

УДК 62.843.4

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОТОКОЛА OBD II

Молев Ю.И., Мошков П.С., Соколов Д.А., Тихомиров А.Н., Щербakov В.В.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижний Новгород, e-mail: moleff@yandex.ru, aragorn5@mail.ru, s-denis-tch@yandex.ru,
alnit@mail.ru, sla420@mail.ru

В статье описывается методика расчёта расхода топлива автомобилем при помощи диагностического прибора, получающего поток данных со стандартного диагностического разъёма автомобиля по протоколу OBD II. Показаны методы получения необходимой информации как на основе параметров, приводимых заводом-изготовителем (внешняя скоростная характеристика), так и на основе разработанной технологии экспериментальных исследований, связанных с определением энергетических затрат и расхода топлива при работе двигателя без нагрузки (холостом ходу). На основании статистической обработки экспериментальных данных установлена необходимая программа испытаний, в первую очередь, на холостом ходу, обеспечивающая необходимую точность величины расхода топлива. Полученные расчётные данные сравнивались с экспериментальными, полученными при испытании автомобиля ГАЗель NEXT (A22R22), оснащённого двигателем CUMMINS. Установлена адекватность разработанной методики расчёта расхода топлива на рабочих циклах в условиях равномерного движения при длительности цикла больше 30 секунд.

Ключевые слова: расход топлива, полезная мощность двигателя, диагностический протокол OBD II

THE METHOD OF DETERMINING OF VEHICLE FUEL CONSUMPTION USING DATA DIAGNOSTIC OBD II PROTOCOL

Molev Y.I., Moshkov P.S., Sokolov D.A., Tikhomirov A.N., Sherbakov V.V.

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseyev, Nizhny Novgorod,
e-mail: moleff@yandex.ru, aragorn5@mail.ru, s-denis-tch@yandex.ru, alnit@mail.ru, sla420@mail.ru

The article describes the method of calculating the fuel consumption of a vehicle using a diagnostic device that receives the data stream from a standard diagnostic connector of the vehicle, the OBD II Protocol. Shows the methods of obtaining the necessary information, based on the parameters given by the manufacturer (outside speed), and on the basis of the technology of experimental studies related to determination of energy expenditure and fuel consumption when the engine is running without load (idle). On the basis of statistical processing of experimental data, installed the necessary software testing, primarily at idle, providing the required accuracy values of fuel consumption. The obtained results were compared with experimental ones obtained in the test car GAZelle NEXT (A22R22), equipped with a CUMMINS engine. Installed the adequacy of the methods for calculation of fuel consumption for operating cycles under conditions of uniform motion in a cycle time greater than 30 seconds.

Keywords: fuel consumption, net engine power, diagnostic OBD II Protocol

В настоящее время все двигатели оснащаются системой автоматической самодиагностики, позволяющей производить запись и анализ данных, характеризующих состояние двигателя в реальном режиме времени (частота дискретизации потока данных по наиболее распространённому диагностическому протоколу OBD II составляет 1 секунду). Однако такого важного параметра, как расход топлива, в общем протоколе обмена данными не имеется.

Для современных бензиновых двигателей, поскольку для выполнения экологических норм стехиометрическое соотношение воздуха и бензина поддерживается практически на всём диапазоне нагрузок, расход топлива можно считать пропорциональным расходу воздуха. Потребление топлива на дизельных двигателях, работающих в условиях обеднённой рабочей смеси, может быть рассчитано из такого параметра, как коэффициент нагрузки на двигатель, который, исходя из SAE J1979 [6, 7] (редакция 2010 г.) может быть рассчитан как

$$K = \frac{M_i}{M_{MAX}(n) K_1 K_2}, \quad (1)$$

где M_i – индикаторный момент, развиваемый двигателем в рассматриваемый момент времени, представляющий собой сумму эффективного момента, выдаваемого двигателем, и момента на преодоление внутренних потерь (как механических, так и термодинамических и насосных), $M_{MAX}(n)$ – величина максимального индикаторного крутящего момента для данной частоты вращения вала двигателя, K_1 и K_2 – коэффициенты, учитывающие изменение величины максимального момента от температуры окружающего воздуха и атмосферного давления:

$$K_1 = \sqrt{\frac{298}{T_B + 273}}; K_2 = \frac{P_B}{29,92}, \quad (2)$$

где T_B – температура воздуха в градусах Цельсия на момент испытаний, а P_B – атмосферное давление в барах на момент

испытания. С учётом того, что определение «коэффициент нагрузки на двигатель» определяется исходя из индикаторного момента двигателя, уравнение (1) примет вид

$$K = \frac{q_i}{q_{MAX}(n) K_1 K_2}, \quad (3)$$

где q_i – величина подачи топлива в цилиндры дизельного двигателя, а $q_{MAX}(n)$ – мак-

симальная подача топлива в цилиндры дизельного двигателя для данных оборотов.

Максимальная подача топлива для двигателя определяется из его внешней скоростной характеристики как

$$q_{MAX}(n) = q_{уд}(n)N(n). \quad (4)$$

Решение данного уравнения показано на рис. 1.

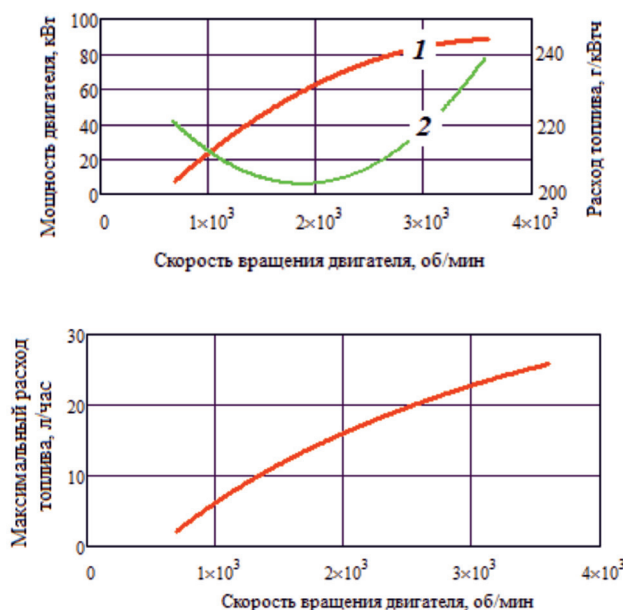


Рис. 1. Методика получения зависимости максимального расхода топлива от оборотов; 1 – зависимость изменения максимальной мощности двигателя от оборотов; 2 – зависимость изменения удельного расхода топлива от оборотов

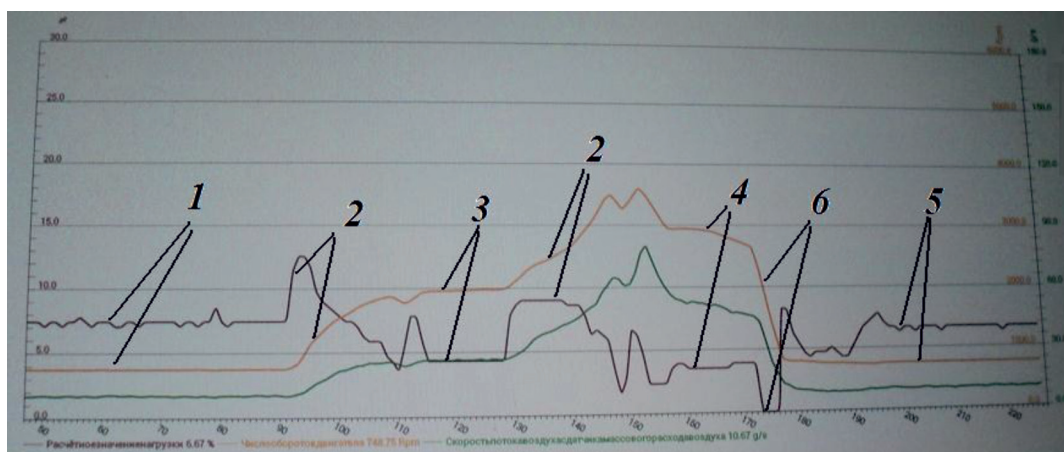


Рис. 2. Изменение величины расчётной нагрузки, числа оборотов двигателя и скорости потока воздуха в течение времени; 1 – холостой ход, $n = 750$ об./мин; расчётное значение нагрузки – 7,5%; 2 – разгон двигателя, величина расчётной нагрузки нестабильна, имеет место влияние динамического фактора; 3 – средние обороты, $n = 2000$ об./мин; расчётное значение нагрузки 4,5%; 4 – высокие обороты, $n = 3000$ об./мин; расчётное значение нагрузки – 3,5%; 5 – возвращение к холостому ходу, $n = 750$ об./мин; расчётное значение нагрузки – 6,7% (уменьшилось сопротивление вращения из-за разогрева двигателя); 6 – режим торможения двигателем, топливо не поступает, величина расчётной нагрузки равна 0%



Рис. 3. Изменение мощностных потерь двигателя при работе на холостом ходу;
1 – абсолютные величины, полученные расчётным методом;
2 – относительные величины, получаемые по протоколу OBD II



Рис. 4. Изменение удельного расхода топлива на полезную мощность, вырабатываемую двигателем, от его оборотов

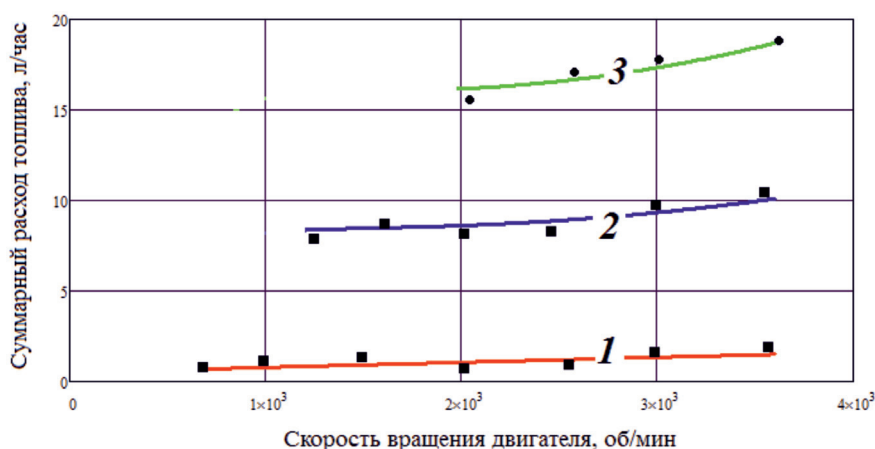


Рис. 5. Сравнение теоретических и экспериментальных данных по определению расхода топлива, с использованием данных диагностического протокола OBD II;
1 – на холостом ходу; 2 – при развитии двигателем полезной мощности в 30 кВт;
3 – при развитии двигателем полезной мощности в 60 кВт

Снимая при помощи диагностического протокола OBD II [12, 13] параметры холостого хода двигателя, а именно удельную величину нагрузки холостого хода, как это показано на рис. 2, получим значения потерь мощности двигателя при работе на холостом ходу, которая является произведением максимальной мощности двигате-

ля от оборотов на величину данного коэффициента:

$$N_{xx}(n) = N_{max}(n) K_{hxx}(n).$$

Результаты расчётов данного параметра приведены на рис. 3. Разница между максимальной мощностью и мощностью, затрачиваемой на холостой ход, определяет

возможность достижения двигателем мощности на выполнение той или иной работы, а разница между расходом топлива на холостом ходу и максимальным расходом топлива определяет расход топлива двигателем на преодоление внешней нагрузки в зависимости от режимов [7, 10, 11] и условий движения [4, 5, 8, 9].

Тогда удельный расход топлива на развитие двигателем полезной мощности будет определяться из уравнения

$$q_i(n) = \frac{Q_{MAX}(n) - Q_{XX}(n)}{N_{MAX}(n) - N_{XX}(n)}, \quad (5)$$

где Q_{XX} – расход топлива на холостом ходу в размерности л/час, определяется экспериментальным методом путём выработки топлива при вращении двигателя с различными оборотами без дополнительной нагрузки.

Решение данного уравнения показано на рис. 4.

Тогда расход топлива для конкретных условий движения определится как:

$$Q(n) = Q_{XX}(n) + q_i(n)(N(n) - N_{XX}(n)). \quad (6)$$

В период с сентября по ноябрь 2014 года сотрудниками Центра безопасности дорожного движения и технической экспертизы НГТУ был проведён комплекс мероприятий по экспериментальной оценке показателей автомобиля ГАЗель NEXT (A22R22), оснащённого двигателем CUMMINS, в том числе и по его топливной экономичности. Экспериментальные исследования выполнены с использованием измерительного оборудования Центра коллективного пользования НГТУ «Транспортные системы» при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проекта по договору № 02.G25.31.0006 от 12.02.2013 г. (постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года №218). При этом на автомобиле одновременно были установлены как диагностический сканер, так и расходомер топлива DFL3x-5bar, что позволяло получать данные о расходе топлива с того и с другого прибора одновременно.

Сравнение реального расхода топлива и расхода, полученного по представленной методике, с учётом требований, изложенных в [3].

Применение данной методики позволяет оценить подвижность [1, 2] и эффективность транспортных средств и других объектов исследования в области общего машиностроения, где необходимо оценить расход топлива силовых установок.

Список литературы

1. Беляков В.В. Концепция подвижности наземных транспортно-технологических машин / Беляков В.В. [и др.] / Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 3 (100). – С. 145–174.
2. Беляков В.В., Зезюлин Д.В., Колотилин В.Е., Макаров В.С. Подвижность наземных транспортно-технологических машин. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 4. – С. 72–77.
3. Блохин А.И. Сравнительный анализ определения расхода топлива автомобиля с использованием расходомера DFL3X-5BAR и расчётным методом с помощью данных диагностического протокола OBD II / А.И. Блохин, Ю.И. Молев, П.С. Мошков, А.Н. Тихомиров // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1.
4. Вахидов У.Ш., Макаров В.С., Беляков В.В. Математическое описание дорог типа «stone-road». Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. – С. 151.
5. Вахидов У.Ш., Макаров В.С., Беляков В.В. Определение характеристик микропрофиля в поймах рек Северного Кавказа. Интеллектуальные системы в производстве. – 2011. – № 1. – С. 82–88.
6. ГОСТ 20306-90 Топливная экономичность. Методы испытаний.
7. ГОСТ Р 41.84-99 (Правила ЕЭК ООН № 84) Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения дорожных транспортных средств, оборудованных двигателем внутреннего сгорания, в отношении измерения потребления топлива.
8. Полотно пути транспортно-технологических машин (справочные материалы к теории «машина – местность») [В.В. Беляков, и др.] / под общей редакцией В.В. Белякова и А.А. Куркина. – Нижний Новгород, 2014. – 447 с.
9. Редкозубов А.В. Определение характеристик микропрофиля дорог, предназначенных для движения транспортно-технологических машин / Макаров В.С., Гончаров К.О., Беляков В.В., Зезюлин Д.В., Беляев А.М., Папунин А.В., Редкозубов А.В. Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5. – С. 113.
10. Редкозубов А.В., Макаров В.С., Беляков В.В. О целесообразности моделирования дорог при помощи фрактального исчисления Леса России и хозяйство в них. – 2012. Т. 1–2, № 42–43. – С. 87–88.
11. Огороднов С.М., Зезюлин Д.В., Макаров В.С., Тумасов А.В. Обоснование методов решения задачи оценки усталостной долговечности деталей и узлов подвески автомобилей. Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4; URL: <http://www.science-education.ru/110-9695>.
12. Огороднов С.М., Зезюлин Д.В., Макаров В.С., Малеев С.И. Разработка расчетно-экспериментальной методики оценки расхода топлива при движении автомобиля по заданному маршруту. Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4; URL: www.science-education.ru/118-14280.
13. CDS-DFL3 User Manual: CORRSYS-DATRON Sensorsysteme GmbH, Wetzlar, 2008. – 36 с.
14. Consumption calculation of vehicles using OBD data/ Adriano Alessandrini, Francesco Filippi, Fernando Ortenzi/ – CTL, Centre For Transport and Logistics, University of Rome «La Sapienza».

References

1. Beljakov V.V. Konceptija podvizhnosti nazemnyh transportno-tehnologicheskikh mashin / Beljakov V.V. [i dr.] / Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2013. no. 3 (100). pp. 145–174.
2. Beljakov V.V., Zezjulin D.V., Kolotilin V.E., Makarov V.S. Podvizhnost nazemnyh transportno-tehnologicheskikh mashin Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2013. no. 4. pp. 72–77.
3. Blohin A.I. Sravnitelnyj analiz opredelenija rashoda top-liva avtomobilja s ispolzovaniem rashodomera DFL3X-5BAR i raschjotnym metodom s pomoshhju dannyh diagnosticheskogo

протокола OBD II / A.I. Blohin, Ju.I. Molev, P.S. Moshkov, A.N. Tihomirov // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. no. 1.

4. Vahidov U.Sh., Makarov V.S., Beljakov V.V. Matematicheskoe opisaniye dorog tipa «stone-road». *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2012. no. 3. pp. 151.

5. Vahidov U.Sh., Makarov V.S., Beljakov V.V. Opre-deleniye harakteristik mikroprofilja v pojmah rek Severnogo Kavkaza. *Intellektualnye sistemy v proizvodstve*. 2011. no. 1. pp. 82–88.

6. GOST 20306-90 Toplivnaja jekonomichnost. Metody ispytaniy.

7. GOST R 41.84-99 (Pravila EJeK OON no. 84) Edinoo-braznye predpisanija, kasajushiesja oficialnogo utverzhdenija dorozhnyh transportnyh sredstv, oborudovannyh dvigatelem vnu-trennego sgoraniya, v otnoshenii izmerenija potreblenija topliva.

8. Polotno puti transportno-tehnologicheskikh mashin (spra-vochnye materialy k teorii «mashina mestnost») [V.V. Beljakov, i dr.] / pod obshhej redakciej V.V. Beljakova i A.A. Kurkina. Nizhnij Novgorod, 2014. 447 p.

9. Redkozubov A.V. Opre-deleniye harakteristik mikro-profilja dorog, prednaznachennyh dlja dvizhenija transportno-tehnologicheskikh mashin / Makarov V.S., Goncharov K.O., Beljakov V.V., Zezjulin D.V., Beljaev A.M., Papunin A.V., Redkozubov A.V. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2012. no. 5. pp. 113.

10. Redkozubov A.V., Makarov V.S., Beljakov V.V. O ce-lesoobraznosti modelirovaniya dorog pri pomoshhi fraktalnogo ischislenija Lesa Rossii i hozjajstvo v nih. 2012. T. 1–2, no. 42–43. pp. 87–88.

11. Ogorodnov S.M., Zezjulin D.V., Makarov V.S., Tu-masov A.V. Obosnovanie metodov resheniya zadachi ocenki ustalostnoj dolgovechnosti detalej i uzlov podveski avtomobilej. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2013. no. 4; URL: <http://www.science-education.ru/110-9695>.

12. Ogorodnov S.M., Zezjulin D.V., Makarov V.S., Maleev S.I. Razrabotka raschetno-jeksperimentalnoj metodiki ocenki rashoda topliva pri dvizhenii avtomobilja po zadannomu marshrutu *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014. no. 4; URL: www.science-education.ru/118-14280.

13. CDS-DFL3 User Manual: CORRSYS-DATRON Sen-sorsysteme GmbH, Wetzlar, 2008. 36 p.

14. Consumption calculation of vehicles using OBD data/ Adriano Alessandrini, Francesco Filippi, Fernando Ortenzi/ – CTL, Centre For Transport and Logistics, University of Rome «La Sapienza».

Рецензенты:

Шапкин В.А., д.т.н., профессор кафе-дры «Строительные и дорожные машины», ФГБОУ ВПО «Нижегородский госу-дарственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород;

Вахидов У.Ш., д.т.н., заведующий ка-федрой «Строительные и дорожные маши-ны», ФГБОУ ВПО «Нижегородский госу-дарственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.