

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

²Винницкий национальный технический университет

³Национальная академия Национальной Гвардии Украины, г. Харьков

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение энергии, затрачиваемой на движение, является признаком ухудшения технического состояния автомобиля. Увеличение непроизводительных затрат мощности и энергии двигателя обусловлено падением КПД моторно-трансмиссионной установки, изменением геометрии ходовой части автомобиля, нарушением углов установки и дисбалансом колес, ухудшением амплитудно-частотных характеристик подвески.

Увеличение непроизводительных затрат энергии приводит к ухудшению показателей динамических свойств автомобилей, что проявляется при разгоне, повороте и в режиме установившегося движения.

В настоящей статье обоснован энергетический подход к оценке технического состояния и функциональной стабильности автомобилей.

Ухудшение технического состояния приводит к увеличению сопротивления движению автомобиля и снижению запаса мощности на ведущих колесах

Запас мощности на колесах необходим для совершения маневра, представляющего собой управляемый переходный процесс.

Реакция автомобиля на управляющее воздействие и характер протекания переходного процесса позволяют оценить устойчивость и управляемость автомобиля. Производить оценку технического состояния гидропривода колесных и гусеничных машин по изменению параметров состояния при переходных процессах предложено в работе [1].

Для того, чтобы производить оценку технического состояния автомобиля по показателям управляемости, необходимо различать теоретические (расчетные), начальные (при нулевой наработке автомобиля) и эксплуатационные (при заданном пробеге) показатели.

Применительно к повороту автомобиля авторы работ [2, 3] предложили классификацию критериев оценки, свойств маневренности колесных машин. Здесь следует еще раз уточнить связь между понятием «показатель» и «критерий». В энциклопедическом словаре [4] дано следующее определение показателя: «Явление или событие, по которому можно судить о ходе какого-нибудь процесса». Критерий [4] (от греч. *kriterion* – средство, суждение), признак, на основании которого производится оценка, определение или классификация чего-либо; мерило оценки.

Анализ классификации свойств маневренности автомобилей, приведенных в работах [2, 3], показал, что все показатели и критерии управляемости можно разделить на кинематические, силовые (динамические), энергетические и обобщенные

Энергетический показатель маневренности, предложенный в работах [2, 3], характеризует относительное увеличение кинетической энергии, необходимое для сохранения средней скорости v_{a1} поступательного движения автомобиля. В данном случае указанное увеличение кинетической энергии необходимо для перехода в кинетическую энергию вращательного движения. Кинетическая энергия поступательного движения автомобиля в этом случае остается неизменной. Такой подход наталкивает на мысль о том, что кинетическая энергия поступательного движения может являться показателем энергетического уровня автомобиля.

При ухудшении технического состояния автомобиля необходимы большие (чем для технически исправного состояния) затраты энергии двигателя для поддержания заданного уровня кинетической энергии поступательного движения машины. При установившемся движении скорость автомобиля совершает колебания относительно своего среднего значения. Колеблется и уровень кинетической энергии, что приводит к дополнительным затратам энергии двигателя. Дополнительные затраты энергии, возникающие при установившемся движении автомобиля, исследованы в работах [5–10].

Дополнительные затраты энергии необходимы и для выполнения автомобилем маневра – поворота или разгона. Снижение запаса мощности на ведущих колесах приводит к снижению показателей маневренности и управляемости автомобилей. В работах [2, 3] в качестве показателя управляемости предложено использовать линейные (при разгоне) и угловые ускорения, возникающие при выполнении автомобилем поворота. По этим показателям также можно оценивать техническое состояние автомобиля. Следует отметить, что при сравнении показателя управляемости с его предельными (по какому-либо условию) или нормативными значениями осуществляется критериальная оценка управляемости и технического состояния автомобиля. Предельные или нормативные значения показателя управляемости в этом случае являются критериями. При сравнении между собой показателей управляемости различных автомобилей, либо показателей управляемости одного автомобиля, при различной наработке, эти показатели, по отношению друг к другу, становятся критериями.

Целью исследования является обоснование научно-методической базы оценки технического состояния по энергетическим критериям.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачу выбора и обоснования показателей и критериев энергетической оценки технического состояния автомобилей.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Уровень кинетической энергии поступательного движения автомобиля может являться показателем энергетической нагруженности автомобиля. Как показывают результаты ранее проведенных исследований [7–10], между кинетической энергией и дополнительными затратами энергии при движении автомобиля существует взаимосвязь. Существует она и при равномерном движении. Следует отметить, что равномерное движение (в идеальном смысле слова) автомобиля, реализовать не возможно, поскольку как тяговая сила, так и силы сопротивления имеют колебательный характер изменения. Реализуется установившийся режим движения автомобиля, который, в отличие от равномерного, происходит с постоянной средней, а не мгновенной скоростью. Определим указанную взаимосвязь, для чего рассмотрим уравнение тяговой динамики автомобиля.

$$\delta_{ep} m_a \frac{dv_a}{dt} = P_k - m_a g \psi - \frac{c_x}{2} \rho F v_a^2, \quad (1)$$

где m_a – масса автомобиля; v_a – линейная скорость автомобиля; P_k – тяговая сила; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; δ_{ep} – коэффициент учета вращающихся масс двигателя и трансмиссии; ψ – коэффициент суммарного дорожного сопротивления; c_x – коэффициент лобового аэродинамического сопротивления; ρ – плотность воздуха; F – модель автомобиля.

При равномерном движении автомобиля $\frac{dv_a}{dt} = 0$, и уравнение (1) можно преобразовать к виду

$$P_k = m_a g \psi + \frac{c_x}{2} \rho F v_a^2. \quad (2)$$

При умножении правой и левой частей уравнения (2) на линейную скорость v_a получим

$$N_k = P_k v_a = \left(m_a g \psi + \frac{c_x}{2} \rho F v_a^2 \right) v_a = \frac{m_a v_a^2}{2} \left(\frac{2g\psi}{v_a} + \frac{c_x \rho F v_a}{m_a} \right) = \frac{m_a v_a^2}{2} K_{ocn}, \quad (3)$$

где N_k – мощность на ведущих колесах; K_{ocn} – коэффициент, связывающий величину мощности на ведущих колесах автомобиля с кинетической энергией поступательного движения;

$$K_{осн} = \frac{2g\psi}{v_a} + \frac{c_x \rho F v_a}{m_a}. \quad (4)$$

Чем меньше величина $K_{осн}$, тем при меньших затратах мощности двигателя на преодоление сил внешнего сопротивления движения будет поддерживаться заданный уровень кинетической энергии поступательного движения автомобиля.

Величина $K_{осн}$, как видно из выражения (4), имеет минимум, который может быть определен из условия

$$\begin{cases} \frac{dK_{осн}}{dv_a} = 0; \\ \frac{d^2 K_{осн}}{dv_a^2} > 0 \quad - \text{при } v_a = v_{a_{рац}}, \end{cases} \quad (5)$$

где $v_{a_{рац}}$ – рациональная скорость, при которой $d^2 K_{осн}/dv_a^2 = 0$.

В результате поиска оптимума получим

$$v_{a_{рац}} = \sqrt{\frac{2g\psi m_a}{c_x \rho F}}. \quad (6)$$

Вторая производная $d^2 K_{осн}/dv_a^2$ по скорости величины $K_{осн}$ больше нуля, что свидетельствует о минимуме. После подстановки выражения (6) в уравнение (4), получим

$$K_{осн} = (K_{осн})_{\min} = 2\sqrt{\frac{2g\psi c_x \rho F}{m_a}}. \quad (7)$$

Выражения (4), (6), (7) являются основой для диагностирования основных потерь энергии автомобиля при установившемся движении. В работе [11] определено, что величина $c_x \rho F/m_a$ для грузовых и легковых автомобилей составляет $3 \cdot 10^{-4} 1/м$, а для автобусов – $2 \cdot 10^{-4} 1/м$.

На рис. 1 приведены графики зависимости $v_{a_{рац}}(\psi)$ При различных значениях $\frac{c_x \rho F}{m_a}$

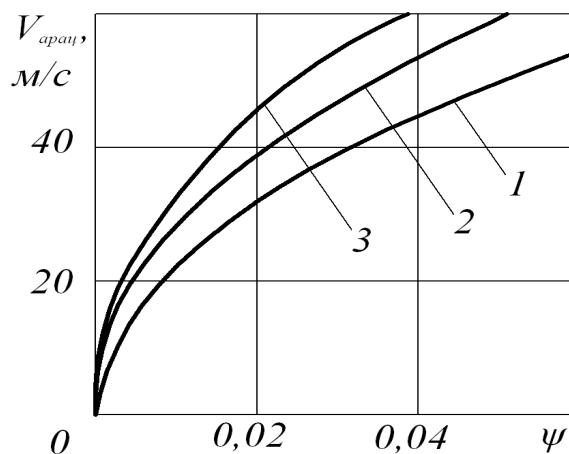


Рисунок 1 – Зависимость $v_{арав}(\psi)$ при различных значениях $\frac{c_x \rho F}{m_a}$:

$$1 - 0,0004 \frac{1}{M}; \quad 2 - 0,0003 \frac{1}{M}; \quad 3 - 0,0002 \frac{1}{M}.$$

На рис 2 представлена зависимость $(K_{осн})_{\min}$ от суммарного коэффициента дорожного сопротивления ψ при различных значениях $\frac{c_x \rho F}{m_a}$.

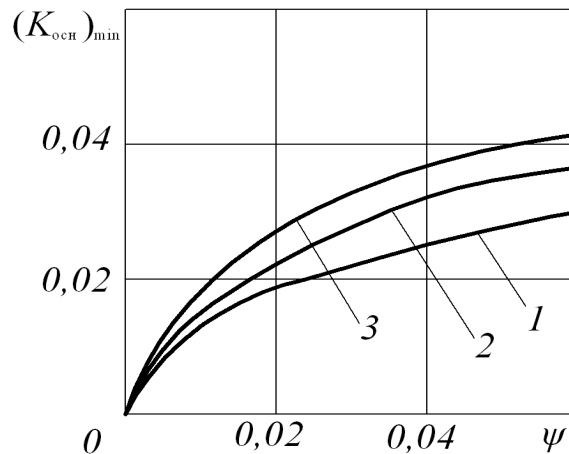


Рисунок 2 – Зависимость $(K_{осн})_{\min} = f(\psi)$:

$$1 - \frac{c_x \rho F}{m_a} = 0,0002 \frac{1}{M}; \quad 2 - \frac{c_x \rho F}{m_a} = 0,0003 \frac{1}{M}; \quad 3 - \frac{c_x \rho F}{m_a} = 0,0004 \frac{1}{M}$$

Анализ графиков, приведенных на рис. 2, показывает, что при нормировании коэффициента связи $K_{осн}$ можно принимать его равным ψ .

Работу тяговой силы на ведущих колесах при установившемся движении автомобиля можно определить как

$$A_x = N_k \cdot t = \frac{m_a v_a^2}{2} \cdot K_{осн} \cdot t = \frac{m_a v_a^2}{2} K_{осн}, \quad (8)$$

где $K_{осн_s}$ – коэффициент связи между работой тяговой силы и кинетической энергии поступательного движения автомобиля; t – время.

$$K_{осн_s} = K_{осн} \cdot t; \quad (9)$$

Определим соотношение между уровнем кинетической энергии и линейным ускорением автомобиля при маневре – разгоне. В работе [12] определена взаимосвязь между ускорением \dot{v}_a автомобиля и частью мощности на колесах $N_{кр}$, затрачиваемой на разгон

$$N_{кр} = m_a v_a \dot{v}_a. \quad (10)$$

Проведя преобразование, получим

$$N_{кр} = \frac{m_a v_a^2}{2} \left(\frac{2 \dot{v}_a}{v_a} \right) = \frac{m_a v_a^2}{2} K_{разг}, \quad (11)$$

где $K_{разг}$ – коэффициент связи между кинетической энергией и начальным линейным ускорением автомобиля при разгоне:

$$K_{разг} = \frac{2\dot{v}_a}{v_a}. \quad (12)$$

Указанный показатель может использоваться как при оценке технического уровня нового автомобиля, так и при оценке технического состояния машины после определенного пробега. Нормирование при оценке технического состояния автомобиля должно сводиться к определению максимально допустимого значения $K_{разг} = (K_{разг})_{max}$. При выполнении расчетов необходимо учитывать максимальную, т. е. полную, массу автомобиля.

В работах [5–10] определены коэффициенты связи между уровнем кинетической энергии автомобиля и дополнительными затратами энергии, обусловленными влиянием различных факторов, в том числе, технического состояния автомобиля. Эти коэффициенты могут быть использованы при нормировании показателей технического состояния автомобиля.

ВЫВОДЫ

1. Предлагаемый научно-методический подход позволяет не только осуществлять квалиметрическую оценку управляемости и маневренности автомобилей, но и проводить оценку их технического состояния по энергетическим показателям и критериям.
2. Уровень кинетической энергии поступательного движения может быть использован в качестве единицы измерения основных и дополнительных затрат энергии на движение автомобиля.
3. Предложенный коэффициент связи между затратами мощности двигателя на преодоление сил внешнего сопротивления движению и кинетической энергией поступательного движения позволяет определить рациональную скорость автомобиля, при которой этот коэффициент имеет минимальное значение.
4. Максимальное значение коэффициента связи может нормироваться при диагностировании автомобиля по энергетическим показателям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динамика транспортно-тяговых колесных и гусеничных машин / Е. Е. Александров, Д. О. Волонцевич, В. А. Карпенко, А. Т. Лебедев [и др.]. – Харьков : ХГАДТУ, 2001. – 642 с.
2. Динамика автомобиля / Подригало М. А., Волков В. П., Бобошко А. А. [и др.]. – Харьков : ХНАДУ, 2008. – 424 с.
3. Бобошко А. А. Нетрадиционные способы маневрирования колесных машин / А. А. Бобошко. – Харьков : ХНАДУ, 2006. – 172 с.
4. Советский энциклопедический словарь / А. М. Прохоров, М. С. Гиляров, Е. М. Жуков [и др.] – М.: Советская энциклопедия, 1980.- 1600 с.
5. Подригало М. А. Оценка дополнительных энергетических потерь при установившемся движении транспортно-тяговых машин / М. А. Подригало, Н. П. Артемов, Д. В. Абрамов, М. Л. Шуляк // Вісник національного технічного університету «ХПІ» : збірник наукових праць. Серія: автомобіле- та тракторобудування. – 2015. – № 9 (1118). – С. 98–107
6. Подригало М. А. Энергетический аспект обеспечения маневренности автомобилей / М. А. Подригало, Д. М. Клец // Автомобильная промышленность. – 2013. – № 7. – С. 10–13.
7. Мазин А. С. Влияние колебаний направляющих колес автомобиля в горизонтальной плоскости на затраты энергии двигателя / А. С. Мазин // Збірник наукових праць національної академії Національної гвардії України. – Харьков : НАНГУ, 2015. – Вып. 1 (25). – С. 21–25.
8. Подригало М. А. Влияние дисбаланса и окружного люфта направляющих колес автомобиля на затраты энергии двигателя / М. А. Подригало, А. С. Мазин // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Харьков : НАНГУ, 2015. – Вып. 2 (26). – С. 10–14
9. Подригало М. А. Влияние колебаний неподрессоренных масс автомобиля на дополнительные затраты энергии двигателя / М. А. Подригало, А. С. Мазин, В. И. Гацько // Вестник ХНАДУ : сборник научных трудов. – Харьков : ХНАДУ, 2016. – Вып. 75. – С. 158–164

10. Мазін О. С. Оцінка додаткових витрат енергії двигуна на виконання автомобілем повороту / О. С. Мазін // Наукові нотатки : Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»). – Луцьк, 2017. – Вип. 57 (січень-березень). – С. 111–114
11. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. А. Карпенко [и др.]. – Харьков : ХНАДУ, 2003. – 614 с.
12. Подригало М. А. Тяговый баланс или дисбаланс автомобиля? (в порядке обсуждения) / М. А. Подригало // Автомобильная промышленность. – 2010. – № 5. – С. 23–26.

REFERENCES

1. Dynamics of transport-traction wheeled and caterpillar machines / Aleksandrov E. E., Volontsevich D. O., Karpenko V. A., Lebedev A. T., Peregon V. A., Samorodov V. B., Turenko A. N. - Kharkov: Publishing House of the Kharkov State Technical University, 2001. - 642 p.
2. Vehicle dynamics / Podrigalo M. A., Volkov V. P., Boboshko A. A., Pavlenko V. A., Faist V. L., Klets D. M., Redko V. V. - Kharkov: Izdat – KhNADU, 2008.- 424 p.
3. Boboshko A. A. Non-traditional ways of maneuvering wheeled vehicles / Boboshko A. A. - Kharkov: KhNADU Publishing House, 2006. - 172 p.
4. Soviet encyclopedic dictionary / A. M. Prokhorov, M. S. Gilyarov, E. M. Zhukov and others - Moscow: Soviet Encyclopedia, 1980.- 1600 p.
5. Podrigalo M. A. Estimation of additional energy losses in the steady motion of transport-traction machines / M. A. Podrigalo, N. P. Artemov, D. V. Abramov, M. L. Shulyak // News of the National Technical University // Bulletin of the National Technical University "KhPI" Collection of scientific works. Series: automobile and tractor construction. - No. 9 (1118) 2015. - P. 98-107.
6. Podrigalo M. A. Energy aspect of ensuring the maneuverability of cars / M. A. Podrigalo, D. M. Klets // Automobile industry. – 2013. - №7. - P. 10-13.
7. Mazin A. S. Influence of oscillations of the steering wheels of a car in the horizontal plane on the energy consumption of the engine / A. S. Mazin // Collection of scientific works of the National Academy of the National Guard of Ukraine. - Kharkiv: NANU. 2015. - Issue 1 (25). - P. 21.25
8. Podrigalo M. A. Influence of unbalance and circumferential backlash of the steering wheels of the car on the energy consumption of the engine / M. A. Podrigalo, A. S. Mazin // Collection of scientific works of the National Academy of the National Guard of Ukraine. - Kharkov: NANU, 2015. - Vip. 2 (26). - P. 10-14
9. Podrigalo M. A. Influence of oscillations of unsprung masses of a car on additional expenditures of engine energy / Podrigalo M. A., Mazin A. S., Hatsko V. I. // Vestnik KHNADU. Collection of scientific papers. - Issue 75. - Kharkov: HNADU, 2016. - P. 158-164.
10. Mazin O. S. Estimation of additional energy consumption of an engine for a turning car / O. S. Mazin // Scientific notes. Intercollegiate collection (by branches of knowledge "Technical sciences") - Vip. 57 (January-March), 2017: Lutsk, 2017.- P. 111-114.
11. Stability of the operational properties of wheeled vehicles. M. A. Podrigalo, V. P. Volkov, V. A. Karpenko and others. Kharkov: from Khvedu, 2003- 614p.
12. Podrigalo M. A. Traction balance or vehicle imbalance? (in order of discussion) / M. A. Podrigalo // Automobile industry, 2010.-№5- P. 23-26.

М. А. Подригало¹, О. А. Бобошко¹, В. І. Гацько¹, А. А. Кашканов², О. С. Мазін³

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²Вінницький національний технічний університет

³Національна академія Національної Гвардії України, м. Харків

У статті обґрунтовано енергетичний підхід до оцінки технічного стану та функціональної стабільності автомобілів. Обрані й обґрунтовані показники і критерії енергетичної оцінки технічного стану автомобілів. Запропоновано коефіцієнт зв'язку між витратами потужності двигуна на подолання сил зовнішнього опору руху і кінетичною енергією поступального руху, який дозволяє

визначити раціональну швидкість автомобіля. Максимальне значення певного коефіцієнта зв'язку може нормуватися при діагностуванні автомобіля за енергетичними показниками.

Об'єкт дослідження – показники і критерії енергетичної оцінки технічного стану автомобілів.

Мета роботи – розробка коефіцієнта зв'язку між витратами потужності двигуна на подолання сил зовнішнього опору руху і кінетичної енергією поступального руху.

Результатом роботи є визначення коефіцієнта зв'язку, який може нормуватися при діагностуванні автомобіля за енергетичними показниками.

Ключові слова: критерії енергетичної оцінки, тягова динаміка автомобіля, коефіцієнт зв'язку, кінетична енергія поступального руху автомобіля, лінійне прискорення автомобіля.

Подригало Михайло Абович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: pmikhab@gmail.com

Бобошко Олександр Андрійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри деталей машин і теорії механізмів і машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Гацько Василь Іванович, кандидат технічних наук, докторант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: ivanovich87.90@gmail.com

Кашканов Андрій Альбертович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: a.kashkanov@gmail.com

Мазін Олексій Сергійович, аспірант, інженер кафедри автомобільної техніки, Національна академія Національної Гвардії України, e-mail: Almaz75@i.ua

M. Podrigalo¹, O. Boboshko¹, V. Hatsko¹, A. Kashkanov², A. Mazin³

THE ENERGY APPROACH TO ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF A CAR

¹Kharkiv National Automobile and Road University

²Vinnitsia National Technical University

³National Academy of National Guard of Ukraine, Kharkiv

The paper substantiates the energy approach to assessing the technical condition and functional stability of cars. The indicators and criteria for the energy assessment of the technical condition of cars have been selected and substantiated. The coefficient of the connection between the engine's power consumption for overcoming the forces of external resistance to motion and the kinetic energy of translational motion, which allows us to determine the rational speed of the car, is proposed. The maximum value of a certain coupling factor can be normalized when the vehicle is diagnosed by energy indicators.

The object of the study is indicators and criteria for the energy assessment of the technical condition of cars.

The aim of the work is to develop a coupling coefficient between the engine's power consumption to overcome the forces of external resistance to motion and the kinetic energy of translational motion.

The result of this work is the determination of the coupling factor, which can be normalized when the vehicle is diagnosed by energy performance.

Key words: energy evaluation criteria, traction dynamics of the car, coupling coefficient, kinetic energy of the translational motion of the car, linear acceleration of the car.

Podrigalo Mikhail, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Machine Building and Machine Repair, Kharkiv National Automobile and Road University, e-mail: pmikhab@gmail.com

Boboshko Oleksandr, Candidate of Technical Sciences, associate professor, assistant professor of machine parts and theory of mechanisms and machines, Kharkiv National Automobile and Road University

Gatsko Vasyl, Ph.D., Ph.D. student, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: ivanovich87.90@gmail.com

Kashkanov Andriy, Candidate of Technical Sciences, associate professor, associate professor, Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: a.kashkanov@gmail.com

Mazin Aleksey, postgraduate student, engineer of the Department of Automobile Engineering, National Academy of the National Guard of Ukraine, e-mail: Almaz75@i.ua

М. А. Подригало¹, А. А. Бобошко¹, В. И. Гацько¹, А. А. Кашканов², А. С. Мазин³

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

²Винницкий национальный технический университет

³Национальная академия Национальной Гвардии Украины, г. Харьков

В статье обоснован энергетический подход к оценке технического состояния и функциональной стабильности автомобилей. Выбраны и обоснованы показатели и критерии энергетической оценки технического состояния автомобилей. Предложен коэффициент связи между затратами мощности двигателя на преодоление сил внешнего сопротивления движению и кинетической энергией поступательного движения, который позволяет определить рациональную скорость автомобиля. Максимальное значение определенного коэффициента связи может нормироваться при диагностировании автомобиля по энергетическим показателям.

Объект исследования – показатели и критерии энергетической оценки технического состояния автомобилей.

Цель работы – разработка коэффициента связи между затратами мощности двигателя на преодоление сил внешнего сопротивления движению и кинетической энергией поступательного движения.

Результатом работы является определение коэффициента связи, который может нормироваться при диагностировании автомобиля по энергетическим показателям.

Ключевые слова: критерии энергетической оценки, тяговая динамика автомобиля, коэффициент связи, кинетическая энергия поступательного движения автомобиля, линейное ускорение автомобиля.

Подригало Михаил Абович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии машиностроения и ремонта машин, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: pmikhab@gmail.com

Бобошко Александр Андреевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры деталей машин и теории механизмов и машин, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Гацько Василий Иванович, кандидат технических наук, докторант, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: ivanovich87.90@gmail.com

Кашканов Андрей Альбертович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, Винницкий национальный технический университет, e-mail: a.kashkanov@gmail.com

Мазин Алексей Сергеевич, аспирант, инженер кафедры автомобильной техники, Национальная академия Национальной Гвардии Украины, e-mail: Almaz75@i.ua