

РАСЧЕТ РАСХОДА ТОПЛИВА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ (НА ПРИМЕРЕ ШКОДА ОКТАВИЯ)

Ляшенко Константин Русланович, ст. гр. А-51-20,
Літвінов Денис Олександрович, ст. гр. А-41-17

Автомобильный транспорт во всем мире является основным потребителем энергетических ресурсов. С помощью математического моделирования можно оценить нормативный уровень расхода топлива технически исправного транспортного средства и выбрать режим движения машин, соответствующему минимальному потреблению топлива.

Расход топлива автомобиля в л/100км определяется по формуле [1]

$$Q = \frac{1}{\eta_i} \cdot \left[A \cdot i_k + B \cdot i_k^2 \cdot V_a + C \cdot (G_a \cdot \psi + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^2) \right], \quad (1)$$

где V_a - скорость автомобиля, км/ч;

A, B, C - постоянные для данной марки автомобиля;

η_i - индикаторный коэффициент полезного действия;

i_k - средневзвешенное передаточное число коробки перемены передач;

ψ - коэффициент суммарного дорожного сопротивления движению автомобиля;

kF - фактор обтекаемости, Н·с²/м²;

G_a - вес автомобиля, Н.

Коэффициентов A, B и C зависят от типа двигателя и определяются по следующим формулам для автомобилей с бензиновым двигателем:

$$A = \frac{358 \cdot V_h \cdot i_0}{H_n \cdot \rho_T \cdot r_k}; \quad B = \frac{9 \cdot V_h \cdot S_n \cdot i_0^2}{H_n \cdot \rho_T \cdot r_k^2}; \quad C = \frac{100}{H_n \cdot \rho_T \cdot \eta_{тр}}, \quad (2)$$

где V_h - рабочий объем двигателя, л;

i_0 - передаточное число главной передачи;

r_k - динамический радиус колеса, м;

S_n - ход поршня, м;

H_n - низшая теплота сгорания, кДж/кг;

ρ_T - плотность топлива, кг/м³;

$\eta_{тр}$ - КПД трансмиссии.

Значения низшей теплоты сгорания и плотности топлива зависят от типа двигателя. Среднее значение для бензина соответствует: $H_n = 44000$ кДж/кг, $\rho_T = 0,76$ кг/м³.

Индикаторный коэффициент полезного действия также зависит от типа установленного на автомобиле двигателя. Значение индикаторного КПД зависит от степени использования мощности двигателя. Приблизительно такую

зависимость можно кусочно-интервально аппроксимировать линейной регрессионной зависимостью. В этом случае можно предложить следующие зависимости определения индикаторного КПД двигателя для автомобилей с карбюраторным двигателем:

$$\eta_i = 0.256 + 0.0012 \cdot N_1, \quad \text{при } N_1 = 0 \dots 80 \%; \quad (3)$$

$$\eta_i = 0.63 - 0.343 \cdot 10^{-2} \cdot N_1, \quad \text{при } N_1 = 80 \dots 100 \%; \quad (4)$$

где N_1 - процент использования мощности, %.

Процент использованной мощности определяется по формуле:

$$N_1 = \frac{100 \cdot (G_a \cdot \psi \cdot V_a + 0.077 \cdot kF \cdot V_a^3)}{3.6 \cdot 10^3 \cdot N_{e \max} \cdot \eta_{\text{тр}}}, \quad \% \quad (5)$$

где $N_{e \max}$ - максимальная мощность двигателя автомобиля, кВт.

Средневзвешенное передаточное число коробки перемены передач зависит от скорости движения автомобиля и приближенно определяется по формуле:

$$i_k = \frac{K_c \cdot V_{\max} \cdot i_{\text{кп}}}{V_a}, \quad (6)$$

где K_c - скоростной коэффициент;

V_{\max} - максимальная скорость автомобиля, км/ч;

$i_{\text{кп}}$ - передаточное число коробки передач, соответствующее высшей передачи.

Скоростной коэффициент определяется через скоростные характеристики двигателя по формуле:

$$K_c = \frac{n_{M \max}}{n_{N \max}}, \quad (7)$$

где $n_{M \max}$ - частота вращения коленчатого вала двигателя при максимальном крутящем моменте, с^{-1} ;

$n_{N \max}$ - частота вращения коленчатого вала двигателя при максимальной мощности, с^{-1} .

Коэффициент суммарного дорожного сопротивления движению автомобиля также зависит от скорости движения и приближенно определяется по формуле:

$$\psi = \frac{0.01 \cdot V_{\max}}{V_a}. \quad (7)$$

Фактор обтекаемости определяется по формуле:

$$kF = k \cdot \alpha_T \cdot B_a \cdot H_a \quad \text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2, \quad (9)$$

где k - коэффициент сопротивления воздуха, $\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$;

α_T - коэффициент заполнения лобовой площади, для легковых автомобилей принимается равной - 0.85;

B_a - ширина автомобиля, м;

H_a - высота автомобиля, м.

Вес автомобиля определяется:

$$G_a = g \cdot M_a \quad \text{Н}, \quad (10)$$

где $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения тела;

M_a - масса автомобиля, кг.

Произведем расчет расхода топлива на примере грузопассажирского автомобиля Skoda Octavia, выпускаемого Горьковским автомобильным заводом как с бензиновым двигателем CJSA. В расчетах приняты следующие исходные данные [2]: $B_a = 1,814 \text{ м}$; $H_a = 1,461 \text{ м}$; $M_a = 1335 \text{ кг}$ (для снаряженного автомобиля); $M_a = 1860 \text{ кг}$ (для груженого автомобиля); шины 225/45 R17; $r_k = 0.33 \text{ м}$; $\eta_{TP} = 0.94$; $i_0 = 3.647$; $i_{kn} = 0.73$; $k = 0.26 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$; $\alpha_T = 0.85$; $V_{\max} = 232 \text{ км/ч}$; тип двигателя – инжекторный; $V_h = 1.798 \text{ л}$; $N_{\max} = 180 \text{ кВт}$; $n_{N_{\max}} = 6200 \text{ мин}^{-1}$; $n_{M_{\max}} = 1250 \dots 5000 \text{ мин}^{-1}$; $S_{\Pi} = 0.0842 \text{ м}$.

На рис. 1 приведены графические зависимости изменения расчетного расхода топлива от средней технической скорости движения для порожнего и груженого автомобиля с бензиновым и дизельным двигателем.

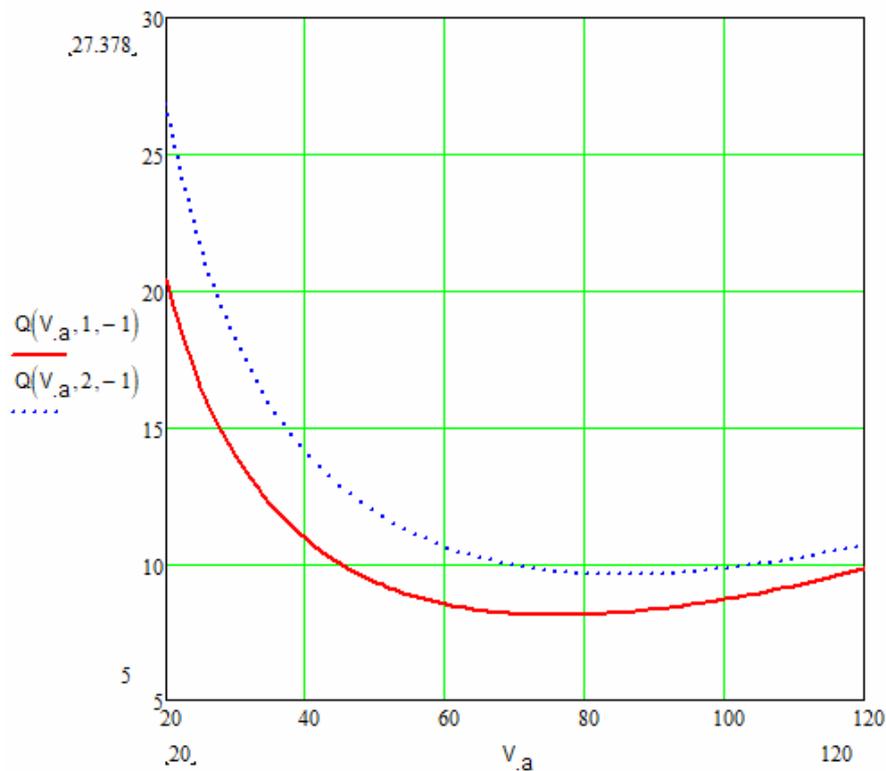


Рис. 1. Зависимость расхода топлива груженого (пунктир) и порожнего (сплошная) автомобиля Skoda Octavia с двигателями CJSA

Результаты расчета показали, что минимальное значение расхода топлива автомобиля Skoda Octavia с двигателем CJSA соответствует скорости 80 км/ч. Значения расхода топлива при этой скорости составляет 8.1 л/100 км для порожнего и 9.6 л/100 км для груженого.

В нормативах Министерства инфраструктуры Украины [3] для автомобиля Skoda Octavia с двигателем CJSA не установлены. Ближайший аналог – автомобиль Skoda Octavia с двигателем AGN (1.8 л, 92 кВт) и 5-ступенчатой механической коробкой передач, для которого установлена базовая норма расхода топлива в 8.7 л/100 км.

В нормативах [4] для автомобиля Skoda Octavia (1.8 TFSI, 4L, 160 л.с., 1,798 л, 6М) указан расход топлива 8,4 л/100 км.

Нормативные значения находятся в пределах результатов расчета, соответствующих порожнему и груженому автомобиля при скорости 80 км/ч.

Завод-изготовитель рекомендует следующие контрольные значения расхода топлива [5]:

- расход топлива в городском цикле – 7,6 л/100 км,
- расход топлива за городом – 5,3 л/100 км,
- расход топлива в смешанном цикле – 6,1 л/100 км.

Приведенная методика расчета может быть использована в разработках значений базовых норм расхода топлива или эталонных значений топливной экономичности при диагностировании автомобилей.

Литература

1. *Говорущенко Н.Я.* Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. - Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. - 474 с.
2. Skoda Octavia, Skoda Octavia Combi, Skoda RS с 2013г. Книга, руководство по ремонту и эксплуатации. – М.: Третий Рим. – 334 с.
3. Про затвердження Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті / Наказ Міністерства транспорту України № 43 від 10.02.1998 - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98#Text>.
4. Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 г. № АМ-23-р [Электронный ресурс] // Главбух : Бумажный и электронный журнал, сообщество, справочная система и онлайн-сервисы. — Режим доступа: <http://www.glavbukh.ru/doc/2126>.
5. SKODA OCTAVIA A5 / SKODA COMBI II / SKODA SCOUT бензин / дизель с 2004 г.в. - руководство по ремонту и техническому обслуживанию, электросхемы, инструкция по эксплуатации – М.: Монолит. – 298 с.

Научный консультант: Кривошапов С.И., доц. каф. ТЭСА