливной системе введена обратная связь по давлению, для чего установлен стабилизатор перепада давления, редукционный клапан которого с мембранным приводом нагружен пружиной, причем полость над мембраной соединяется с полостью за дроссельной заслонкой.

Известно, что якорь электромагнита клапана запаздывает во времени при подъеме на величину τ_n и опускании на $-\tau_o$. Это приводит к тому, что продолжительность открытого состояния клапана форсунки $\tau_{впр}$ отличается от продолжительности электрического управляющего импульса τ_k , подаваемого на обмотку электромагнита форсунки на величину

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

где $\Delta\tau_n = \tau_n - \tau_o$ – учитывает несоответствие управляющего импульса τ_k к реальному времени впрыскивания $\tau_{впр}$.

Учитывая это условие формула (1) будет иметь вид

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

Несоответствие $\Delta\tau_n$ можно определить путем динамического пролития форсунок с применением стенда по проверке и очистке форсунок ASNU-01 фирмы Bosch. Для этого использовали такой режим работы форсунок, когда в рампе стенда поддерживается постоянное давление топлива, а клапаны открываются на короткое время при подаче на обмотки форсунок управляющих импульсов продолжительностью $\tau_k = 1 - 20$ мс, которые формируются в электронном блоке на основе эталонных интервалов времени. Имеющийся счетчик импульсов в этом режиме измеряет количество циклов подач j . Такой подход позволяет не применять секундомер, а устанавливать с помощью переключателя калиброванные интервалы времени и обеспечивает высокую повторяемость режимов испытаний [4].

Тогда цикловую подачу $G_{цил}$, можно определить по результатам динамического пролития

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

где $G_{нд}$ – количество топлива, накопленное в измерительном сосуде стенда за время динамического пролития,

j – количество впрыскиваний (цикловых подач), сделанных за время пролития.

По результатам статического и динамического пролития определяем величину несоответствия $\Delta\tau_n$ для каждой форсунки

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

На практике удобнее пользоваться поправочным коэффициентом k_τ , который учитывает запаздывание срабатывания форсунок.

Его определяем из формулы

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

На основании выше изложенного для вычисления текущих значений цикловой подачи дискретными методами, в формуле (1) необходимо умножить статическую производительность форсунки $g_{ст}$ на продолжительность электрического управляющего импульса τ_k и коэффициент k_τ , который учитывает запаздывание срабатывания форсунок.

Цикловая подача топлива через распыливающее отверстие форсунки с постоянным перепадом давления топлива ΔP_n будет определяться по формуле

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

Экспериментальные исследования проводились с использованием переднеприводного автомобиля Skoda Octavia Elegance с силовым агрегатом AGU 1,8 20V Turbo с использованием системы сбора данных, построенной на основе персонального компьютера, модуля введения аналоговых сигналов и программного приложения PowerGraf Professional. Для идентификации режимов работы двигателя используются сигналы датчиков частоты вращения, температуры охлаждающей жидкости, положения дроссельной заслонки, состава отработавших газов и включения стартера. Для нашего случая

для определения расхода топлива автомобилем на стенде с беговыми барабанами при заданной скорости мы с помощью системы сбора данных снимали следующие сигналы: частоту вращения барабанов (величину напряжения на тахогенераторах), скорость автомобиля, длительность впрыска первой форсунки, сигнал положения распредвала. Затем используя математические модели можно с достаточной точностью определить расход топлива при заданной скорости движения на стенде и заданной нагрузке.

Удельный путевой расход топлива в л/100 км можно определить по формуле

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

где Q_n – объемный часовой расход топлива по формуле, л/ч; V_a – скорость автомобиля.

Объемный часовой расход топлива определяем по формуле

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

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

Частоту вращения коленчатого вала по определяем по формуле

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

Используя программное приложение PowerGraf Professional обрабатываем массив данных для заданной передачи КПП и скорости движения идентифицируем сигналы для заданного режима работы двигателя и измерив, электрические величины сигналов: продолжительность управляющего импульса τ_k на форсунке (мс) – из графика «Напряжение на форсунках», напряжение U_b из графика «скорость вращения барабанов», период обращения распределительного вала T_u (мс) – из графика «датчика фазы» и подставив эти значения в формулы (11), (12), (13) получим значение расхода топлива.

На рис. 1 приведены результаты сравнительных испытаний расхода топлива автомобилем Skoda Octavia на стенде с беговыми барабанами для двух видов бензинов А-95 (базового и экспериментального) при использовании предлагаемого метода определения энергетических показателей.

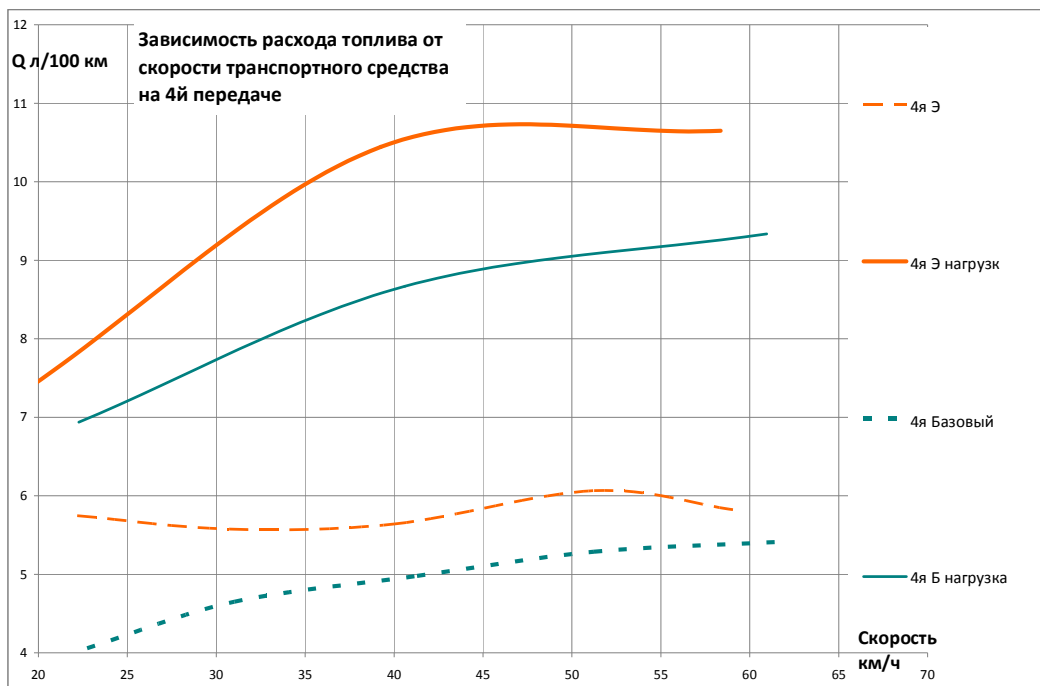


Рис. 1. Графики расхода топлива автомобиля Skoda Octavia на стенде с беговыми барабанами при использовании базового и экспериментального бензина А-95 на 4 передаче под нагрузкой и без нагрузки

Выводы

Описанный метод определения энергетических показателей автомобиля можно применять для экспериментов по определению расхода топлива на автомобилях оборудованных системами распределенного впрыска топлива, а также для определения или уточнения базовых норм расхода на транспортную работу с учетом условий эксплуатации.. Предварительная проверка форсунок, их статическая и динамическая проливка на стенде исключает погрешности измерений связанные с техническим состоянием этих элементов системы впрыска топлива.

Литература

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. Гиравец 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.

Рецензент: В.Д. Мигаль, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 05 ноября 2015 г.