

МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

¹С.С. Сайдуллозода, ¹Б.Ж. Мажитов, ²К.Т. Мамбеталин

¹Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан

²Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан

В статье рассматриваются вопросы оценки эффективности эксплуатации автомобильного транспорта на основе удельных энергетических показателей. Предложен метод сравнительной оценки автомобилей различных классов и типов с различными типами двигателей по удельным энергетическим затратам транспортного процесса. В качестве критериев оценки использованы энергетический эквивалент расходуемого топлива, удельная энергия самопередвижения автомобиля и коэффициент энергетической эффективности. Разработана система удельных показателей, выраженных в МДж/(т·км), позволяющая сопоставлять автомобили независимо от их массы и конструктивных особенностей. Выполнен сравнительный анализ грузовых автомобилей отечественного и зарубежного производства с карбюраторными и дизельными двигателями. Установлено, что удельная энергия самопередвижения автомобилей имеет близкие значения для различных типов подвижного состава, тогда как автомобили с дизельными двигателями и большой грузоподъемностью характеризуются меньшими удельными энергетическими затратами и более высокой энергетической эффективностью. Предложенный подход может быть использован при выборе подвижного состава и оценке энергоэффективности грузовых перевозок.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, энергоэффективность, энергетический эквивалент топлива, удельная энергоёмкость, транспортный процесс, энергетические затраты, грузовые автомобили, эксплуатационная эффективность.

УСУЛИ АРЗЁБИИ САМАРАНОКИИ АВТОМОБИЛҲОИ БОРКАШ

¹С.С. Сайдуллозода, ¹Б.Ж. Мажитов, ²К.Т. Мамбеталин

¹Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон

²Донишгоҳи Кокшетау ба номи Ш. Уалиханов, шаҳри Кокшетау, Қазоқистон

Дар мақола масъалаҳои арзёбии самаранокии истифодаи нақлиёти автомобилӣ дар асоси нишондиҳандаҳои ҳоси энергетикӣ баррасӣ карда мешаванд. Усули муқоисавии арзёбии автомобилҳои синфҳо ва намудҳои гуногун бо муҳаррикҳои гуногун аз рӯи ҳароҷоти ҳоси энергетикӣ раванди ҳамлу нақл пешниҳод шудааст. Ҳамчун меъёрҳои арзёбӣ эквиваленти энергетикӣ сӯзишвории сарфшаванда, энергияи ҳоси худҳаракаткунии автомобил ва коэффисиенти самаранокии энергетикӣ истифода шудаанд. Низомии нишондиҳандаҳои ҳос таҳия гардидааст, ки бо воҳиди МҶ/(т·км) ифода шуда, имкон медиҳад автомобилҳо новобаста аз масса ва хусусиятҳои конструксионии онҳо муқоиса карда шаванд. Таҳлили муқоисавии автомобилҳои боркаши истеҳсоли ватанӣ ва хориҷӣ бо муҳаррикҳои карбюратордор ва дизелӣ гузаронида шудааст. Муайян карда шуд, ки энергияи ҳоси худҳаракаткунии автомобилҳо барои намудҳои гуногуни воситаҳои ҳаракаткунанда қиматҳои ба ҳам наздик доранд, дар ҳоле ки автомобилҳои дорои муҳаррикҳои дизелӣ ва иқтидори калони борбардорӣ бо ҳароҷоти камтари ҳоси энергетикӣ ва самаранокии баланди энергетикӣ тавсиф мешаванд. Усули пешниҳодшуда метавонад ҳангоми интиҳоби воситаҳои ҳаракаткунанда ва арзёбии самаранокии энергетикӣ ҳамлу нақли бор истифода шавад.

Калидвожаҳо: нақлиёти автомобилӣ, самаранокии энергетикӣ, эквиваленти энергетикӣ сӯзишворӣ, энергиягунҷошии ҳос, раванди ҳамлу нақл, ҳароҷоти энергетикӣ, автомобилҳои боркаш, самаранокии истифодабарӣ.

METHOD OF ASSESSING THE EFFICIENCY OF TRUCKS

¹S.S. Saidullozoda, ¹B.Zh. Mazhitov, ²K.T. Mambetalin

¹Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan

²Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov, Kokshetau, Kazakhstan

The article considers the issues of evaluating the efficiency of road transport operation based on specific energy indicators. A method for comparative assessment of vehicles of different classes and types with various engine types based on the specific energy consumption of the transportation process is proposed. The evaluation criteria include the energy equivalent of consumed fuel, the specific energy of vehicle self-propulsion, and the coefficient of energy efficiency. A system of specific indicators expressed in MJ/(t·km) has been developed, which makes it possible to compare vehicles regardless of their weight and design features. A comparative analysis of domestically and foreign-produced trucks equipped with carburetor and diesel engines has been carried out. It has been established that the specific energy of vehicle self-propulsion has similar values for different types of rolling stock, whereas vehicles with diesel engines and high load capacity are characterized by lower specific energy consumption and higher energy efficiency. The proposed approach can be used for selecting rolling stock and evaluating the energy efficiency of freight transportation.

Keywords: road transport, energy efficiency, fuel energy equivalent, specific energy intensity, transportation process, energy costs, freight vehicles, operational efficiency.

Введение

Автомобильный транспорт является важнейшим элементом транспортной инфраструктуры государства и обеспечивает значительную часть грузовых и пассажирских перевозок. Развитие промышленности, торговли и логистических систем сопровождается постоянным ростом объемов автомобильных перевозок, что приводит к увеличению эксплуатационных затрат и потребления топливно-энергетических ресурсов. При этом сегодня рост экономики и, как следствие, благосостояния общества в целом и отдельных его граждан приводит к увеличению потребностей в перевозках и в первую очередь в автомобильных перевозках.

При развитии рыночных отношений на всех этапах развития экономики автомобильный транспорт обеспечивает потребности ее отраслей и населения и является ключевым элементом экономики всех развитых стран мира. При этом следует отметить, что роль автомобильного транспорта не только сводится к перемещению грузов и пассажиров, он активно воздействует на весь процесс расширенного производства, на формирование и потребление запасов продукции на производстве и в сфере потребления, на складское хозяйство, в обеспечении развития связи и координации работы всех отраслей экономики. Грузовые автомобили составляют основу транспортной инфраструктуры, обеспечивая гибкую доставку грузов и в основном эффективно используются для перевозки небольших объемов грузов на короткие расстояния, что это в первую очередь связано с его малой грузоподъемностью и сравнительно высокой себестоимостью. В странах, где мало развита транспортная система, доля транспортных затрат в себестоимости продукции относительно высока и составляет 15...20 % и более против 7...8 % в странах с развитой транспортной системой и рыночной экономикой.

В логистической системе большинства стран мира роль грузового транспорта является определяющей, а эффективность его эксплуатации напрямую зависит от баланса между затратами и производительностью.

В современных условиях одним из основных направлений повышения эффективности эксплуатации автотранспортных средств является снижение удельных энергетических затрат транспортного процесса. Рациональный выбор подвижного состава позволяет сократить расход топлива, уменьшить себестоимость перевозок и повысить конкурентоспособность транспортных предприятий.

Традиционно оценка эффективности автомобилей осуществляется по показателям грузоподъемности, производительности, средней эксплуатационной скорости, расхода топлива и себестоимости перевозок. Однако данные показатели не позволяют в полной мере сопоставлять автомобили различных классов и конструктивных схем.

В настоящее время все большее распространение получают энергетические методы оценки транспортных средств, основанные на анализе затрат энергии топлива при выполнении транспортной работы. Использование энергетических показателей позволяет привести различные характеристики автомобилей к единой сопоставимой системе оценки.

Анализ известных исследований [1-7, 13-16] показывает, что существующие методы оценки топливно-энергетической эффективности автомобилей не обеспечивают универсального критерия сравнительной оценки различных типов подвижного состава. В связи с этим задача разработки энергетических критериев оценки эффективности эксплуатации автомобилей остается актуальной.

Целью настоящего исследования является разработка и апробация метода оценки эффективности эксплуатации автомобилей на основе энергетических характеристик топлива и удельных энергетических затрат при самопередвижении автомобиля.

Научная новизна работы заключается:

- в использовании энергетического эквивалента топлива в качестве единого критерия сравнительной оценки автомобилей;
- в разработке показателя удельной энергоемкости самопередвижения автомобиля;
- в сравнительной оценке эффективности автомобилей различных классов и типов двигателей на основе энергетических показателей.

Исследовательская часть

Методика оценки эффективности автомобилей

Первоначальной оценкой грузового автомобиля в условиях становления и подъема промышленности и всего народного хозяйства в 20...30-е годы прошлого столетия было количество груза, которое мог взять на борт автомобиль, т.е. его грузоподъемность. Этот груз должен был быть доставлен в пункт назначения в кратчайшие сроки, автомобиль стал оцениваться по средней эксплуатационной скорости движения.

По мере роста объема автомобильных перевозок стремление их выполнить любой ценой стало уступать требованию выполнить с меньшими затратами, стали считать транспортные расходы, т.е. появилась экономическая оценка автомобилей.

В настоящее время в связи с сокращением мировых природных энергетических ресурсов, в рыночных условиях стали считать затраты энергии или топливную экономичность автомобилей. Стала потребностью энергетическая оценка транспортных средств.

Для оценки эффективности эксплуатации автомобилей использованы следующие показатели:

- энергетический эквивалент расходуемого топлива;
- энергия, затрачиваемая на преодоление сопротивления движению;
- коэффициент энергетической эффективности;
- удельная энергоемкость транспортного процесса.

Эксплуатационные расходы автомобильного транспорта определяются выражением [1]:

$$C_{\Sigma} = C_m + C_{\Sigma} + C_{op} + C_{ш} + C_3 + C_n + C_a + C_d + C_{n-p}, \quad (1)$$

где C_m – затраты на топливо; C_{Σ} – затраты на эксплуатационные материалы; C_{op} – затраты на текущее обслуживание и текущий ремонт; $C_{ш}$ – затраты на шины; C_3 – заработная плата водителей; C_n – накладные расходы; C_a – амортизация транспортного средства и отчисления на капитальный ремонт; C_d – дорожная составляющая; C_{n-p} – затраты на погрузочно-разгрузочные работы.

Единицами измерения этих показателей могут быть абсолютные величины, сомони или относительные сомони/ткм, т.е. удельные величины.

Численное определение составляющих уравнения (1) потребует привлечения многих других величин, отражающих конструкцию автомобиля и ход транспортного процесса, что показывает сложность задачи определения оценки эффективности автомобилей.

Одним из основных компонентов эксплуатационных затрат являются затраты на топливо, определяющие энергетическую эффективность транспортного процесса.

Энергетическая оценка автомобилей производится в настоящее время через топливную экономичность, мощность двигателя, мощность на транспортный процесс и при помощи коэффициента, являющегося отношением полезной и всей затраченной энергии. Подробный анализ известных и предложенных комплексных показателей топливно-энергетической эффективности автомобилей произведен в [2-7]. Этот анализ показывает, что поиск оптимальной оценки конструктивного и эксплуатационного совершенства автомобилей не завершен.

Оценка эффективности автомобиля по энергетическому эквиваленту топлива

При оценке автомобилей, у которых большое разнообразие по конструкции, по техническим и эксплуатационным характеристикам, по назначению и областям применения, по видам перевозимых грузов и т.д. необходимо иметь общий знаменатель, по которому можно будет судить об эффективности автомобилей. По нашему мнению, таким общим знаменателем являются приведенные выше энергетические характеристики топлива.

Энергетический эквивалент топлива определяется количеством энергии, содержащейся в топливе, расходуемом автомобилем на прохождение 1 км пути.

Энергетический эквивалент расходуемого топлива определяется выражением:

$$\text{ЭН}_{\text{ЭКВ}} = \frac{Q \cdot H_u}{100}, \text{ МДж/км}, \quad (2)$$

где Q – количество израсходованного топлива, кг/100км; H_u – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг [8, 9]. Для дизельного топлива принимается: $H_u \approx 42$ МДж/кг.

При использовании паспортных значений расхода топлива в литрах выполняется перевод в массовые единицы:

$$Q = Q_{\text{л}} \cdot \rho, \quad (3)$$

где: $Q_{\text{л}}$ – расход топлива, л/100 км; ρ – плотность топлива, кг/л.

Энергия, затрачиваемая автомобилем на преодоление сопротивления движению на горизонтальном участке дороги, определяется через работу силы сопротивления:

$$E_{\text{сн}} = \frac{M_o \cdot g \cdot f \cdot S}{10^6}, \text{ МДж/км}, \quad (4)$$

где: M_o – снаряженная масса автомобиля, кг; f – коэффициент дорожного сопротивления $f=0,03$; S – пройденный путь, м.

Для оценки затрат энергии на пути 1 км принимаем:

$$S=1000 \text{ м.}$$

Тогда выражение (4) примет вид:

$$E_{\text{сн}} = \frac{M_o \cdot g \cdot f}{1000}, \frac{\text{МДж}}{\text{км}}. \quad (5)$$

Для сопоставления автомобилей различной массы использован показатель удельной энергоёмкости:

$$E_{\text{уд}}^{\text{экв}} = \frac{E_{\text{сн}}^{\text{экв}}}{M_o}, \quad (6)$$

где: $E_{\text{уд}}^{\text{экв}}$ – удельная энергоёмкость, МДж/(т·км).

Таблица 1 – Показатели эффективности автомобиля по энергетическому эквиваленту топлива

Table 1 – Vehicle efficiency indicators based on the energy equivalent of fuel

№	Автомобиль	Снаряжен- ная масса, M_o , кг	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	$E_{\text{сн}}^{\text{экв}}$, МДж / км	$E_{\text{сн}}$, МДж / км	$\eta_{\text{эф}}$	$E_{\text{уд}}^{\text{экв}}$, МДж / т км
1	2	3	4	5	6	7	8
Бортовые с карбюраторным двигателем							
1	УАЗ-451	1510	14,0	4,61	0,44	0,10	3,05
2	ГАЗ-53А	3250	25,0	8,23	0,96	0,12	2,53
3	ЗИЛ-130	4300	31,0	10,21	1,26	0,12	2,37
4	Урал-377Н	7225	44,0	14,49	2,12	0,15	2,01
Бортовые с дизельным двигателем							
1	КамАЗ-5320	7080	25,0	9,07	2,08	0,23	1,28
2	ЗИЛ-133ГЯ	7610	25,0	9,07	2,24	0,25	1,19
3	МАЗ-5335	8250	23,0	8,35	2,43	0,29	1,01
4	Урал-4320	8050	32,0	11,61	2,37	0,20	1,44
Самосвалы с карбюраторным двигателем							
1	ЗИЛ-4546	5200	39,3	12,94	1,53	0,12	2,49
Самосвалы с дизельным двигателем							
1	КамАЗ-6522	13950	52,1	18,91	4,11	0,22	1,36
2	ГАЗ-САЗ- 35071	3870	19,9	7,22	1,14	0,16	1,87
3	МАЗ-6501А9	14425	45,4	16,48	4,25	0,26	1,14
4	БелАЗ-7540А	22500	123,5	44,82	6,62	0,15	1,99
Иномарки с дизельным двигателем							
1	Dong Feng	13850	51,0	18,51	4,08	0,22	1,336
2	TATRA 111R	10700	33,0	11,98	3,15	0,26	1,119
3	Magirus 232D19L	6000	30,0	10,89	1,77	0,16	1,815

Для сопоставления автомобилей различной массы наряду с энергетическим эквивалентом топлива использован показатель удельной энергии самопередвижения автомобиля:

$$E_{\text{уд}}^{\text{сн}} = \frac{E_{\text{сн}}}{M_o}, \quad (7)$$

где: $E_{\text{уд}}^{\text{сн}}$ – удельная энергия самопередвижения автомобиля, МДж/(т·км); $E_{\text{сн}}$ – энергия, затрачиваемая на преодоление сопротивления движению, МДж/км; M_o – снаряженная масса автомобиля, т.

Показатель $E_{уд}^{сн}$ характеризует количество энергии, необходимое для перемещения одной тонны массы автомобиля на расстояние 1 км.

Коэффициент энергетической эффективности автомобиля определяется отношением удельной энергии самопередвижения автомобиля к удельному энергетическому эквиваленту топлива:

$$\eta_{эф} = \frac{E_{уд}^{сн}}{E_{уд}^{экв}} = \frac{E_{сн}}{M_o} \cdot \frac{M_o}{\Delta H_{экв}} = \frac{E_{сн}}{\Delta H_{экв}}$$

$$\eta_{эф} = \frac{E_{сн}}{\Delta H_{экв}} \quad (8)$$

Показатель $\eta_{эф}$ характеризует долю энергии топлива, расходуемую на преодоление сопротивления движению автомобиля.

Вычисления по уравнениям (5-8) приведены в табл. 1.

Анализ результатов таблицы 1 показывает, что удельный энергетический эквивалент топлива $E_{уд}^{экв}$ существенно различается для автомобилей разных классов и типов двигателей. Наименьшие значения $E_{уд}^{экв}$ характерны для автомобилей большой грузоподъемности с дизельными двигателями, что свидетельствует о более эффективном использовании энергии топлива. Полученные результаты показывают, что увеличение грузоподъемности автомобиля способствует снижению удельных энергетических затрат транспортного процесса (рис. 1).

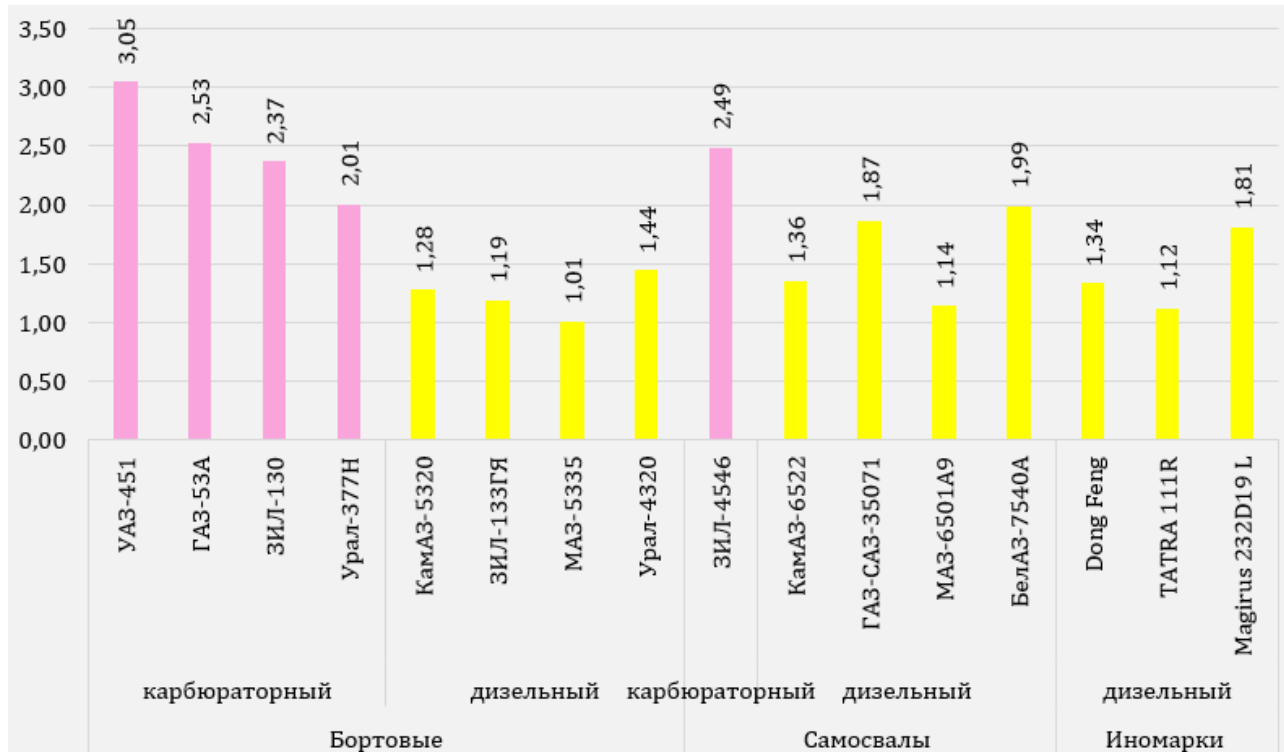


Рисунок 1 - Показатель эффективности, отражающий удельную долю расхода энергии топлива, идущая на самопередвижение автомобиля, МДж/т·км

Figure 1 – Efficiency indicator reflecting the specific share of fuel energy consumption used for the vehicle's self-propulsion, MJ/t·km

В то же время удельная энергия самопередвижения автомобилей $E_{уд}^{сн}$ для различных типов подвижного состава имеет близкие значения и составляет в среднем около 0,29 МДж/(т·км). Это объясняется тем, что данный показатель определяется в основном коэффициентом сопротивления движению и практически не зависит от массы автомобиля.

Оценка эффективности автомобиля по энергетическому содержанию топлива.

В [10-12] предложено уравнение для определения эффективности автомобиля через соотношение полезной работы ко всей затраченной при транспортном процессе на горизонтальном участке дороги

$$\mathcal{E} = \frac{P_T \cdot S}{g_L \cdot H_{\text{н}} \cdot S} \cdot 100\% = \frac{P_T}{g_L \cdot H_{\text{н}}} \cdot 100\% \quad (9)$$

где P_m – тяговое усилие автомобиля, Н; S – пройденный путь, км; g_L – линейный расход топлива (номинальный), кг/(100 км).

Для самопередвижения автомобиля тяговое усилие будет

$$P_T = M_o \cdot g \cdot f, \text{ Н.} \quad (10)$$

Линейный расход топлива (номинальный), кг/(100 км, (q_L) при снаряженной массе автомобиля, есть базовый расход топлива, низшая теплотворная способность топлива, МДж/кг, показывает его энергетическое содержание.

Уравнение 9 перепишем в виде

$$\mathcal{E}_1 = \frac{g_L \cdot H_{\text{н}}}{P_T} \cdot 100\% \quad (11)$$

Соотношение (10) показывает количество энергии топлива, расходуемое на тяговое усилие для самопередвижения автомобиля (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели эффективности автомобиля по энергетическому содержанию топлива

Table 2 – Vehicle efficiency indicators based on the energy content of fuel

№	Автомобиль	Снаряженная масса, M_o , кг	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	P_m , Н	$\mathcal{E}$, %	$\mathcal{E}_1$, %
1	2	3	4	5	6	7
Бортовые с карбюраторным двигателем						
1	УАЗ-451	1510	14,0	443,94	9,63	1038,32
2	ГАЗ-53 А	3250	25,0	955,50	11,61	861,46
3	ЗИЛ-130	4300	31,0	1264,20	12,39	807,37
4	Урал-377Н	7225	44,0	2124,15	14,66	682,02
Бортовые с дизельным двигателем						
1	КамАЗ-5320	7080	25,0	2081,52	22,94	395,45
2	ЗИЛ-133ГЯ	7610	25,0	2237,34	24,66	367,91
3	МАЗ-5335	8250	23,0	2425,50	29,06	312,22
4	Урал-4320	8050	32,0	2366,70	20,38	445,18
Самосвалы с карбюраторным двигателем						
1	ЗИЛ-4546	5200	39,3	1528,80	11,82	846,38
Самосвалы с дизельным двигателем						
1	КамАЗ-6522	13950	52,1	4101,30	21,69	418,26
2	ГАЗ-САЗ-35071	3870	19,9	1137,78	15,75	575,87
3	МАЗ-6501А9	14425	45,4	4240,95	25,74	352,47
4	БелАЗ-7540А	22500	123,5	6615,00	14,76	614,70
Иномарки с дизельным двигателем						
1	Dong Feng	13850	51,0	4071,90	22,00	412,38
2	TATRA 111R	10700	33,0	3145,80	26,27	345,39
3	Magirus 232D19L	6000	30,0	1764,00	16,20	559,95

Данные таблицы 2 также показывают более высокую эффективность автомобилей с дизельным двигателем, у них выше результат преобразования тепловой энергии топлива в двигателе в механическую энергию передвижения автомобиля. На единицу выполненной работы затрачивается меньшее количество энергии топлива.

Применение эффективности ($\mathcal{E}$) в уравнении в [5] можно записать

$$\mathcal{E} = \eta \cdot \eta_{\text{дв}} \quad (12)$$

где η – КПД трансмиссии, ходовой части; $\eta_{\text{дв}}$ – эффективный КПД двигателя.

$$\text{Откуда} \quad \eta = \mathcal{E} / \eta_{\text{дв}} \quad (13)$$

Эффективный КПД двигателя: карбюраторный - 0,3; дизельный - 0,4.

Для сопоставления автомобилей различной массы использован показатель удельной эффективности КПД трансмиссии:

$$E_{\text{уд}}^{\text{тр}} = \frac{\eta}{M_o}, \quad (14)$$

где: $E_{\text{уд}}^{\text{тр}}$ – показатель удельной эффективности КПД трансмиссии, 1/т; M_o – снаряженная масса автомобиля, т.

Показатель $E_{\text{уд}}^{\text{тр}}$ характеризует долю КПД трансмиссии, необходимой для перемещения одной тонны массы автомобиля на расстояние 1 км.

При вычислениях получим дополненную таблицу 3.

Таблица 3 – Показатели эффективности КПД трансмиссии
Table 3 – Transmission efficiency indicators

№	Автомобиль	Снаряженная масса, M_o , кг	Базовая норма расхода топлива, л/100 км	P_m , Н	$\mathcal{E}$, %	η	$E_{\text{уд}}^{\text{тр}}$ 1/т
1	2	3	4	5	6	7	8
Бортовые с карбюраторным двигателем							
1	УАЗ-451	1510	14,0	443,94	9,63	0,32	0,021
2	ГАЗ-53 А	3250	25,0	955,5	11,61	0,39	0,012
3	ЗИЛ-130	4300	31,0	1264,2	12,39	0,41	0,010
4	Урал-377Н	7225	44,0	2124,2	14,66	0,49	0,007
Бортовые с дизельным двигателем							
1	КамАЗ-5320	7080	25,0	2081,5	22,94	0,57	0,008
2	ЗИЛ-133ГЯ	7610	25,0	2237,3	24,66	0,62	0,008
3	МАЗ-5335	8250	23,0	2425,5	29,06	0,73	0,009
4	Урал-4320	8050	32,0	2366,7	20,38	0,51	0,006
Самосвалы с карбюраторным двигателем							
1	ЗИЛ-4546	5200	39,3	1528,8	11,82	0,39	0,008
Самосвалы с дизельным двигателем							
1	КамАЗ-6522	13950	52,1	4101,3	21,69	0,54	0,004
2	ГАЗ-САЗ-35071	3870	19,9	1137,8	15,75	0,39	0,010
3	МАЗ-6501А9	14425	45,4	4241	25,76	0,64	0,004
4	БелАЗ-7540А	22500	123,5	6615	14,76	0,37	0,002
Иномарки с дизельным двигателем							
1	Dong Feng	13850	51,0	4071,9	22,00	0,55	0,004
2	TATRA 111R	10700	33,0	3145,8	26,27	0,66	0,006
3	Magirus 232D19L	6000	30,0	1764	16,201	0,41	0,007

По данным таблицы 3 можно сделать вывод о том, что КПД трансмиссии и ходовой части автомобилей с дизельными двигателями в целом выше, чем у автомобилей с карбюраторными двигателями. Это обусловлено более высоким эффективным КПД дизельного двигателя (рис. 2).

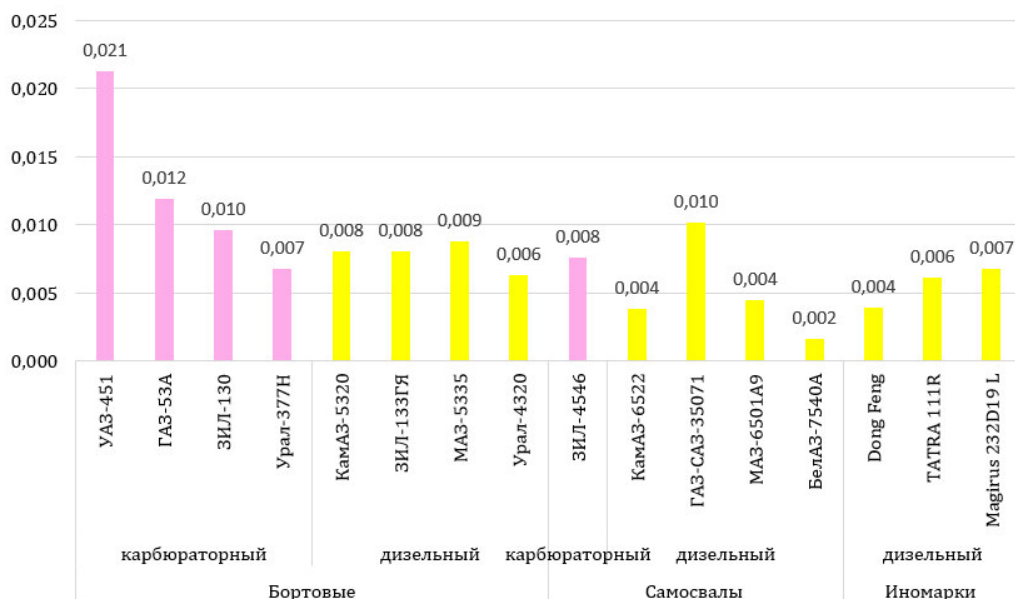


Рисунок 2 - Показатель эффективности, характеризующий долю КПД трансмиссии, необходимой для перемещения одной тонны массы автомобиля на расстояние 1 км

Figure 2 – Efficiency indicator characterizing the share of transmission efficiency required to move one tonne of vehicle mass over a distance of 1 km

Кроме того, показатель удельной эффективности КПД трансмиссии уменьшается с увеличением массы автомобиля, поскольку для перемещения более тяжёлых транспортных средств требуется больше энергии.

Проведенные исследования показывают, что использование удельных энергетических показателей позволяет объективно сравнивать эффективность эксплуатации автомобилей различных классов, грузоподъемности и конструктивных схем.

Установлено, что наиболее информативным показателем является удельный энергетический эквивалент топлива $E_{уд}^{ЭКВ}$, выраженный в МДж/(т·км), поскольку данный показатель одновременно учитывает расход топлива и массу автомобиля.

Результаты расчетов показывают, что удельная энергия самопередвижения автомобилей $E_{уд}^{СН}$ для различных типов подвижного состава имеет близкие значения и в среднем составляет около 0,29 МДж/(т·км). Это объясняется тем, что данный показатель определяется главным образом коэффициентом сопротивления движению и практически не зависит от массы автомобиля.

В то же время удельный энергетический эквивалент топлива $E_{уд}^{ЭКВ}$ существенно различается для автомобилей разных классов и типов двигателей. Наименьшие значения $E_{уд}^{ЭКВ}$ характерны для автомобилей большой грузоподъемности с дизельными двигателями, что свидетельствует о более эффективном использовании энергии топлива.

Анализ коэффициента энергетической эффективности $\eta_{эф}$ показывает, что автомобили с дизельными двигателями обладают более высокими показателями энергетической эффективности по сравнению с автомобилями с карбюраторными двигателями. Это обусловлено более высоким эффективным коэффициентом полезного действия дизельных двигателей и меньшими удельными энергетическими затратами транспортного процесса.

Следует отметить, что предложенный подход позволяет:

- выполнять сравнительную оценку автомобилей различных классов;
- определять удельную энергоёмкость транспортного процесса;
- оценивать рациональность выбора подвижного состава;
- прогнозировать эксплуатационные затраты;
- анализировать эффективность использования энергии топлива.

К ограничениям проведенного исследования следует отнести отсутствие учета:

- дорожного рельефа;

- динамических режимов движения;
- аэродинамического сопротивления;
- технического состояния автомобиля;
- изменения массы перевозимого груза;
- режимов разгона и торможения.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку комплексной модели энергетической эффективности автомобилей с учетом реальных условий эксплуатации и транспортной работы.

Выводы и заключения

1. Разработан метод оценки эффективности эксплуатации автомобилей на основе удельных энергетических характеристик топлива.
2. Предложены показатели удельного энергетического эквивалента топлива $E_{уд}^{экв}$, удельной энергии самопередвижения автомобиля $E_{уд}^{сн}$ и коэффициента энергетической эффективности $\eta_{эф}$.
3. Установлено, что удельная энергия самопередвижения автомобилей различных классов имеет близкие значения и составляет в среднем около 0,29 МДж/(т·км).
4. Показано, что автомобили большой грузоподъемности характеризуются меньшими удельными энергетическими затратами транспортного процесса.
5. Установлено, что автомобили с дизельными двигателями обладают более высокой энергетической эффективностью по сравнению с автомобилями с карбюраторными двигателями.
6. Выявлено, что КПД трансмиссии и ходовой части автомобилей с дизельными двигателями в целом выше, чем у автомобилей с карбюраторными двигателями.
7. Показатель удельной эффективности КПД трансмиссии уменьшается с увеличением массы автомобиля, поскольку для перемещения более тяжелых транспортных средств требуется больше энергии.
8. Показано, что использование удельных энергетических показателей позволяет объективно сравнивать эффективность эксплуатации автомобилей различных типов независимо от их конструктивных особенностей.
9. Предложенный подход может быть использован при выборе подвижного состава, оценке энергоэффективности перевозок и прогнозировании эксплуатационных затрат автомобильного транспорта.

Рецензент: Давлатшоев Р.А. — к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ЛПТУ им. акад. М.С.Осими

Литература

1. Великанов, Д.П. Избранные труды. Эффективность автомобильных транспортных средств и транспортной энергетики / Изд-во «Наука», М., 1989, – 196 с.
2. Сайдуллозода, С.С. Теоретические и практические аспекты оценки энергетических затрат автомобилей-самосвалов и модели их функционирования в карьерных условиях: монография / С.С. Сайдуллозода, К.В. Гаврилов. – Душанбе: Ирфон, 2025. – 164 с. – ISBN 978-99985–8232-3. – EDN ERLMRE.
3. Сайдуллозода, С.С. Оценка энергетических затрат автомобилей-самосвалов на основе модели их функционирования в горных условиях Республики Таджикистан: специальность 05.05.03 "Колесные и гусеничные машины": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сайдуллозода Сайвали Сайдулло. – Челябинск, 2022. – 174 с. – EDN UJQATX.
4. Коптилов, В.И. О комплексных показателях топливно-энергетической эффективности автомобиля / Автомобильная промышленность, 2012, №5 – С. 1517.
5. Коптилов, В.И. О комплексных показателях топливно-энергетической эффективности автомобиля / Автомобильная промышленность, 2012, №6 – С. 79.
6. Коптилов, В.И. О комплексных показателях топливно-энергетической эффективности автомобиля / Автомобильная промышленность, 2012, №7 – С. 1417.
7. Wang, H., High-Altitude Operation Effects on Transmission Efficiency of Heavy Vehicles, Lubrication Science, 2020.
8. Справочник экономиста-аграрника. / Василькова Т.М. и др. М.: КолосС, 2010

9. Баловнев, В.И. Автомобили и тракторы: краткий справочник / В.И. Баловнев, Р.Г. Данилов. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.
10. Токарев, А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля. – М.: Машиностроение, 1982. – 221 с.
11. Сайдуллозода, С.С. Оценка эффективности функционирования системы водитель-автомобиль-дорога-среда по энергетическим показателям / С.С. Сайдуллозода, К.В. Гаврилов, А.М. Умирзоков, А.Г. Уланов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 61-70. – DOI 10.14529/engin210406. – EDN FYNBSV.
12. Концептуальная модель оценки эффективности системы "Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда" / А.М. Умирзоков, К.Т. Мамбеталин, С.С. Сайдуллозода, А.А. Саибов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2019. – Т. 19, № 1. – С. 37-46. – DOI 10.14529/engin190104. – EDN YZSZCH.
13. Давлатшоев, Р.А. Оценка эффективности запасных тормозных систем различных компоновок при эксплуатации автомобилей в горных условиях Р.А. Давлатшоев, Б.Ж. Мажитов / Р.А. Давлатшоев, Б.Ж. Мажитов // Светоч науки. – 2025. – № 4. – С. 73-79. – EDN WOAUTU.
14. Мирзозода, С. Б. Цифровизация дорожной отрасли Таджикистана / С. Б. Мирзозода // Светоч науки. – 2025. – № 4. – С. 79-86. – EDN AIJCGH.
15. Мажитов, Б. Ж. Таҳлили таъсири ҳолати техникии ВНА ба беҳатарии ҳаракат дар роҳ / Б. Ж. Мажитов, Р. А. Давлатшоев, Н. М. Каримов // Фурӯғи илм. – 2025. – No. 4. – P. 86-91. – EDN JWAAGQ.
16. Пиров, Ж. Т. Влияние распределения транспортных потоков на скорость сообщения на трехполосных сегментах улично-дорожных сетей / Ж. Т. Пиров, Ш. А. Бозоров, Д. Д. Мухторов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2023. – № 1(61). – С. 148-152.

References

1. Velikanov, D.P. Selected Works. Efficiency of Motor Vehicles and Transport Energy. – Moscow: Nauka Publishing House, 1989. – 196 p.
2. Saidullozoda, S.S. Theoretical and Practical Aspects of Evaluating Energy Consumption of Dump Trucks and Their Operation Models under Quarry Conditions: Monograph / S.S. Saidullozoda, K.V. Gavrilo. – Dushanbe: Irfon, 2025. – 164 p. – ISBN 978-99985-8232-3. – EDN ERLMRE.
3. Saidullozoda, S.S. Assessment of Energy Consumption of Dump Trucks Based on Their Operation Model under Mountain Conditions of the Republic of Tajikistan: Specialty 05.05.03 "Wheeled and Tracked Vehicles": Dissertation for the Degree of Candidate of Technical Sciences. – Chelyabinsk, 2022. – 174 p.
4. Kopotilov, V.I. On Integrated Indicators of Fuel and Energy Efficiency of a Vehicle // Automotive Industry. – 2012. – No. 5. – P. 15–17.
5. Kopotilov, V.I. On Integrated Indicators of Fuel and Energy Efficiency of a Vehicle // Automotive Industry. – 2012. – No. 6. – P. 79.
6. Kopotilov, V.I. On Integrated Indicators of Fuel and Energy Efficiency of a Vehicle // Automotive Industry. – 2012. – No. 7. – P. 14–17.
7. Wang, H. High-Altitude Operation Effects on Transmission Efficiency of Heavy Vehicles // Lubrication Science. – 2020.
8. Handbook of the Agricultural Economist / T.M. Vasilkova et al. – Moscow: KolosS, 2010.
9. Balovnev, V.I. Automobiles and Tractors: A Brief Reference Book / V.I. Balovnev, R.G. Danilov. – Moscow: Publishing Center "Academy", 2008. – 384 p.
10. Tokarev, A.A. Fuel Efficiency and Traction-Speed Characteristics of Automobiles. – Moscow: Mashinostroenie, 1982. – 221 p.
11. Saidullozoda, S.S. Evaluation of the Efficiency of the Driver–Vehicle–Road–Environment System Functioning Based on Energy Indicators / S.S. Saidullozoda, K.V. Gavrilo, A.M. Umirzokov, A.G. Ulanov // Bulletin of the South Ural State University. Series: Mechanical Engineering. – 2021. – Vol. 21, No. 4. – P. 61–70. – DOI: 10.14529/engin210406. – EDN FYNBSV.
12. Umirzokov, A.M. Conceptual Model for Evaluating the Efficiency of the "Driver–Vehicle–Road–Environment" System / A.M. Umirzokov, K.T. Mambetalin, S.S. Saidullozoda, A.A. Saibov // Bulletin of the South Ural State University. Series: Mechanical Engineering. – 2019. – Vol. 19, No. 1. – P. 37–46. – DOI: 10.14529/engin190104. – EDN YZSZCH.
13. Davlatshoev, R.A. Evaluation of the Efficiency of Reserve Braking Systems of Various Configurations during Vehicle Operation in Mountain Conditions / R.A. Davlatshoev, B.Zh. Mazhitov // Svetoch Nauki. – 2025. – No. 4. – P. 73–79. – EDN WOAUTU.
14. Mirzozoda, S.B. Digitalization of the Road Industry of Tajikistan / S.B. Mirzozoda // Svetoch Nauki. – 2025. – No. 4. – P. 79–86.

15. Mazhitov, B.Zh. Analysis of the Influence of the Technical Condition of Vehicles on Road Traffic Safety / B.Zh. Mazhitov, R.A. Davlatshoev, N.M. Karimov // Furughi Ilm. – 2025. – No. 4. – P. 86–91.

16. Pirov, Zh.T. Influence of Traffic Flow Distribution on Travel Speed in Three-Lane Segments of Urban Road Networks / Zh.T. Pirov, Sh.A. Bozorov, D.D. Mukhtorov // Polytechnic Bulletin. Series: Engineering Research. – 2023. – No. 1(61). – P. 148–152.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Сайдуллозода Сайвали Сайдулло	Сайдуллозода Сайвали Сайдулло	Saidullozoda Saivali Saidullo
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after ac. M.S. Osimi
н.и.т., дотсент	к.т.н, доцент	Candidate of Technical Sciences
saivali.saidullo@mail.ru		
ORCID: 0000-0002-9663-2453		
TJ	RU	EN
Мажитов Бахриддин Жамилович	Мажитов Бахриддин Жамилович	Mazhitov Bakhriddin Zhamilovich
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after ac. M.S. Osimi
н.и.т., дотсент	к.т.н, доцент	Candidate of Technical Sciences
mjbahridin@mail.ru		
ORCID Id 0000-0002-4324-7033		
TJ	RU	EN
Мамбеталин Кахим Токушевич	Мамбеталин Кахим Токушевич	Mambetalin Kakhim Tokushevich
Донишгоҳи Кокшетау ба номи Ш. Уалихонов	Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова	Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov
д.и.т., профессор	д.т.н., профессор	Doctor of Technical Sciences, Professor
mr.kakhim@mail.ru		
ORCID Id 0000-0002-7409-5589		