Механика Транспорт Комуникации

ISSN 1312-3823 (print)
ISSN 2367-6620 (online)
том 21, брой 3/1, 2023 г.

Научно списание **http://www.mtc-aj.com** **статия № 2415**

МЕТОДИКА ЗА ОЦЕНКА НА ТЕХНИЧЕСКОТО СЪСТОЯНИЕ НА АВТОМОБИЛА ПО НЕГОВОТО УСКОРЕНИЕ

Славчо Божков[1], Мариан Мутафчиев[2]
stbozhkov@vtu.bg, marian_mutafchiev@abv.bg
Роман Петров[3]
roman.petrov@novsu.ru

[1]Катедра "Транспортна техника"
[2]Катедра "Подемно-транспортни и строителни машини и съоръжения"
Висше транспортно училище "Тодор Каблешков" – София
ул. "Гео Милев" №158, 1574 София
БЪЛГАРИЯ
[3]Institute of Electronic and Information Systems, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, 173003 Veliky Novgorod
RUSSIA

Ключови думи: *методика, оценка, ускорение, автомобил*

Резюме: *Съвременните автомобили се отличават с високи изисквания към мощността, икономичността и екологичната ефективност на двигателя. Постигането на тези изисквания е основна цел на автомобилните производители, и критерий на потребителите. От своя страна мощностните, икономичните и екологичните параметри на автомобила има тясна взаимовръзка и могат да се изменят, както при производството, така и при техническата експлоатация на автомобилите. Тяхното определяне често е свързано с различни методи, които дават информация за общото техническо състояние на автомобила. Един от тези методи е измерването на ускорението на автомобила, което е пряк индикатор за мощността на двигателя и оценка за автомобила. В статията се разглежда методика за оценка на техническото състояние на автомобила по неговото ускорение.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Техническото състояние на автомобилите е изключително важен фактор за избор на конкретен модел автомобил, оценка на разходите за поддръжка и ремонт, решение за прекратяване на експлоатацията на автомобила и др. В тази връзка съществуват множество методи за определянето на техническото състояние на автомобила, като например, стендови, полигонни, чрез сравняване с други автомобили, чрез измерване на диагностични параметри, вредни емисии и др. [1,2,3,4,5] В повечето случаи тези методи позволяват определянето на техническото състояние при неподвижен автомобил и празен ход на двигателя. Изключение прави динамометричното изпитване с помощта на специален динамометричен стенд, което дава задоволителни резултати, но се провежда при специални симулационни условия, скъпоструващи стендове, сложно оборудване, поради което има недостатъчно

разпространение. От друга страна измерването на ускорението на автомобила, като време за ускорение от 0 до 100 km/h се извършва с достъпни технически средства, при реални условия на движение и може да се провежда с необходимата честота за ежегодна, сезонна, или текуща оценка при сравняване с каталожните данни на производителя. Ускорението на автомобила е показател, зависещ от правилното функциониране на комплекса двигател-трансмисия-ходова част и дава обща оценка за техническото му състояние.

МЕТОДИКА

1) Условия за провеждане

При провеждането на изпитанието за ускорение на автомобила се спазват правилата, определени от производителя или съответния стандарт, например SAE J1491_200607 [6], който регламентира условията за провеждане на измерването на ускорението на автомобила. За практическото провеждане на изпитването е задължително спазването на следните условия:

1.1. Закон за движението по пътищата [7] – спазване на максимално допустимата скорост за дадения пътен участък. Забранено е провеждането на изпитването при пътни участъци, на които разрешената скорост е по-ниска от 100 km/h. Тук се отчита и съобразената скорост, т.е. скоростта, съобразена с особеностите на пътното покритие, натовареността на движението, видимостта, метеорологичната обстановка и други, влияещи върху пътната безопасност фактори.

1.2. Прав сух пътен участък с асфалтово покритие с отсъствие на вълни и неравности, с пътен наклон не по-голям от 1%.

1.3. Провеждане на изпитването с 1 водач в двете посоки на пътния участък. При наличие на други пътници в автомобила от времето за ускорение се изважда по 1 секунда на всеки пътник, но за получаване на точен резултат трябва да се спазва горното условие.

1.4. Провеждане на изпитването в светлата част на денонощието, при температура на въздуха от 5^0C до 38^0C, без наличие на насрещен или страничен вятър и мъгла. При скорост на вятъра над 16 km/h или пориви над 20 km/h, както и при мъгла, дъжд, сняг, ограничена и намалена видимост изпитването не се провежда.

1.5. Налягането на въздуха в гумите да е според предписанията в каталожната информация на автомобила или отчетено от маркировката на самата гума. Ресурсът на протектора не трябва да е по-малък от 75% или дълбочината на протектора не трябва да е по-малка от 3 mm.

1.6. Автомобилът да е в пълна комплектация, без допълнително монтирани или снети компоненти. Присъединяването на измервателното оборудване не трябва да изменя конструкцията на автомобила, нито да пречи при управлението му. Горивото, маслото, охладителната течност и другите експлоатационни материали в автомобила трябва да са съобразени със заводските изисквания без допълнителни добавки и подобрители. Двигателят на автомобила и/или тяговата батерия трябва да бъдат предварително приведени в нормална работна температура.

1.7. Изпитването се провежда при определен режим на автомобила, хибрида или електромобила, които могат да бъдат Нормал, Еко, Спорт, и др., в зависимост от модификацията.

2) Измервателно оборудване

При измерването на времето за ускорение на автомобила вогат да се използват различни измервателни прибори: хронометри, акселерометри, навигационно оборудване, бордово оборудване и др. В последно време определени предимства имат GPS приборите за измерване на пътните показатели на автомобила. Минималните

изисквания [8] към измервателното оборудване са представени в табл.1. Освен посочените в табл.1 стойности, важно значение имат и следните показатели:

- Измерване на пробег.
- Измерване на време.
- Измерване на хоризонтална и вертикална скорост.
- Измерване на надлъжно, напречно и вертикално ускорение.
- Съвместимост с измерване при пътни изпитвания на автомобила.
- Съвместимост с различни видове модели и марки автомобили, хибриди и електромобили.
- Автономно захранване.
- Запис на измерваните резултати
- Компактно и мобилно оборудване
- Безопасност при работа при всички етапи и прибори от оборудването
- Възможност за надграждане и развитие

Таблица 1. Минимални изисквания към измервателното оборудване

Величина	Точност	Деление
Време	± 0,1 s	0,1 s
Скорост	± 0.1 km/h	0,1 km/h
Температура	± 1 °C	1 °C
Атмосферно налягане	± 1.0 mm Hg	1.0 mm Hg
Скорост на вятъра	± 3% при 10 m/s	1 m/s
Посока на вятъра	± 2 °	1 °
Влажност	± 2 %	1 %
Налягане на гумите	± 0,034 bar (±0,5 psi)	0,034 bar (0,5 psi)
Ток (електромобили)	± 1 A	0,1 A
Напрежение (електромобили)	± 1,0 V	0,1 V
Честота на опресняване на данните		10 Hz

3) Измервани резултати

При изпитването на ускорението на автомобила от 0 до 100 km/h се измерват и записват следните резултати:

-дата и часа на изпитването;

-текуща скорост на автомобила, km/h;

-изминат път от автомобила, km;

-време за ускорение, s;

-ускорение (надлъжно, напречно и вертикално), m/s^2;

-пътен наклон, m или %.

Също така при хибридни автомобили и електромобили се измерва температурата на тяговата батерия (°C), напрежението под товар на батерията (V), товарният ток (A). Допълнително, когато измерването се прави на полигон или със специализирани изпитвателни центрове се измерват параметрите на околната среда, като температура на въздуха, температура на пътя, скорост на вятъра, посока на вятъра, атмосферно налягане. Тези параметри се отчитат в началото и края на изпитването.

4) Критерии за оценка

Критериите за оценка на техническото състояние на автомобила, определяно по неговото ускорение се подразделят на сравнителни, графични, диапазонни и теглителни.

4.1. Сравнителен критерий C_a

При него се извършва сравняване на измереното време за ускорение на изпитвания автомобил със зададеното време за ускорение от заводските данни или технически спецификации, което се представя като процентна разлика [9]:

(1) $C_a = \frac{t_{зад} - t_{изм}}{t_{зад}}.100$, %.

където: $t_{зад}$ е зададеното време за ускорение на автомобила, s;

$t_{изм}$ – измереното време за ускорение на автомобила, s.

Съгласно научната литература [10] приемливата стойност на процентната разлика е ± 10%., т.е.:

(2) $-10\% \le C_a \le 10\%$.

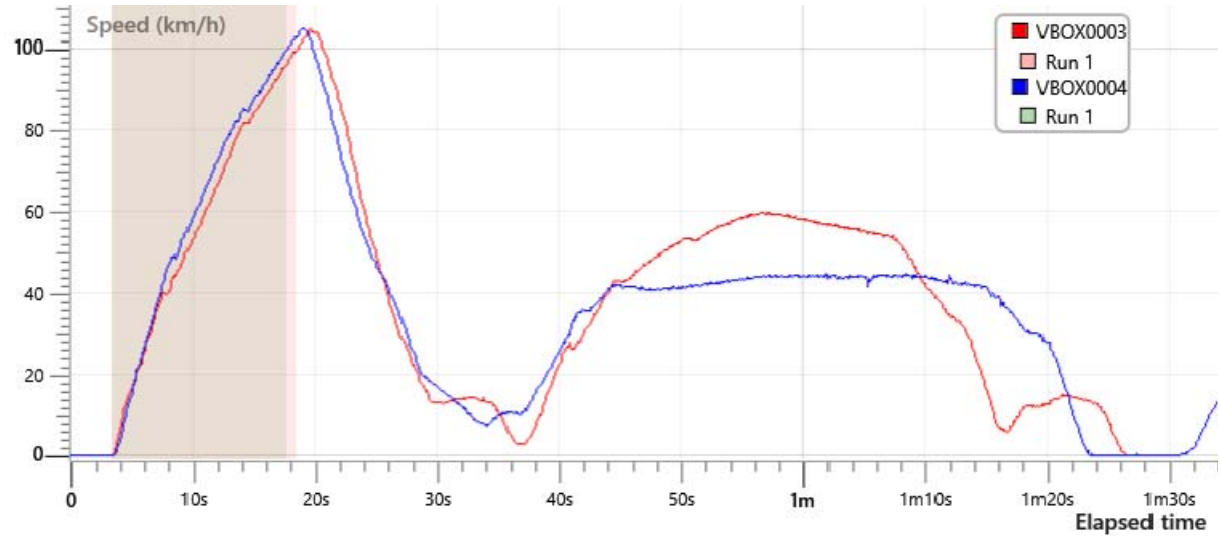
С отчитане на практическите особености може да се установи допустимата стойност на процентната разлика за сравнителния критерий на ускорението на автомобила:

(3) $-20\% \le C_a \le 20\%$.

Увеличаването на стойността на критерия C_a над посочените в израз (3) означава настъпило общо износване на автомобила.

4.2. Графичен критерий $Г_a$

При него се извършва графична оценка на характеристиката на ускорението на изпитвания автомобил. Тази оценка е възможна при наличие на заводски или еталонни характеристики на ускорението, които да се сравнят с измерената. При отсъствие на еталонни характеристики може да се снеме характеристика от нов автомобил от същата марка и модел и да се използва като еталон при изпитването. На фиг.1 е представена експериментално снета характеристика на ускоряването на конкретен автомобил Mercedes E200 Kompressor.



Фиг.1. Характеристика на ускорението на конкретен автомобил

Защрихованата област съответства на изпитването за ускорение от 0 до 100 km/h. При първият опит е реализирана червената крива ($Г_{a1}$), а при вторият опит – синята крива ($Г_{a2}$) на ускорението. Видно е, че графичният критерий $Г_{a2}$ е по-добър от $Г_{a1}$.

4.3. Диапазонен критерий $Д_a$

С помощта на този критерий се оценя ускорението на автомобила в различни скоростни диапазони. Приети са следните диапазони и техните фактори, представени в

табл.2. В ниският диапазон скоростта се изменя от 0 до 30 km/h и в този диапазон решаващ фактор и инерционното съпротивление на изпитвания автомобил, тъй като той трябва да се приведе в движение от състояние на покой. При средния диапазон към инерционното съпротивление се добавя и пътното съпротивление, изразено в загуби от търкаляне (еластична деформация) на пневматичните гуми, които се изразяват в тяхното загряване. Във високия диапазон се добавя и въздушното съпротивление. Във всеки от тези диапазони може да се извърши измерване на ускорението, респ. времето за ускорение до съответната скорост и да се извършва сравнителна оценка и анализ.

Таблица 2. Скоростни диапазони

Диапазон	Скорост	Фактор
Нисък	0-30 km/h	Инерционно съпротивление
Среден	30-60 km/h	Инерционно съпротивление Пътно съпротивление
Висок	60-100 km/h	Инерционно съпротивление Пътно съпротивление Въздушно съпротивление

4.4. Теглителен критерий T_a

Теглителният критерий дава възможност за изчисляване на въртящият момент на двигателя на изпитвания автомобил, съобразно стойностите на измереното ускорение при различните диапазони или проведени опити по формулата:

(4) $P_a = F_a \upsilon_a = m_a a_a \upsilon_a = M_e \omega_e \iota_m$,

където: P_a е мощността на автомобила, W;

F_a – теглителната сила на автомобила, N;

υ_a – скоростта на автомобила, m/s;

m_a – масата на автомобила, kg;

a_a – ускорението на автомобила, m/s^2;

M_e – въртящия момент на двигателя на автомобила, Nm;

ω_e – ъгловата скорост на двигателя на автомобила, rad/s;

ι_m – предавателното число на трансмисията на автомобила.

Израз (4) може да се преобразува във вида:

(5) $M_e = \dfrac{m_a a_a \upsilon_a}{\omega_e \iota_m} = \dfrac{m_a a_a \upsilon_a}{\omega_e \iota_0 \iota_n}$,Nm,

където ι_0 е предавателното число на главното предаване;

ι_n – предавателното число на предавката в предавателната кутия.

Скоростта на автомобила υ_a се отчита от контролните прибори на автомобила или от измервателното оборудване при достигане на ъгловата скорост ω_e на двигателя, съответстваща на максималния въртящ момент, която е посочена в заводските данни на автомобила. Изчислената стойност на максималния въртящ момент на двигателя (електродвигателя) на изпитвания автомобил се сравнява със заводската по израза:

(6) $T_a = \dfrac{M_{e,зад} - M_{e,изм}}{M_{e,зад}} .100$, %.

Увеличаването на стойността на критерия T_a над 20% означава настъпило общо износване на автомобила.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изградена е методика за оценка на техническото състояние на автомобила по неговото ускорение.

Предложени са сравнителни, графични, диапазонни и теглителни критерии за оценка за общо и специфично оценяване на изпитвания автомобил.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящото изследване е осъществено при реализирането на договор №80/06.04.2023 към ВТУ "Тодор Каблешков" – София по проект на тема "Изграждане на съвместна научно-практическа лаборатория „Движение"" – втори етап.

ЛИТЕРАТУРА:

[1]Konrad R. Fundamentals of Automotive and Engine Technology. ISBN 978-3-658-03971-4, Springer Vieweg, 2014

[2]Slavcho Bozhkov, Marian Mutafchiev, Ivan Milenov, Penko Bozhkov, M.I. Bichurin, R.V. Petrov. Method for determination of the hybrid electric vehicle energy efficiency in urban transportation // Вестн. Новг. гос. ун-та. Сер.: Технические науки. 2019. УДК 681.586.785, 2019, DOI: https://doi.org/10.34680/2076-8052.2019.4(116).4-8

[3]Sensors 2017, 17(6), 1271; https://doi.org/10.3390/s17061271

[4]Dieter Schramm, Benjamin Hesse, Niko Maas, Michael Unterreiner. Vehicle Technology: Technical foundations of current and future motor vehicles, De Gruyter, 2020

[5]David Crolla, Automotive Engineering: Powertrain, Chassis System and Vehicle Body, Butterworth-Heinemann, 2009

[6]https://www.sae.org/standards/content/j1491_200607/

[7]https://rta.government.bg/upload/9167/zdvp.pdf

[8]Test Specification – Acceleration and Deceleration Testing, ©2015 by Center for Evaluation of Clean Energy Technology, Phoenix, Arizona, https://avt.inl.gov/sites/default/files/pdf/reports/IntertekTestSpecAccelDecelTesting.pdf

[9]https://web.archive.org/web/20100615192147/http://www.physics.ncsu.edu/courses/pylabs/205N_208N_MeasurementandErrors.pdf

[10]https://sciencenotes.org/error-in-science/

METHODOLOGY FOR THE AUTOMOBILE ESTIMATION BY THE AUTOMOBILE ACCELERATION

Slavcho Bozhkov[1], Marian Mutafchiev[2]
Roman Petrov[3]
[1]Assoc.Proffesor, Eng., PhD, Department of Transport Equipment,
[2]Assoc.Proffesor, Eng., PhD, Department of Material Handling and Construction Machines,
Todor Kableshkov University of Transport
Geo Milev str. 158, 1574 Sofia
BULGARIA
[3]Institute of Electronic and Information Systems, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, 173003 Veliky Novgorod
RUSSIA

Key words: *methodology, estimation, acceleration, automobile*

Abstract: *Modern automobiles are distinguished by high demands on power, economy, and environmental efficiency of the engine. Achieving these requirements is the main goal of automobile manufacturers, and a criterion for consumers. On the other hand, the power, economic and ecological parameters of the automobile have a close relationship and can be changed, both during the production and during the technical operation of the vehicles. Their determination is often associated with different methods that give information about the general technical condition of the car. One of these methods is the measurement of the acceleration of the automobile, which is a direct indicator of the power of the engine and the rating of the car. In the article, a method for evaluating the technical condition of the automobile by its acceleration is discussed.*