



Коэффициент технической эффективности АТС: моделирование и расчёт



Олег ГОНЧАРОВ

Oleg Yu. GONCHAROV

Coefficient of Motor Vehicle Technical Efficiency: Modeling and Calculation

(текст статьи на англ. яз. –
English text of the article – p. 98)

Цель представленного в статье исследования – уточнение коэффициента технической эффективности автотранспортного средства и оценка диапазона его значений в предлагаемой расчётной модели с учётом различных вариантов комплектации автомобилей одной марки и при различных режимах движения. Используемые схемы моделирования и оценочные критерии имеют в основе данные сделанного автором научного анализа и подкреплены эксплуатационной практикой.

Ключевые слова: автотранспортные средства, коэффициент полезного действия, коэффициент технической эффективности, способы расчёта, числовое моделирование.

Гончаров Олег Юрьевич – заместитель директора колледжа Института сервиса, туризма и дизайна Северо-Кавказского федерального университета (Пятигорский филиал), Пятигорск, Россия.

Среди теоретиков и практиков, занимающихся автотранспортными средствами (АТС), нет единой точки зрения по таким показателям, как «эффективность» и «коэффициент полезного действия». Одни считают их совершенно разными (КПД характеризует общее совершенство автомобиля, а эффективность – его совершенство как чисто транспортной машины [1]); другие, наоборот, просто отождествляют. При этом каждый предлагает свой способ определения величины КПД (коэффициента эффективности [2]), а следовательно, и вкладывает в него свой смысл. Хотя у всех есть одно общее: понимание его необходимости и важности как для теории, так и для практики.

Единый для всех автотранспортных средств безразмерный комплексный показатель типа «КПД», «коэффициент эффективности» или «коэффициент технической эффективности» крайне нужен и на этапе проектирования, и в период эксплуатации. Но ещё больше – в условиях усиления конкуренции производителей на соответствующих сегментах рынка: с помощью единого показателя значительно упрощаются все технико-экономические расчёты, в том числе связанные с оценкой конку-

рентоспособности производимых автомобилей, сравнением с лучшими отечественными и зарубежными аналогами [3].

Однако предлагавшиеся в последние годы трактовки «КПД автомобиля» и формулы для его расчёта, сопутствовавшие их пониманию задачи, к сожалению, полностью проблему не закрывают. Возможно лишь решение частных задач по оценке экономической эффективности отдельных автомобилей. Но экономическая оценка будет различной в различных условиях эксплуатации, поэтому, надо полагать, следует сначала проводить оценку именно технической эффективности автомобиля, а затем уже давать экономическую оценку внедрения рассматриваемой модели автомобиля.

Существует определённая неоднозначность в трактовке понятия «эффективность автомобиля». Ведь техническая эффективность, по логике некоторых авторов, составной элемент коэффициента эффективности (КПД) автомобиля. На это указывают Д. В. Великанов, Я. Е. Фаробин, Л. Г. Трёмбовельский [4].

При таком подходе в качестве физических величин, обозначающих эффективность транспортного средства на любом маршруте, можно принять следующие необходимые и просто определяемые характеристики и параметры: максимальный крутящий момент двигателя, массу перевозимого груза, радиус качения ведущих колёс, среднетехническую скорость движения автомобиля, передаточное число главной передачи, среднюю плотность ряда передаточных чисел трансмиссии, низшую теплотворную способность и массовый (усреднённый) расход топлива [5].

Н. Я. Говорушенко в своих работах при определении КПД автомобиля учитывает только механический коэффициент полезного действия без аэродинамических потерь [6].

На наш взгляд, с самого начала следует исходить из того, что основное назначение АТС — перемещение грузов и пассажиров. И тогда полезной можно считать только ту часть работы в окружении сил сопротивления, которая зависит от перевозимого груза (пассажиров). А. А. Токарев [7] предлагает в качестве показателя эффективности рассматривать соотношение полезной

энергии к затраченной энергии горения топлива:

$$\eta_a = \frac{W_{\text{пол}}}{W}, \quad (1)$$

где $W_{\text{пол}}$ — полезная работа, затраченная на преодоление сил сопротивления качению, условиям дороги и воздуха; W — полная энергия горения топлива.

$$W_{\text{пол}} = S \cdot (mgf + k_b FV^2 + mg \sin \alpha), \quad (2)$$

где m — масса АТС; f — коэффициент сопротивления качению; k_b — коэффициент воздушного сопротивления; F — лобовая площадь автомобиля; V — скорость автомобиля; S — пройденный путь.

$$W = H_{\text{и}} \cdot \rho \cdot Q_s, \quad (3)$$

где $H_{\text{и}}$ — низшая теплотворная способность топлива; ρ — плотность топлива; $Q_s = f(V, \psi)$ — эксплуатационный расход топлива.

При анализе формулы (2) возникает вопрос, почему автором используется вся масса АТС с грузом, если полезной мы считаем только массу перевозимого груза? Столь же очевидно, что важным фактором будет являться скорость автомобиля, как и расход топлива, который нелинейно зависит от скорости автомобиля.

Мы предлагаем при расчёте коэффициента эффективности транспортного средства использовать именно массу груза или пассажиров (массу полезной нагрузки, грузоподъёмность), тогда формула (2) примет вид:

$$W_{\text{пол}} = S \cdot (m_{\text{гр}} g \cdot \psi + k_b FV^2), \quad (4)$$

где $m_{\text{гр}}$ — масса груза или пассажиров; ψ — коэффициент дорожного сопротивления.

Примером критерия, в котором эксплуатационный расход топлива сочетается с транспортной работой, может служить показатель эффективности топливоиспользования Q_w [8]:

$$Q_w = \frac{Q_{\text{эк}}}{100 \cdot W_{\text{тр}}}, \quad (5)$$

где $Q_{\text{эк}}$ — эксплуатационный расход топлива, л/100 км; $W_{\text{тр}}$ — транспортная работа, т • км.

Показатель эффективности давно используется для оценки совершенства перевозок и анализа расходов топлива. Ряд учёных предлагает аналогичные критерии оценки: Д. П. Великанов, Я. Е. Фаробин [4], Э. И. Наркевич [9].



L/100km

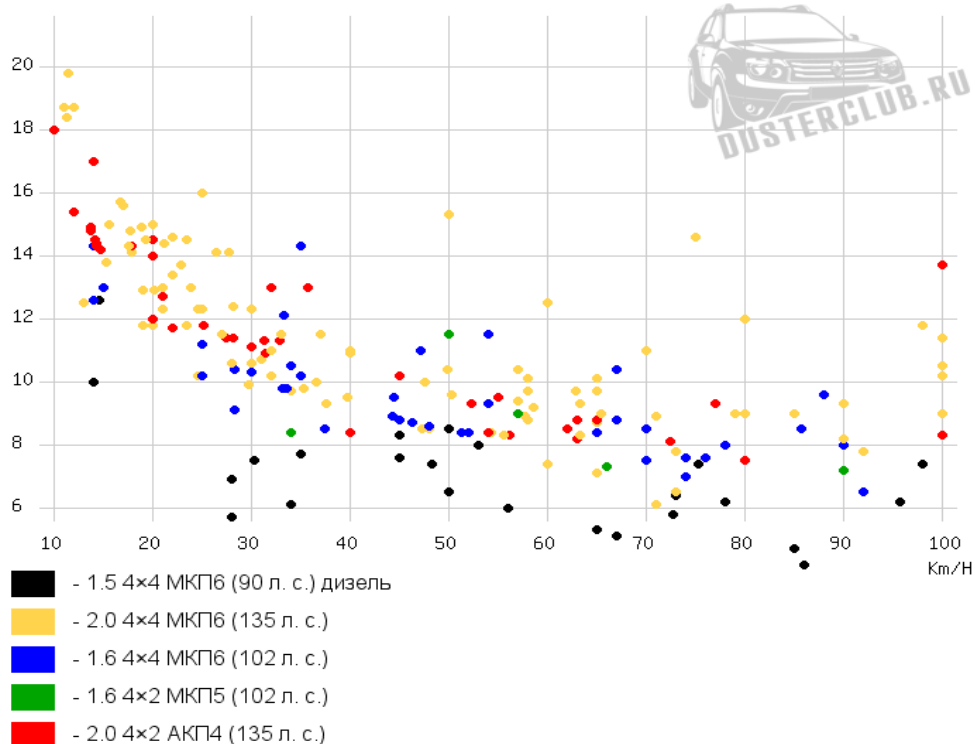


Рис. 1. Зависимость расхода топлива от средней скорости Renault Duster по комплектациям.

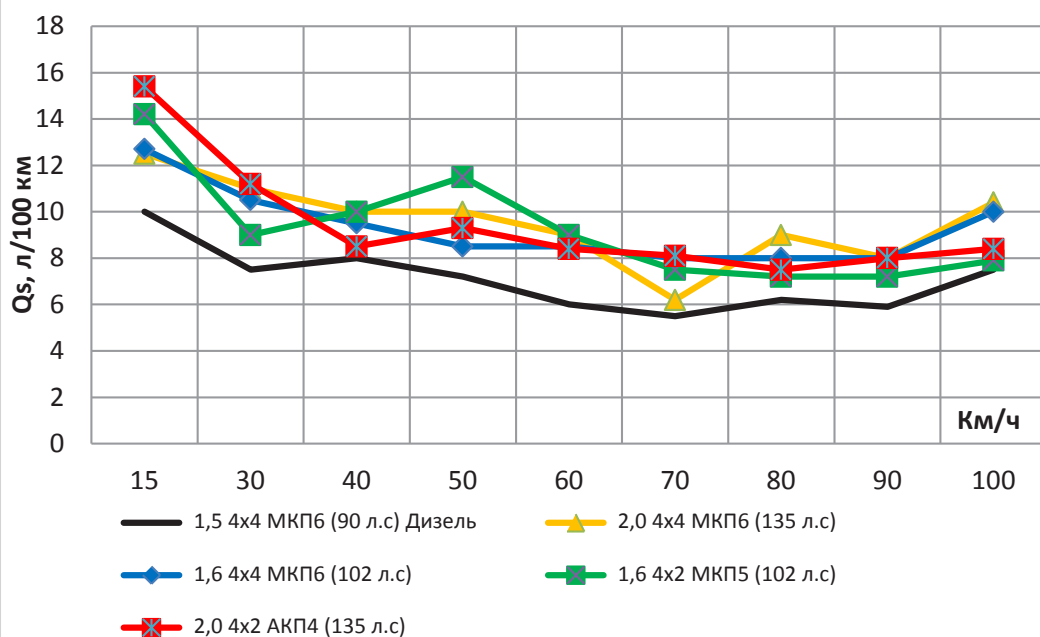


Рис. 2. Зависимость расхода топлива от скорости движения для различных комплектаций Renault Duster.

Таблица 1

Расчёт коэффициента технической эффективности для различных комплектаций автомобиля Renault Duster (при скорости 100 км/ч)

Модель	1,54х4 МКП6 (90 л.с.) Дизель	2,04х4 МКП6 (135 л.с.)	1,64х4 МКП6 (102 л.с.)	1,64х2 МКП5 (102 л.с.)	2,04х2 АКП4 (135 л.с.)
Тип двигателя	Дизельный	Бензиновый инжекторный	Бензиновый инжекторный	Бензиновый инжекторный	Бензиновый инжекторный
Вид топлива	Д.т	Бенз.	Бенз.	Бенз.	Бенз.
Масса снаряжённая, кг	1875	1877	1820	1850	1870
Грузоподъёмность, кг ($M_{гр}$)	425	425	425	425	425
Средний расход топлива, л/100 км	7,5	10,4	10	7,9	8,4
Теплотворная способность топлива, кДж/кг	42400	43390	43390	43390	43390
Плотность, кг/л	0,85	0,75	0,75	0,75	0,75
Габаритные размеры, колея, м	1,822	1,822	1,822	1,822	1,822
Лобовая площадь, m^2	1,625	1,625	1,625	1,625	1,625
Коэффициент воздушного сопротивления, $k_n, Н\cdot c^2/m^4$;	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42
$M_{гр}g\psi, Н$	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
$k_n FV^2, Н$	62,539	62,539	62,539	62,539	62,539
$W_{пол}, Дж$	125,48	125,48	125,48	125,48	125,48
$W, Дж$	18801,9	18801,9	18801,9	18801,9	18801,9
$Q_{\omega}, л/т\cdot км$	270300	338442	325425	257085,75	273357
ε	0,176471	0,244706	0,235294	0,185882	0,197647

Таблица 2

Усреднённый расход топлива комплектаций автомобилей Renault Duster при различных скоростях движения

Модель/ скорость, км/ч	1,54х4 МКП6 (90 л.с.) Дизель	2,04х4 МКП6 (135 л.с.)	1,64х4 МКП6 (102 л.с.)	1,64х2 МКП5 (102 л.с.)	2,04х2 АКП4 (135 л.с.)
15	10	12,5	12,7	14,2	15,4
30	7,5	11	10,5	9	11,2
40	8	10	9,5	10	8,5
50	7,2	10	8,5	11,5	9,3
60	6	9	8,5	9	8,4
70	5,5	6,2	8	7,5	8,1
80	6,2	9	8	7,2	7,5
90	5,9	8	8	7,2	8
100	7,5	10,4	10	7,9	8,4

Нами было проведено числовое моделирование коэффициента эффективности транспортного средства для ряда комплектаций автомобилей Renault Duster при движении с различной скоростью и полной загрузкой по ровной дороге ($\psi = 0,015$) в 1 км. Результаты моделирования приведены в таблицах 1–4. Данные по реальному расходу

топлива автомобилями Renault Duster на различных режимах движения получены опытным путём и показаны на рис. 1. Источник – форум Дастер Клуб [10]. Графики кривых результатов моделирования приведены на рис. 2–4. Распределение опытных данных было усреднено по величинам скоростей для осуществления моделирования.



Таблица 3

Коэффициент эффективности комплектаций автомобилей Renault Duster при различных скоростях движения

Модель/скорость, км/ч	1,54х4 МКП6 (90 л.с.) Дизель	2,04х4 МКП6 (135 л.с.)	1,64х4 МКП6 (102 л.с.)	1,64х2 МКП5 (102 л.с.)	2,04х2 АКП4 (135 л.с.)
15	0,0223	0,0197	0,0194	0,0174	0,016
30	0,0492	0,0372	0,039	0,0455	0,0365
40	0,0652	0,0578	0,0608	0,0578	0,068
50	0,0725	0,0578	0,068	0,0502	0,0621
60	0,0869	0,0642	0,068	0,0642	0,0688
70	0,0949	0,0932	0,0722	0,077	0,0713
80	0,0841	0,0642	0,0722	0,0802	0,077
90	0,0884	0,0722	0,0722	0,0802	0,0722
100	0,0696	0,0556	0,0578	0,0731	0,0688

Таблица 4

Эффективность топливоиспользования комплектаций автомобилей Renault Duster при различных скоростях движения

Модель/скорость, км/ч	1,54х4 МКП6 (90 л.с.) Дизель	2,04х4 МКП6 (135 л.с.)	1,64х4 МКП6 (102 л.с.)	1,64х2 МКП5 (102 л.с.)	2,04х2 АКП4 (135 л.с.)
15	0,235294	0,294118	0,298824	0,334118	0,362353
30	0,176471	0,258824	0,247059	0,211765	0,263529
40	0,188235	0,235294	0,223529	0,235294	0,2
50	0,169412	0,235294	0,2	0,270588	0,218824
60	0,141176	0,211765	0,2	0,211765	0,197647
70	0,129412	0,145882	0,188235	0,176471	0,190588
80	0,145882	0,211765	0,188235	0,169412	0,176471
90	0,138824	0,188235	0,188235	0,169412	0,188235
100	0,176471	0,244706	0,235294	0,185882	0,197647

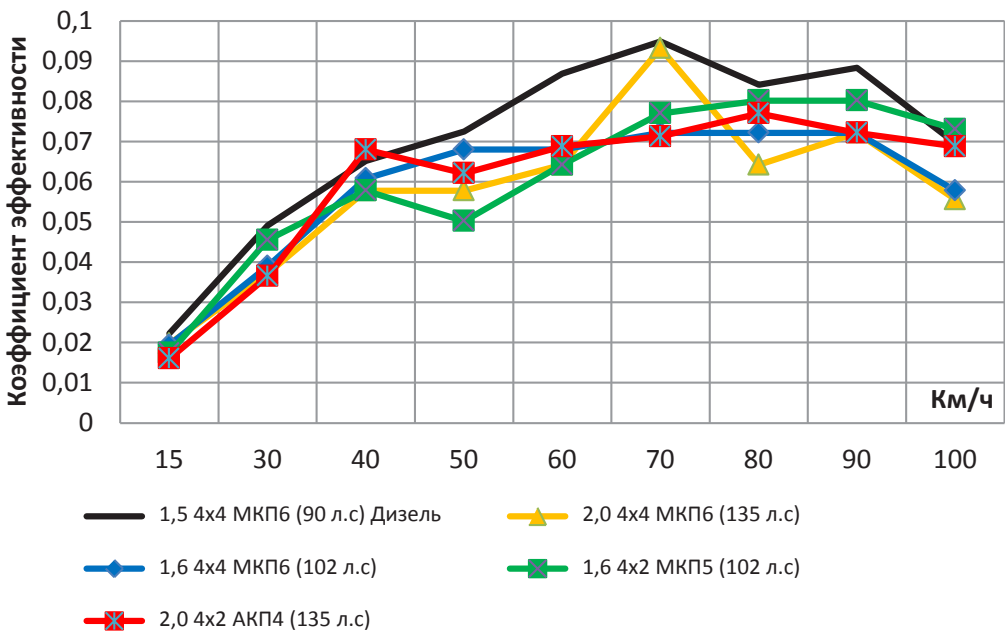


Рис. 3. Зависимость коэффициента эффективности от скорости движения для различных комплектаций Renault Duster.

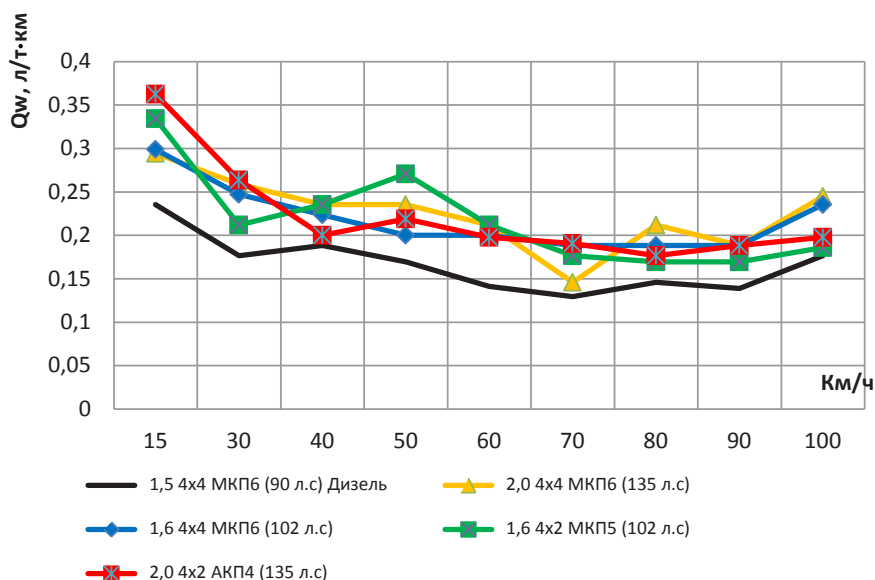


Рис. 4. Зависимость эффективности топливоиспользования от скорости движения для различных комплектаций Renault Duster.

Цель всего сделанного — оценить диапазон значений предлагаемого коэффициента эффективности транспортного средства для различных вариантов комплектаций автомобилей одной марки и при различных скоростях движения.

Проанализировав графики, видим явную зависимость предлагаемого коэффициента эффективности от типа двигателя, грузоподъёмности, режимов движения АТС.

В данном частном примере можно сделать вывод о превосходстве по топливно-экономическим показателям дизельной версии автомобиля Renault Duster. Правомерен и вывод о том, что наиболее эффективными режимами движения всех комплектаций являются скорости 60–90 км/ч. Для варианта автомобиля с АКПП более эффективны режимы движения с небольшими скоростями (50–70 км/ч). Эти выводы полностью подтверждаются результатами эксплуатации Renault Duster.

По итогам исследования есть основания говорить о состоятельности предлагаемой методики построения коэффициента эффективности транспортного средства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лепешкин А. В. Критерии оценки энергоэффективности многоприводных колёсных машин // Автомобильная промышленность. — 2010. — № 10. — С. 19–23.
2. Карабцев В. С., Валеев Д. Х. О КПД и коэффициенте эффективности автотранспортного средства // Автомобильная промышленность. — 2002. — № 10. — С. 16–19.
3. Карабцев В. С. Пользу можно считать // Корпоративный журнал ОАО «КамАЗ». — 2009. — № 1–2. — С. 54–56.
4. Фаробин Я. Е., Шупляков В. С. Оценка эксплуатационных свойств для международных перевозок. — М.: Транспорт, 1983. — 200 с.
5. Погосбеков М. И. Ещё раз о КПД автомобиля // Автомобильная промышленность. — 1996. — № 11. — С. 12–15.
6. Говорушенко Н. Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. — М.: Транспорт, 1990. — 135 с.
7. Токарев А. А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля. — М.: Машиностроение, 1982. — 224 с.
8. Ерохов В. И. Экономическая эксплуатация автомобиля. — М.: ДОСААФ, 1986. — 186 с.
9. Наркевич Э. И. Определение среднего КПД автомобиля на маршруте // Автомобильная промышленность. — 1998. — № 10. — С. 20–23.
10. Форум Дастер Клуб. Тема: Зависимость расхода топлива от средней скорости Рено Дастер. [Электронный ресурс]: <http://forum.dusterclub.ru/showthread.php?page=7&t=1619>. Доступ 16.02.2017.
11. Евсеев П. П. Энергетические показатели функционирования автомобиля на маршруте. Термины и «тернии» // Автомобильная промышленность. — 1999. — № 2. — С. 15–17.

Координаты автора: Гончаров О. Ю. — smart30001@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 16.02.2017, принята к публикации 14.06.2017.

