

Подригало М.А.

Тарасов Ю.В.

Шейн В.С.

Харьковский национальный
автомобильно – дорожный университет

Радченко И.А.

Национальная академия
национальной гвардии Украины

Харьков, Украина,

Email: yuriy.ledd@gmail.com

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ И МЕТОДЫ ЕЕ ОЦЕНКИ

УДК: 629.113

Подригало М.А., Тарасов Ю.В., Шейн В.С., Радченко И.А. «Энергетическая эффективность автомобилей и методы ее оценки»

Полное использование энергии двигателя возможно при сведении к минимуму непроизводительных потерь в двигателе и трансмиссии. Такой подход обеспечивает получение высокой энергетической эффективности автомобиля. Ранее был предложен метод комплексной оценки влияния на энергетическую эффективность автомобилей совершенствования конструкций энергоустановок и применение альтернативных топлив с учетом полного жизненного цикла машин. Однако, не рассмотрено влияние мощности двигателя и не даны рекомендации по ее выбору на стадии проектирования автомобиля. Для более объективной оценки энергетических затрат ранее было предложено использовать понятие «энергетическая экономичность автомобиля» взамен топливной экономичности. Возникла необходимость расширения известного понятия эксплуатационного свойства – топливная экономичность возникла в связи с появлением новых альтернативных энергоустановок (электродвигатели, маховичные двигатели, гибридные энергоустановки и др.), что требует включения в него расхода не только тепловой энергии топлива, но и энергии других видов (электрической, механической). В качестве показателя энергетической экономичности автомобиля, так же исследовано возможность использования уменьшение запаса источника энергии за время прохождения мерного участка пути. Другим критерием предложено использовать обратную величину, т.е. путь, проходимый автомобилем при израсходовании мерного количества энергии источника. В работе исследован выбор и обоснование показателей энергетической эффективности автомобиля путем оценки затрат энергии двигателя на его движение. Проведен анализ взаимосвязей между энергетическими показателями динамичности и экономичности автомобилей.

Ключевые слова: динамические свойства, аэродинамическое сопротивление, удельная мощность двигателя, энергетическая экономичность автомобиля

Подригало М.А., Тарасов Ю.В., Шейн В.С., Радченко И.О. «Енергетична ефективність автомобілів і методи її оцінки»

Повне використання енергії двигуна можливо при зведенні до мінімуму непродуктивних втрат в двигуні і трансмісії. Такий підхід забезпечує отримання високої енергетичної ефективності автомобіля. Раніше був запропонований метод комплексної оцінки впливу на енергетичну ефективність автомобілів вдосконалення конструкцій енергоустановок і застосування альтернативних палив з урахуванням повного життєвого циклу машин. Однак, не розглянуто вплив потужності двигуна і не надано рекомендації щодо її вибору на стадії проектування автомобіля. Для більш об'єктивної оцінки енергетичних витрат раніше було запропоновано використовувати поняття «енергетична економічність автомобіля» замість паливної економічності. Виникла необхідність розширення відомого поняття експлуатаційної властивості - паливна економічність виникла в зв'язку з появою нових альтернативних енергоустановок (електродвигуни, маховикові двигуни, гібридні енергоустановки та ін.), Що вимагає включення в нього витрати не тільки теплової енергії палива, а й енергії інших видів (електричної, механічної). Як показник енергетичної економічності автомобіля, так само досліджено можливість використання зменшення запаса джерела енергії за час проходження мірного ділянки шляху. Іншим критерієм запропоновано використовувати зворотну величину, тобто шлях, прохідний автомобілем після витрачання мірного кількості енергії джерела. В роботі досліджено вибір і обґрунтування показників енергетичної ефективності автомобіля шляхом оцінки витрат енергії двигуна на його рух. Проведено аналіз взаємозв'язків між енергетичними показниками динамічності і економічності автомобілів.

Ключові слова: динамічні властивості, аеродинамічний опір, питома потужність двигуна, енергетична економічність автомобіля.

Podrigalo, MA, Tarasov, Yu.V., Shekin, V.S., Radchenko, I.O. "Energetic efficiency of automobiles and methods of assessment"

In addition, the energy of the Dvigun may be carried out at the start of the unproductive ministry of unproductive people in movement and transmission. Such a poddid obezpechue otrimannya high energy efficiency car. Early by compiling the method of a complex assessment, I will use energy efficiency of automobiles in congruence with the construction of power plants and the use of alternative fires in the uravvannym of the living cycle of machines. However, the production needs of the Dvigun and I haven't recommended recommendations for the car at the stages of the design of the car. For most of the active energy assessments, the Vitrata earlier was dictated by the author's understanding of the "energy saving of the car" by combining the economy. Vinikla neobhidnist rozshirennya vidomogo ponyattya ekspluatatsiyogo vlastivosti - palivna ekonomichnist vinikla in zv'yazku s appeared novih alternative energoustanovok (elektrodviguni, mahovikovi dvigun, gibridni energoustanovki that in.) Shcho vimagae inclusion in Demba vitrati not tilki teplovoi energii Fuel type, and the second energii inshih vidiv (electric, mechanical). The demonstration of energy efficiency of the automobile, so much more can be done for a change in the stock of energy in an hour of the year's progress. The nshim criterion is dictated by the vicorisovuvat to the magnitude of the magnitude, the tobtoh way, the prohidnyi avtomobilom p_slya vitrachannya mirnogo k_lkosti energii Dzherela. In robots dosibieno vibir i obgruntuvannya pokaznikiv energy effektivnosti avtomoblja razhelom otsinki vitrit energii dviguna on yogo ruh. An analysis was made of the interaction of volunteers with energy indicators of dynamism and economics of cars.

Keywords: dynamic power, aero-dynamic opiate, pitom dviguna power consumption, energy saving car.

Актуальность

Динамические свойства автомобилей определяются мощностью двигателя и ее затратами на преодоление внешних и внутренних сопротивлений. По данным, опубликованными Агентством охраны окружающей среды США-US Environmental Protection Agency примерное распределение энергии сгорания топлива в бензиновом двигателе легкового автомобиля, работающего в городских условиях, следующие:

- энергия сгорания топлива – 100%;
- потери энергии в двигателе – 62,4%;
- конвертированная энергия в механическую (на валу двигателя) – 37,6% (расход энергии на привод вспомогательных механизмов автомобиля – 2,2%; расход энергии на режиме холостого хода – 17,2%; расход энергии на потери в трансмиссии – 5,6%);
- энергия, приходящая на ведущие колеса автомобиля (обеспечение движения) – 12,6% (аэродинамическое сопротивление – 2,6 %; сопротивление качению колес – 4,2%; затраты на разгон автомобиля – 5,8%).

Предлагается рассмотреть обоснование показателей энергетической эффективности автомобиля путем оценки затрат энергии двигателя на его движение.

Анализ последних исследований

Появление электромобилей, гибридных автомобилей и автомобилей с инерционными аккумуляторами энергии требует замены показателей топливной экономичности на более общие показатели энергетической экономичности.

С точки зрения обеспечения последовательности решения научных проблем, связанных с топливной и энергетической экономичностью, необходимо начинать исследование с оценки затрат энергии двигателя на движение автомобиля. При этом, во многих работах, посвященных рассматриваемой проблеме, целый ряд источников дополнительных потерь энергии двигателя при движении автомобиля остается не исследованным.

Формулирование цели исследования

Целью исследования является анализ методов оценки энергетической эффективности автомобилей.

Для достижения поставленной цели необходимо определить показатели, которые позволят проводить сравнительный анализ показателей энергетической эффективности различных моделей автомобилей.

Результаты исследований

В наше время рациональное использование энергии двигателя возможно при сведении к минимуму непроизводительных потерь в двигателе и трансмиссии [1]. Такой подход обеспечивает получение высокой энергетической эффективности автомобиля [2]. По мнению Ю. Мацкерла [1] для экономного расходования энергии, прежде всего нужно выяснить минимальное ее количество, требующееся для преодоления сопротивления движению, и сравнить его с реально потребляемой энергией. Речь идет о сопротивлении качению колес, аэродинамическом сопротивлении, сопротивлению движению на подъеме и затратами на разгон автомобиля [1].

Энергетическая эффективность автомобиля во многом определяется степенью его аэродинамичности, которая стала атрибутом практически всех получивших признание дизайнерских решений [2]. Следует отметить, что предложенная еще Е.А.Чудаковым [3] формула (1) для расчета силы аэродинамического сопротивления P_w является приближенной.

$$P_w = \frac{C_x}{2} \rho F V_a^2, \quad (1)$$

Проведенные в работах [4, 5] исследования с использованием метода парциальных ускорений [4] позволили предложить более точную формулу

$$P_w = \frac{C_{xo}}{2} \rho F V_a^{2-n} = \frac{C_{xo}}{2} \rho F V_a^k, \quad (2)$$

где C_{xo} – величина лобового коэффициента аэродинамического сопротивления при $V_a=1$ м/с;

n – коэффициент, полученный опытным путем;

k – показатель степени при основании V_a (V_a измеряется в м/с);

$$k = 2 - n. \quad (3)$$

Для автомобиля ЗАЗ-1103 («Славута») в работах [4, 5] определено $k=0,885$ и $C_{xo}=3,252$ (м/с)ⁿ. Мощность, затрачиваемая на преодоление аэродинамического сопротивления

$$N_w = P_w V_a = \frac{C_{xo}}{2} \rho F V_a^{3-n} = \frac{C_{xo}}{2} \rho F V_a^k + 1, \quad (4)$$

На рис. 1 и рис. 2 представлены графики зависимости $P_w(V_a)$ и $N_w(V_a)$ для автомобиля ЗАЗ-1103 («Славута») при использовании зависимостей (1) и (2) [4]

При расчете по формуле (1) использовались заводские данные для автомобиля ЗАЗ-1103 («Славута») $C_x=0,375$; $F= 1.753 \text{ м}^2$ и $\rho = 0,8 \text{ кг/м}^3$ [23]

В работе [4] после анализа графиков, представленных на рис. 1 и рис. 2 сделан вывод о том, что для автомобиля ЗАЗ-1103 («Славута») при скорости $V_a = 35 \text{ м/с}$ (126 км/ч) расчет по формуле (2) дает информацию о снижении P_w от 492 Н до 81 Н по сравнению с результатами расчета по формуле (1). Соответствующие расчетные значения затрат мощности N_w снижаются от 17,245кВт до 2.841кВт, т.е. в 6 раз.

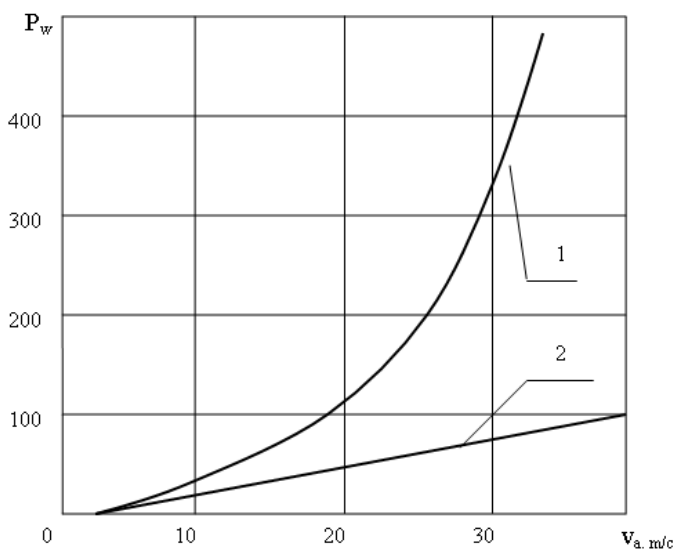


Рис.1 Зависимости $P_w(V_a)$ при: 1– расчет по формуле (1) 2– расчет по формуле (2) [4]

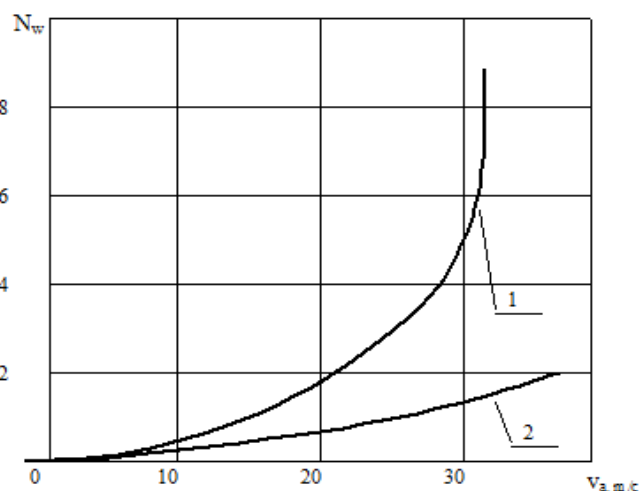


Рис. 2 Зависимости $N_w(V_a)$ при: 1– расчет с использованием формулы (1) 2– расчет по формуле (2) [4]

Однако и в настоящее время расчет аэродинамического сопротивления ведется по формуле (1), что не дает объективной оценке энергетической эффективности автомобилей.

Для оценки энергетической эффективности ряд авторов [6-9] предложили

использовать КПД автомобилей. Однако здесь возникла проблема. Если с определением затраченной энергии двигателем сомнений не возникало, то определение полезной работы вызвало определенные трудности. Одни авторы [9] предложили за полезную работу принимать работу по перемещению груза из пункта А в пункт В. При этом сопротивление воздуха P_w считалось силой не производственного сопротивления, которую можно уменьшить рациональным выбором аэродинамических параметров автомобиля.

Поскольку уменьшение непроизводительных затрат энергии способствует увеличению мощности, которую можно использовать для разгона автомобиля (улучшение динамики его разгона), то ряд авторов [10] предложили в качестве полезной работы принимать мощность, затрачиваемую на разгон автомобиля. В своей работе [11] А.А.Токарев предложил назвать отношение мощности, затрачиваемой на разгон к затраченной мощности двигателя приемистостью автомобиля.

Мощность двигателя, затрачиваемая на разгон автомобиля, может быть определена по следующей [12] зависимости:

$$N_{разг} = \frac{m_a V_a \dot{V}_a}{\eta_{mp}}, \quad (5)$$

За более чем вековую историю существования автомобиля неизменно осталось использование в качестве его силовой установки двигателя внутреннего сгорания, несмотря на относительно низкую эффективность использования в нем потенциальных энергетических возможностей нефтяного топлива [13]. Кроме того, ДВС генерирует неравномерность крутящего момента, что приводит к дополнительным затратам энергии.

Появление автомобилей с комбинированными энергетическими установками (гибридных автомобилей) позволяет уменьшить дополнительные потери энергии, вызванные неравномерностью крутящего момента за счет уменьшения амплитуды колебаний A_p тяговой силы.

Выбор мощности двигателя на этапе проектирования определяет энергетическую эффективность автомобиля. Вопросам нормирования показателей энергетической эффективности транспортных средств посвящена работа [14]. В указанной работе предложен метод комплексной оценки влияния на энергетическую эффективность автомобилей совершенствования конструкций энергоустановок и применение альтернативных топлив с учетом полного жизненного цикла машин. Проблеме обеспечения современных требований к энергетической эффективности автотранспортных средств посвящены работа М.В. Нагайцева [15]. Улучшению энергоэффективности транспортных машин за счет использования механических бесступенчатых передач с регулируемыми силовыми функциями посвящена работа А.А. Благодирова и А.В. Юркевича [16], в которой предложены механизмы, позволяющие сглаживать колебания в трансмиссии. При этом осуществлялось повышение КПД трансмиссии. Однако, в указанных работах [13-15] не рассмотрено влияние мощности двигателя и не даны рекомендации по ее выбору на стадии проектирования автомобиля.

Традиционно, при проектировании автомобиля [3] максимальную мощность двигателя выбирают по заданным величинам максимальной скорости $V_{a_{max}}$ и полной массе

m_{Π}

$$N_{e_{max}} = V_{a_{max}} \frac{\left(m_{\Pi} g \psi_V + \frac{C_x}{2} \rho F V_{a_{max}}^2 \right)}{\eta_{mp}}, \quad (6)$$

где ψ_V – коэффициент суммарного дорожного сопротивления, реализуемый при $V_a = V_{a_{max}}$.

Однако, если рассматривать современные автомобили, то при максимальной мощности установленных на них двигателей, последние способны развивать максимальную скорость, значительно превышающую допустимые значения для существующих дорог. Очевидно, что высокие значения $N_{e_{max}}$ у современных автомобилей позволяют реализовывать высокие значения ускорений при трогании с места, разгоне и совершении различных маневров. Исследования реальных скоростей и ускорений легковых автомобилей в городском и загородном режимах движения позволили авторам работы [17] предложить методику выбора максимальной мощности двигателя:

$$N_{e_{max}}^* = N_{e_1} + N_{e_2}, \quad (7)$$

где N_{e_1} – мощность двигателя, реализуемая при установившемся режиме движения в городском цикле;

$$N_{e_1} = \frac{\bar{V}_{a_{уст}} \left(m_{II} g \psi + \frac{C_x}{2} g F \bar{V}_{a_{уст}}^2 \right)}{\eta_{TP}}; \quad (8)$$

$\bar{V}_{a_{уст}}$ – математическое ожидание средней установившейся скорости движения автомобиля в городских условиях;

N_{e_2} – мощность двигателя, необходимая для реализации максимальных линейных ускорений V_{amax} автомобиля в городских условиях; при использовании соотношения (5)

$$N_{e_2} = \frac{m_{II} \bar{V}_{a_{уст}} \dot{V}_{a_{max}}}{\eta_{TP}}. \quad (9)$$

При подходе, предложенном в работе [17], максимальная скорость автомобиля должна выбираться из условия:

$$N_{e_{max}} = N_{e_{max}}^*. \quad (10)$$

и, в случае надобности, максимальная мощность двигателя может корректироваться в сторону увеличения.

Для предварительной оценки мощности двигателя на этапе проектирования используют показатель – удельная мощность автомобиля [17]. Авторы по разному трактуют указанный показатель. Например, в источнике [18] по удельной мощностью автомобиля понимают отношение снаряженной массы к эффективной мощности двигателя. Чем меньше отношение массы к мощности, тем больше величина ускорения, интенсивнее разгон и выше способность автомобиля к преодолению подъема.

В работе [19] удельная мощность автомобиля определяется отношением максимальной эффективной мощности двигателя $N_{e_{max}}$ к полной массе автомобиля m_{II}

$$N_{y\partial} = \frac{N_{e_{max}}}{m_{II}}. \quad (11)$$

Автомобили, предназначенные для работы на дорогах с твердыми покрытиями, имеют удельную мощность, находящуюся в пределах [19] $N_{y\partial} = 15-50$ кВт/т.

Меньшие значения удельной мощности соответствуют микролитражным

автомобілям с умеренними максимальними скоростями. Удельная мощность автомобилей высшего класса производства США и гоночных автомобилей достигает $N_{y\delta} = 150-700$ кВт/т [19]. На рис. 3 приведены графики зависимости удельной мощности грузовых автомобилей и автопоездов с дизельными двигателями от скорости [19].

Анализ графиков, приведенных на рис. 3 показывает, что с ростом массы автомобиля происходит уменьшение показателя $N_{y\delta}$. Это возможно только в случае, если для всех рассмотренных автомобилей принято одинаковое значение $N_{e_{max}}$. И, скорее всего, при выполнении расчетов учитывалось не $N_{e_{max}}$, а текущее значение эффективной мощности, необходимое для преодоления определенного дорожного сопротивления. Таким образом, показатели удельной мощности автомобиля не в полной мере характеризуют динамические свойства автомобиля, поскольку не учитывают его скоростные возможности.

Учитывая это обстоятельство, авторы работы [19] предложили новый показатель – уровень энергетической нагруженности автомобилей, определяемый следующей зависимостью:

$$Y_w = \frac{2N_{e_{max}}}{m_{II}V_{a_{max}}^2} \quad (12)$$

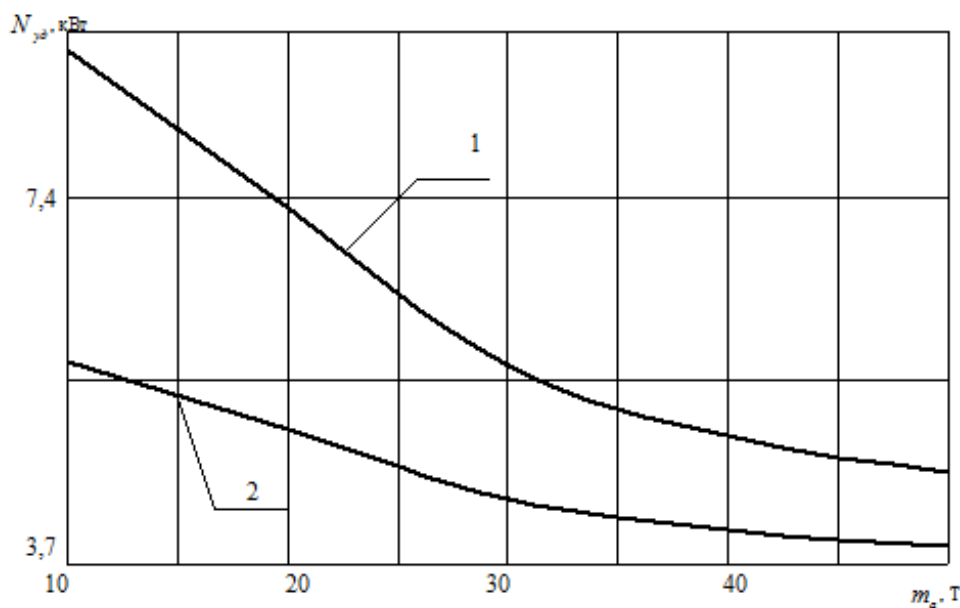


Рис.3 Удельная мощность грузовых автомобилей и поездов с дизельными двигателями: 1– холмистая местность; 2– равнина [19]

В правой части уравнения (12) приведены все параметры, определяющие энергетические (мощностные), скоростные и динамические показатели автомобиля. В таблице 1 приведены результаты статистического анализа показателей Y_w легковых автомобилей различных лет выпуска [20]. Для сравнения в этой же таблице приведены расчеты показателя $N_{y\delta}$ для тех же моделей автомобилей.

Анализ результатов расчета показателей Y_w и $N_{y\partial}$, проведенный в работе [20], показал, что показатель Y_w по сравнению с $N_{y\partial}$ имеет меньшее рассеивание.

Авторы работы [20] предложили также показатель энергетической эффективности автомобиля, представляющий собой величину, обратную уровню энергетической нагруженности, т.е.

$$\mathcal{E}_w = \frac{1}{Y_w} = \frac{m_{II} V_{a_{max}}^2}{2N_{e_{max}}}. \quad (13)$$

Размерность показателя \mathcal{E}_w – это Дж/Вт (кДж/кВт).

Если перейти от производных единиц СИ к основным, то мы получим размерность времени (секунда). Таким образом, предложенный авторами работы [20] показатель энергетической эффективности представляет собой время разгона автомобиля от $V_a=0$ до максимальной скорости $V_{a_{max}}$ при условии, что вся максимальная эффективная мощность автомобиля затрачивается только на его разгон. В таблице 1.1 также приведены значения показателя \mathcal{E}_w для рассмотренных моделей автомобиля, однако, в указанных [18-20] литературных источниках отсутствуют рекомендации по разработке нормативных требований к энергетической эффективности автомобилей. Следует сразу отметить, что в выражениях (12) и (13) основные параметры автомобиля (m_{II} ; $V_{a_{max}}$ и $N_{e_{max}}$) в разной степени влияют на величины Y_w и \mathcal{E}_w . Поэтому, на наш взгляд, необходимо разработать комплексный показатель, в котором все параметры (m_{II} ; $V_{a_{max}}$ и $N_{e_{max}}$) оказывали бы одинаковое влияние на конечный результат.

Для более объективной оценки энергетических затрат нами было предложено [4] использовать понятие «энергетическая экономичность автомобиля» взамен топливной экономичности. Необходимость расширения известного понятия эксплуатационного свойства – топливная экономичность возникла в связи с появлением новых альтернативных энергоустановок (электродвигатели, маховичные двигатели, гибридные энергоустановки и др.), что требует включения в него расхода не только тепловой энергии топлива, но и энергии других видов (электрической, механической). Предложенные [4] показатели, на основе которых возможна разработка нормативов (критериев) энергетической экономичности автомобилей.

Таблица 1

Влияние параметров легковых автомобилей на уровень их энергетической нагруженности

Модель автомобиля	Год выпуска	Макс. скорость		Макс. мощность		Полная масса, кг	Максимальная кинетическая энергия, кДж	Y_w Вт / Дж	$N_{y\partial}$ кВт/т	\mathcal{E}_w Дж/Вт
		м/с	км/час	л.с.	кВт					
ЗАЗ-966	1968	33,33	120	43	32	1080	600	0,053	28,63	18,87
М-408	1964	33,33	120	50	36,75	1330	739	0,050	27,63	20,00
М-412	1967	38,89	140	75	55	1340	1013	0,054	41,04	18,52

Продолжение таблицы 1

BA3-2101	1970	38,89	140	60	44	1345	1017	0,043	32,71	23,26
BA3-2112	2004	47,22	170	91	66,7	1500	1672	0,040	44,77	25,00
GA3-21	1965	36,11	130	75	55	1875	1224	0,045	29,33	22,22
GA3-24	1968	40,28	145	98	72	1825	1480	0,049	39,45	20,41
GA3-13	1959	44,44	160	195	143	2625	2592	0,055	54,48	18,18
ЗИЛ-111	1963	47,22	170	200	147	3130	3489	0,042	46,96	23,81
ЗИЛ-114	1967	52,77	190	300	220	3610	5026	0,044	60,94	22,73
HONDA	1999	66,67	240	241	177	1535	3411	0,052	115,3	19,23
VOLVO	2004	58,33	210	180	132	2100	3572	0,037	62,86	27,03

Выводы

На наш взгляд, при прогнозировании и оценке динамических свойств автомобилей рациональным является использование энергетических показателей автомобиля, для чего необходимо разработать соответствующие критерии оценки.

Анализ результатов расчета показателей V_w и $N_{y\partial}$, проведенный в таблице 1, показал, что показатель V_w по сравнению с $N_{y\partial}$ имеет меньшее рассеивание. Математическое ожидание (оценка средней величины) $V_w = 0,047$ Вт/Дж, а среднее квадратическое отклонение $V'_{yw} = \pm 0,006$ Вт/Дж, коэффициент вариации $V_{yw} = \pm 0,128$ [20]. Для этих же моделей автомобилей среднее значение удельной мощности $\bar{N}_{y\partial} = 48,67$ кВт/т, среднее квадратическое отклонение $V'_{yw} = \pm 22,95$ кВт/т, коэффициент вариации $V_N = \pm 0,471$. Результат показывает, что показатель V_w имеет меньшее рассеивание, чем $N_{y\partial}$. Кроме того, величина V_w не коррелируется с годом выпуска автомобиля, что позволяет использовать указанный показатель на этапе проектирования автомобилей. Следует только задать рациональное нормативное значение этого показателя.

Список использованных источников

1. Мацкерле Ю. Современный экономичный автомобиль / Ю. Мацкерле. Пер. с чешского. – М.: Машиностроение, 1987.-320 с.
2. Гащук П.Н. Теоретичні основи аналізу та синтезу оптимальних енергоперетворюваних властивостей автотранспортних засобів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.02.02 «Машинознавство» / П.Н. Гащук. - Львів, 1997. – 48 с.
3. Чудаков Е.А. Теория автомобиля / Е.А. Чудаков. – М.: Машгиз, 1950.– 343с.
4. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / [Н.П. Артемов, А.Т. Лебедев, М.А. Подригало, А.С.Полянский, Д.М.Клец, А.И.Коробко, В.В.Задорожная]; под ред. М.А.Подригало. – Х.:Міськдрук, 2012. – 220с.

5. Коробко А.И. Усовершенствование методов и метрологического обеспечения проведения динамических испытаний автомобиля: дис. На получение степени канд. техн. наук: 05.01.02 / Коробко Андроей Иванович. – Х. 2013. – 176 с.
6. Евсеев П.П. Некоторые вопросы энергетики автомобиля / П.П. Евсеев. Сборник научно-технических разработок. – К.:ЗАТ «Вікол», 2006. – 236 с.
7. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Говорущенко. – М., Транспорт, 1990.-135с.
8. Токарев А.А. Еще раз о КПД автомобиля/ А.А. Токарев //Автомобильная промышленность. – 1997. - №9. – С.18-21
9. Кириченко И.Г. Оценка коэффициента полезного действия колесных машин на транспортных операциях / И.Г. Кириченко, Н.М. Подригало // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. ХГАДТУ. – 1998. – Вып.1 – С.26-28
10. Подригало М.А. Коэффициент динамичности и КПД легкового автомобиля / М.А. Подригало, Д.М. Клец, А.И. Коробко, А.Н. Мостовая // Вестник ХНАДУ: сб. научн. тр. – 2010. – Вып. 49. – С. 29-34.
11. Токарев А.А. Приемистость автомобиля / А.А. Токарев // Автомобильная промышленность. – 1979. - №5. - С. 350.
12. Подригало М.А. Новое в теории эксплуатационных свойств автомобилей и тракторов / М.А. Подригало – Х. : Академия ВВ МВС Украины, 2013. – 222 с.
13. Эткин Д.М. О топливной экономичности массовых автомобилей в США, ее регулировании и путях повышения (по материалам публикаций) / Д.М. Эткин// Журнал автомобильных инженеров. – 2009. - №5 (58). – М.: Изд-во ООО «Издательский Дом ААИ ПРЕСС» - С.10-15.
14. Козлов А.В. Современные требования к уровню энергетической эффективности транспортных средств / А.В. Козлов // Журнал автомобильных инженеров. – М.: ООО «Издательский Дом ААИ ПРЕСС»; 2014. - №1 (84). – С. 28-33
15. Нагайцев М.В. Современные мировые требования к энергетической эффективности автотранспортных средств и пути ее обеспечения в России / М.В.Нагайцев// Журнал автомобильных инженеров. – М.: Изд-во ООО «Издательский Дом ААИ ПРЕСС»; 2014. - №4 (87) – С.32 – 37.
16. Благодоров А.А. Повышение энергоэффективности транспортных машин при использовании механических бесступенчатых передач с регулируемым силовыми функциями / А.А. Благодоров, А.В. Юркевич // Журнал автомобильных инженеров. – М. : «Издательский Дом ААИ ПРЕСС»; 2017. - №2 (103) – С.18 – 21.
17. Динамічні властивості і стабільність функціонування автотранспортних засобів / [Д.В. Абрамов, Н.М. Подригало, М.А.Подригало, О.С. Полянський, В.Л. Файст]; під ред. М.А. Подригало і О.С. Полянського. – Х.: ХНАДУ, 2014. – 204 с.
18. BOSCH Автомобильный справочник. Перевод с англ. первое русское издание. – М.: За рулем, 2000. – 896 с.
19. Бухарин Н.А. Автомобили / Н.А. Бухарин, В.С. Прозоров, М.М.Щукин. – М.- Л.: Машиностроение, 1973. – 504 с.
20. Мазин А.С. Оценка энергетической нагруженности автомобилей / А.С. Мазин, Р.О. Кайдалов, М.А. Подригало // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Х. : НАНГУ, 2017. – Випуск 2 (30). – С. 28-36

References

1. Matskerle Yu. Sovremennyiy ekonomichnyiy avtomobil / Yu. Matskerle. Per. s cheshskogo. – M.: Mashinostroenie, 1987.-320 s.
2. Gaschuk P.N. Teoretichni osnovi analizu ta sintezu optimalnih energoperetvoryuvanih vlastivostey avtotransportnih zasobiv: avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupenya dokt. tehn. nauk: spets. 05.02.02 «Mashinoznnavstvo» / P.N. Gaschuk. - LvIv, 1997. – 48 s.
3. Chudakov E.A. Teoriya avtomobilya / E.A. Chudakov. – M.: Mashgiz, 1950.– 343s.
4. Metod partialnyh uskorenny i ego prilozheniya v dinamike mobilnyh mashin / [N.P. Artemov, A.T. Lebedev, M.A. Podrigalo, A.S.Polyanskiy, D.M.Klets, A.I.Korobko, V.V.Zadorozhnaya]; pod red. M.A.Podrigalo. – H.:MIsdruk, 2012. – 220s.
5. Korobko A.I. Uovershenstvovanie metodov i metrologicheskogo obespecheniya provedeniya dinamicheskikh ispytaniy avtomobilya: dis. Na poluchenie stepeni kand. tehn. nauk: 05.01.02 / Korobko Androey Ivanovich. – H. 2013. – 176 s.
6. Evseev P.P. Nekotoryie voprosyi energetiki avtomobilya / P.P. Evseev. Sbornik nauchno-tehnicheskikh razrabotok. – K.:ZAT «Vikol», 2006. – 236 s.
7. Govoruschenko N.Ya. Ekonomiya topliva i snizhenie toksichnosti na avtomobilnom transporte / N.Ya. Govoruschenko. – M., Transport, 1990.-135s.
8. Tokarev A.A. Esche raz o KPD avtomobilya/ A.A. Tokarev //Avtomobilnaya promyshlennost. – 1997. - #9. – S.18-21
9. Kirichenko I.G. Otsenka koeffitsienta poleznogo deystviya kolesnyh mashin na trasportnyh operatsiyah / I.G. Kirichenko, N.M. Podrigalo // Avtomobilnyiy transport: sb. nauchn. tr. HGADTU. – 1998. – Vyip.1 – S.26-28
10. Podrigalo M.A. Koeffitsient dinamichnosti i KPD legkovogo avtomobilya / M.A. Podrigalo, D.M. Klets, A.I. Korobko, A.N. Mostovaya // Vestnik HNADU: sb. nauchn. tr. – 2010. – Vyip. 49. – S. 29-34.
11. Tokarev A.A. Priemistost avtomobilya / A.A. Tokarev // Avtomobilnaya promyshlennost. – 1979. - #5. - S. 350.
12. Podrigalo M.A. Novoe v teorii ekspluatatsionnyh svoystv avtomobiley i traktorov / M.A. Podrigalo – H. : Akademiya VV MVS Ukrainyi, 2013. – 222 s.
13. Etkin D.M. O toplivnoy ekonomichnosti massovyh avtomobiley v SShA, ee regulirovani i putyah povyisheniya (po materialam publikatsiy) / D.M. Etkin// Zhurnal avtomobilnyh inzhenerov. – 2009. - #5 (58). – M.: Izd-vo OOO «Izdatelskiy Dom AAI PRESS» - C.10-15.
14. Kozlov A.V. Sovremennyye trebovaniya k urovnyu energeticheskoy effektivnosti transportnyh sredstv / A.V. Kozlov // Zhurnal avtomobilnyh inzhenerov. – M.: OOO «Izdatelskiy Dom AAI PRESS»; 2014. - #1 (84). – C. 28-33
15. Nagaytsev M.V. Sovremennyye mirovyie trebovaniya k energeticheskoy effektivnosti avtotransportnyh sredstv i puti ee obespecheniya v Rossii / M.V.Nagaytsev// Zhurnal avtomobilnyh inzhenerov. – M.: Izd-vo OOO «Izdatelskiy Dom AAI PRESS»; 2014. - #4 (87) – C.32 – 37.
16. Blagonravov A.A. Povyishenie energoeffektivnosti transportnyh mashin pri ispolzovanii mehanicheskikh besstupenchatykh peredach s reguliruemymi silovymi funktsiyami / A.A. Blagonravov, A.V. Yurkevich // Zhurnal avtomobilnyh inzhenerov. – M. : «Izdatelskiy Dom AAI PRESS»; 2017. - #2 (103) – S.18 – 21.
17. Dinamichni vlastivosti i stabilnist funktsionuvannya avtotransportnih zasobiv / [D.V. Abramov, N.M. Podrigalo, M.A.Podrigalo, O.S. Polyanskiy, V.L. Fayst]; pId red. M.A. Podrigalo i O.S. Polyanskogo. – H.: HNADU, 2014. – 204 s.

18. BOSCH Avtomobilnyiy spravochnik. Perevod s angl. pervoe russkoe izdanie. – M.: Za rulem, 2000. – 896 s.
19. Buharin N.A. Avtomobili / N.A. Buharin, V.S. Prozorov, M.M.Schukin. – M.-L.: Mashinostroenie, 1973. – 504 s.
20. Mazin A.S. Otsenka energeticheskoy nagruzhennosti avtomobiley / A.S. Mazin, R.O. Kaydalov, M.A. Podrigalo // ZbІrnik naukovih prats NatsІonalnoYi akademIYi NatsІonalnoYi gvardIYi UkraYini. – H. : NANGU, 2017. – Vipusk 2 (30). – С. 28-36