

**Мисюра М.І.**

Харківський національний  
автомобільно-дорожній університет,  
E-mail: 957nim@gmail.com

**Кривошей Б.І.**

Національний університет цивільного  
Захисту України  
E-mail: kryvoshei.boris@gmail.com

## ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛІВ ЗА ВИБІГОМ

УДК 621.891

*Мисюра М.І., Кривошей Б.І. «Діагностування технічного стану автомобілів за вибігом»*

*Розглянуто питання підвищення ефективності визначення технічного стану легкового автомобіля в умовах експлуатації.*

*Для обґрунтування можливості підвищення ефективності роботи двохосьових транспортних засобів в експлуатаційний період використано метод математичного моделювання руху двохосьового автотранспортного засобу, на автомобільних дорогах загального користування, що мають доволі складний рельєф, з урахуванням дії складових сили аеродинамічного опору. Встановлено, що в разі виконання періодичних виконань розгону та вибігу двохосьовим автотранспортним засобом в рельєфних умовах щоденного руху є потенційна можливість своєчасно визначити необхідність проведення технічного обслуговування АТЗ на спеціалізованих станціях, з використанням дорогого обладнання, що в результаті дозволить підтримувати технічний стан на належному рівні.*

*Крім того, в зв'язку з прогнозованим зростанням загальної кількості транспортних засобів та неповного розвитку мережі спеціалізованих станцій технічного обслуговування, а також їх пропускної здатності, до забезпечення відповідного технічного стану автомобілів пред'являються підвищені вимоги.*

*Теоретичні дослідження проведено на математичній моделі визначення технічного стану легкового двохосьового транспортного засобу при різних початкових швидкостях руху, що змінюються в межах 0-100 км/год. Встановлено, що залежно від величини швидкості вітру та напрямку його руху величина зміни вибігу може досягати значних величин до 5...7%.*

*Аналіз відносної зміни швидкості та напрямку руху повітря на дорозі при проведенні випробувань показав, що швидкість змінюється від 1,77 до 3,12 м/с на протязі 5 хвилин та напрям руху вітру змінювався з півдня на північ з відхиленнями приблизно  $\pm 30^\circ$ .*

*Однак, при цьому повинні бути задіяні пристрої, які відстежують зміну швидкості вітру на час проведення випробування транспортного засобу.*

**Ключові слова:** вибіг, зіставлення, експеримент, опір повітря, розгін, сумарний дорожній опір, тяговий баланс, тягова сила, час.

*Мисюра Н.И., Кривошей Б.И. «Диагностика технического состояния автомобилей по выбегу»*

*Рассмотрен вопрос повышения эффективности определения технического состояния легкового автомобиля в условиях эксплуатации.*

*Для обоснования возможности повышения эффективности работы двухосных транспортных средств в эксплуатационный период использован метод математического моделирования движения автотранспортного средства, на автомобильных дорогах общего пользования, которые имеют достаточно сложный рельеф, с учетом действия составляющих силы аэродинамического сопротивления. Установлено, что в случае выполнения периодических разгона и вибега автотранспортным средством в реальных условиях ежедневного движения появляется потенциальная возможность своевременно определить необходимость проведения технического обслуживания АТЗ на специализированных станциях, с использованием дорогого оборудования, которое в результате позволит поддерживать техническое состояние на должном уровне.*

*Кроме того, в связи с прогнозируемым ростом общего количества транспортных средств и неполного развития сети специализированных станций технического обслуживания, а также их пропускной способности, к обеспечению соответствующего технического состояния автомобилей пред'являются повышенные требования.*

*Теоретические исследования проведены на математической модели определения технического состояния легкового двухосного транспортного средства при разных начальных скоростях движения, которые изменяются в пределах 0-100 км/ч. Установлено, что в зависимости от величины скорости ветра и направления его движения величина изменения вибігу может достигать значительных величин к 5...7%.*

*Анализ относительного изменения скорости и направления движения воздуха на дороге при проведении испытаний показал, что скорость изменяется от 1,77 до 3,12 м/с на протяжении 5 минут и направление движения ветра изменялось из юга на север с отклонениями приблизительно  $\pm 30^\circ$ . Однако, при этом должны быть задействованные устройства, которые отслеживают изменение скорости ветра на время проведения испытания транспортного средства.*

**Ключевые слова:** выбег, сопоставление, эксперимент, сопротивление воздуха, разгон, суммарное дорожное сопротивление, тяговый баланс, тяговая сила, время.

*M.I. Mysiura, B.I. Kryvozhej "Diagnostics of the technical state of cars on a stopway "*

*The question of increase of efficiency of determination of the technical state of passenger car is considered in the conditions of exploitation.*

*For the ground of possibility of increase of efficiency of work of  $\delta$ exocnux of transport vehicles the method of mathematical design of motion of vehicle is used in an operating period, on the highways of the general use, that have difficult enough relief, taking into account the action of making forces of aerodynamic resistance. It is set that in case of implementation periodic acceleration and  $\nu$ бега potential possibility in good time to define the necessity of servicing of ATЗ on the stations appears in the  $\pi$ еальних terms of daily motion a vehicle, with the use of expensive equipment that as a result will allow to support the technical state up-to-the-mark.*

*In addition, in connection with the forecast height of general amount of transport vehicles and ateliosis of network of the specialized technical service stations, and also to their carrying capacity, to providing of the corresponding technical state of cars enhanceable requirements are produced.*

*Theoretical studies are undertaken an on the mathematical model of determination of the technical state of automobile biaxial transport vehicle at different initial velocities motions that change within the limits of 0-100 km/h. It is set that depending on the size of speed of wind and direction of his motion the size of change of  $\nu$ бітzy can arrive at considerable sizes to 5...7%.*

*The analysis of relative change of speed and direction of motion of air on the road during testing showed that speed changed a from 1,77 to 3,12 m/s during 5 minutes and direction of motion of wind changed from a south on a north with rejections approximately  $\pm 30^\circ$ . However, here must be the involved devices that watch the change of speed of wind in a time of testing of transport vehicle.*

**Keywords:** *stopway, comparison, experiment, windage, acceleration, total travelling resistance, hauling balance, propelling force, time.*

### **Актуальність проблеми**

У процесі експлуатації функціональні можливості автотранспортного засобу (АТЗ) під дією різних факторів погіршуються – зменшується потужність та досяжна швидкість, збільшується витрата палива тощо. У зв'язку з цим слід контролювати стан АТЗ – проводити періодичні перевірки. Як показує досвід роботи транспорту, регулярне діагностування технічного стану рухомого складу є необхідним елементом раціональної системи технічного обслуговування і ремонту автомобілів, зокрема, якщо говорити про тягово-економічні властивості, які характеризують роботу двигуна, трансмісії і певною мірою, ходової частини, то їхня діагностика є основою для підвищення продуктивності та економічності роботи автомобіля, зниження витрат палива, негативного впливу на навколишнє середовище і зменшення темпу зношування агрегатів. Проте сьогодні власники автомобілів практично позбавлені можливості діагностувати свої транспортні засоби.

### **Аналіз останніх публікацій**

Питанням визначення технічного стану автомобіля за вибігом та розгоном в період експлуатації присвячена значна кількість наукових робіт [1–6].

Особливо гостро стоїть проблема при визначенні технічного стану легкового транспортного засобу не використовувати складні приладі та витратити значні кошти для цього. Запропонована методика дозволить визначати технічний стан АТЗ з припустимою похибкою та своєчасно виконувати планові дії на спеціалізованих станціях технічного обслуговування.

### **Форулювання мети дослідження**

Мета статті полягає в забезпеченні поліпшення діагностування технічного стану автомобілів шляхом удосконалення методики перевірки тягових властивостей, доступної для рядового водія.

З відомих джерел [1–3] можемо отримати зовнішню швидкісну характеристику двигуна Renault Kangoo 1.5 dci, якими обладнана досить велика кількість сучасних автомобілів (рис. 1).

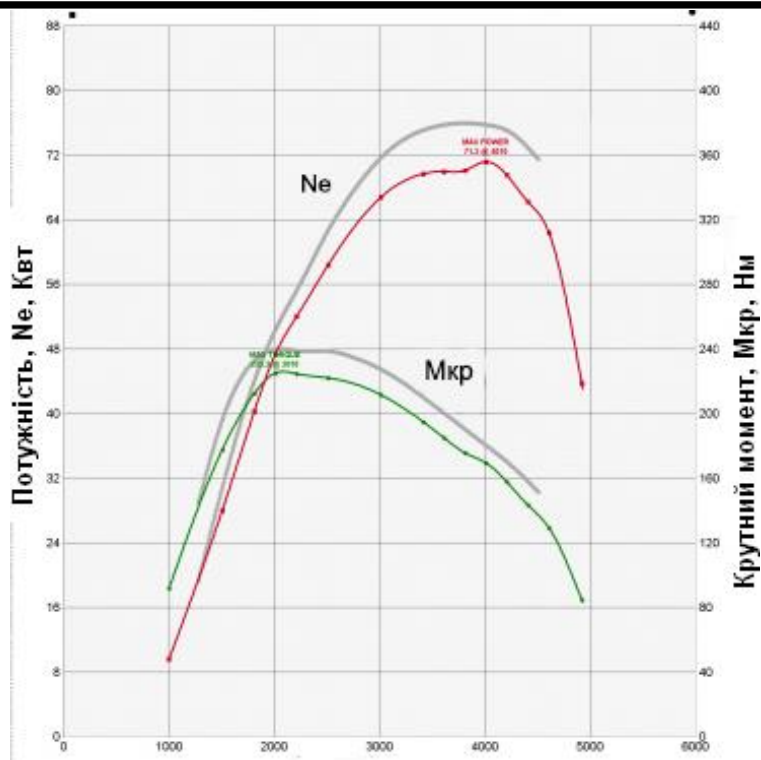


Рис. 1. Зовнішня швидкісна характеристика двигуна Renault Kangoo 1.5 dci [3]

### Математична модель і алгоритм рішення задачі

Існує можливість оцінити крутний момент, який створює двигун у конкретному режимі, за простою методикою. Наявність експериментальних даних про прискорення розгону  $a(v)$  і уповільнення вибігу автомобіля  $j(v)$  дозволяє відновити в першому наближенні криву крутного моменту, приймаючи, що сумарна сила тяги на всіх ведучих колесах [4–6]

$$P_k = P_p + \Sigma P_c = a \cdot m_{ac} + j \cdot m_{dc}, \quad (1)$$

де  $m_{ac}$ ,  $m_{dc}$  – приведена до контакту ведучого колеса з дорогою маса автомобіля під час розгону та вибігу відповідно, кг;

$$m_{dc} = m_a + m_{np.k.mp}; \quad m_{ac} = m_{dc} + m_{np.дв}, \quad (2)$$

де  $m_{np.k.mp}$  – приведена маса коліс і трансмісії, кг;

$m_{np.дв}$  – приведена маса рухомих частин двигуна, кг.

Тут прийнято явно грубе припущення, що статичні опори під час розгону та вибігу однакові. Насправді під час вибігу діють поряд з іншими опорами втрати холостого ходу трансмісії  $P_x$ , а під час розгону їх не треба виділяти – вони враховуються загальним ККД трансмісії. Тому зі значення  $j$  треба відняти парціальне уповільнення  $j_{xx} = P_x / m_{dc}$ , яке створювали б втрати холостого ходу за відсутності інших сил.

Цей метод описаний у довіднику Bosch [1] без посилання на авторів і удосконалений в роботі [6]. Згідно з цим методом під час вільного вибігу автомобіля фактичною масою  $m_a$  вимірюють уповільнення  $j_1$  і  $j_2$  у зонах більшої  $v_1$  та меншої  $v_2$  швидкостей і обчислюють коефіцієнти опору повітря  $C_x$  та сумарного дорожнього опору  $\psi$  за наступними формулами [6]:

$$C_x = \frac{2 \cdot \delta \cdot m \cdot (j_1 - j_2 \cdot K_v)}{F \cdot \rho \cdot (v_1^2 - v_2^2 \cdot K_v)}; \quad (3)$$

$$\psi = \frac{\delta \cdot (j_2 \cdot v_1^2 - j_1 \cdot v_2^2)}{(v_1^2 - v_2^2 \cdot K_v) \cdot g} \quad (4)$$

де  $\delta$  – коефіцієнт урахування обертових мас при вибігу;  
 $K_v$  – запропонований в [5, 6] коефіцієнт урахування впливу швидкості на опір коченню;  
 співвідношення очікуваних коефіцієнтів опору коченню при швидкостях  $v_1$  і  $v_2$  в м/с.



Рис. 2. Зміна швидкості вітру

Для оцінки величини зміни швидкості та напрямку вітру при проведенні експерименту з вимірювання часу вибігу зі швидкості близько 100 км/год до 0 було проведено вимірювання за допомогою анемометра та перераховано за відповідною методикою [7] (рис. 2). До того ж напрямок вітру був майже точно вздовж дороги і з півдня на північ з відхиленнями приблизно  $\pm 30^{\circ}$  (рис.3; обидва фото зроблені на протязі однієї хвилини).



Рис. 3. Визначення напрямку вітру

Тому виміряні вповільнення слід відкоригувати, віднявши від них парціальні вповільнення від ухилу ( $J_{pc i}$ ), вітру ( $J_{pc w}$ ) та холостого ходу трансмісії ( $J_{pc xx}$ ).

Раніше [7] вже знайдено усі потрібні відомості: приведена маса чотирьох коліс з шинами і трансмісією 47 кг, приведена маса автомобіля з усіма учасниками під час вибігу 1910 кг, під час розгону на III передачі 2018 кг, на IV – 1999 кг.

Зв'язок між крутним моментом  $M_e$  та силою  $P_k$  виводимо з формули [2]

$$M_e = \frac{P_k}{u_i \cdot 13,847} \quad (5)$$

Зв'язок між швидкістю й обертами відомий з формули [2]

$$n = 33,24 \cdot v \cdot u_i \quad (6)$$

Встановлена залежність прискорення розгону на IV передачі від швидкості [7, 8]

$$a = -2,34709E-06x^4 + 8,06462E-04x^3 - 1,02233E-01x^2 + 5,66911E+00x - 1,15392E+02 \quad (7)$$

Одержана залежність уповільнення вибігу від швидкості (97 км/год до 0 км/год) за результатами есперименту

$$j = -5,22670E-09x^4 + 1,30097E-06x^3 - 8,58685E-05x^2 + 4,09844E-03x + 2,56767E-01 \quad (8)$$

За вище поданими формулами для випадку випробування автомобіля на горизонтальній дорозі у безвітряну погоду проведено експеримент на дорозі з ухилом з досить складним подовжнім профілем при швидкості вітру 2–3 м/с (табл.1).

Таблиця 1

Швидкість вітру  $v_w$  за показаннями анемометра унизу

Шлях вітру, поділок	Час, с	Швидкість поділок, м/с	Швидкість вітру, м/с	Шлях вітру, поділок	Час, с	Швидкість поділок, м/с	Швидкість вітру, м/с
20	6,3	3,175	3,791	10	4,667	3,505	4,147
40	15,133	2,643	3,217	35	11,8	2,669	3,245
60	27,433	2,187	2,721	60	21,166	2,613	3,184
80	40,8	1,961	2,473	85	30,733	2,622	3,194
100	53,633	1,865	2,367	110	40,266	3,456	4,094
120	67,433	1,780	2,273	135	47,5	2,907	3,502
140	82,133	1,705	2,190	160	56,099	3,061	3,668
160	100,899	1,586	2,058	185	64,266	3,012	3,615
180	112,632	1,598	2,072	210	72,566	2,907	3,502
200	120,499	1,660	2,140	235	81,166	2,941	3,539
220	139,899	1,573	2,043	260	89,666	2,162	2,693
240	150,899	1,590	2,063	285	101,232	2,427	2,982
260	162,432	1,601	2,075	310	111,532	2,907	3,502
280	174,132	1,608	2,083	335	120,132	2,373	2,924
300	191,498	1,567	2,037	360	130,665	2,033	2,552
320	204,098	1,568	2,038	385	142,965	2,358	2,908
340	218,864	1,553	2,022	410	153,565	2,508	3,070
		Середнє	1,771			Середнє	3,120

### Результати теоретичних досліджень

Теоретичні дослідження проведено на математичній моделі визначення технічного стану легкового двовісного транспортного засобу Renault Kangoo 1.5 dci при різних початкових швидкостях руху, що змінюються в межах 0...100 км/год.

Встановлено, що залежно від величини швидкості вітру та напрямку його руху величина зміни вибігу може досягати значних величин до 5...7%.

Порівняння результатів розрахунків й експериментів показало, що запропонована методика перевірки потужності двигуна за часом розгону, а ходової частини за часом вибігу дає результати, які добре збігаються з експериментом.

Аналіз відносної зміни швидкості та напрямку руху повітря на дорозі при проведенні випробувань показав, що швидкість змінюється від 1,77 до 3,12 м/с на протязі 5 хвилин та напрям руху вітру змінювався з півдня на північ з відхиленнями приблизно  $\pm 30^\circ$ .

### **Висновки**

Для достовірності проведення перевірки технічного стану необхідно обирати горизонтальні ділянки дороги та по можливості проводити вибіги в прямому та протилежному напрямках на одному відрізку дороги.

Перед виконанням дорожньої перевірки необхідно довести до норми тиск у шинах.

Якщо час вибігу нормальний, а час розгону перебільшує значення для випадку зменшення крутного моменту до 90%, виконати доступні для водія перевірки і регулювання системи живлення та газорозподільного механізму. Після регулювань повторити перевірку. Якщо показники не поліпшилися, звернутися на СТО.

Можна також рекомендувати спрощений варіант перевірки тягових властивостей. На заздалегідь вибраній ділянці дороги, якою водій їздить часто, провести за описаною методикою розгін і вибіг, коли автомобіль перебуває у доброму технічному стані. Записати значення часу – це будуть контрольні значення для цього конкретного автомобіля на цій конкретній ділянці дороги з її конкретним покриттям, при цих конкретних шинах. Періодично повторювати розгін. Якщо час розгону збільшиться на 4...5 с, провести вибіг, щоб перевірити, погіршився розгін через двигун чи через ходову частину. Виконати відповідні регулювання або ремонти.

### **Список використаних джерел**

1. BOSCH. Автомобильный справочник: Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.
2. Говорущенко Н.Я. Системотехника проектирования транспортных машин. Учебное пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / [Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н.]; – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 208 с.
3. Крутящий момент и мощность: что важнее для машины – Колеса.ру [Электронный ресурс]. Режим доступа к ресурсу: / [www.kolesa.ru/.../chto-vazhnee-dlja-razgona-moschnosti-ili-krutjashij-moment-2015](http://www.kolesa.ru/.../chto-vazhnee-dlja-razgona-moschnosti-ili-krutjashij-moment-2015).
4. Тарновский В.Н. Автомобильные шины: устройство, работа, эксплуатация, ремонт. / [Тарновский В.Н., Гудков В.А., Третьяков О.Б. М.]. - Транспорт, 1990. – 272 с.
5. Волков В.П. Сопротивление движению легкового автомобиля на скоростях 30...160 км/ч / Волков В.П., Рабинович Э.Х., Белогуров Е.А., Никитин Д.В., Руденко Е.Е. // Міжвузівський збірник (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та металознавство»). – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2012. - Вип.. 36. - С. 46-51.
6. Рабинович Э.Х. Расчет коэффициентов сопротивлений движению автомобиля по пути выбега / [Рабинович Э.Х., Волков В.П., Белогуров Е.А.] // Вестник ХНАДУ: Сб. научн. тр. – Харьков: Изд-во ХНАДУ.– 2009. – Вып. 44. – С. 30-34.
7. М.І. Мисюра Елементи методики дорожніх випробувань для визначення технічного стану автомобіля / [М.І. Мисюра, Р.С. Орчіков] // Міжнародна науково-практична конференція "Новітні технології розвитку автомобільного транспорту" 16-19 жовтня 2018. – С. 148-150.

8. Переосмысление испытаний силовых агрегатов [Электронный ресурс]. Режим доступа к ресурсу: / [www.rototest.com/rri](http://www.rototest.com/rri)

### References

1. BOSCH. Avtomobylnyi spravochnyk: Per. s anhl. – 2-e yzd., pererab. y dop. – M.: ZAO «KZhY «Za rulem», 2004. – 992 s.
2. Hovorushchenko N.Ia. Systemotekhnika proektyrovaniya transportnikh mashyn. Uchebnoe posobie. Yzd. 3-e, uspr. y dop / [Hovorushchenko N.Ia., Turenko A.N.]; – Kharkov: KhNADU, 2004. – 208 s.
3. Krutiashchyi moment y moshchnost: chto vazhnee dlia mashyni – Kolesa.ru [Elektronnii resurs]. Rezhym dostupa k resursu: / [www.kolesa.ru/.../chto-vazhnee-dlja-razgona-moschnost-ili-krutjaschij-moment-2015](http://www.kolesa.ru/.../chto-vazhnee-dlja-razgona-moschnost-ili-krutjaschij-moment-2015).
4. Tarnovskiy V.N. Avtomobylnie shyni: ustroystvo, rabota, ekspluatatsiya, remont. / [Tarnovskiy V.N., Hudkov V.A., Tretiakov O.B. M.]; - Transport, 1990.–272 s.
5. Volkov V.P. Soprotivlenye dvizheniyu lehkovo avtomobilya na skorostiakh 30...160 km/ch / Volkov V.P., Rabynovych E.Kh., Belohurov E.A., Nykytyn D.V., Rudenko E.E. // Mizhvuzivskiy zbirnyk (za haluziamy znan «Mashynobuduvannia ta metaloobrobka», «Inzhenerna mekhanika», «Metalurhiia ta metaloznavstvo»). – Lutsk: RVV Lutskoho NTU, 2012. – V. 36. – s. 46-51.
6. Rabynovych E.Kh. Raschet koeffytsientov soprotivleniy dvizheniyu avtomobilya po puty vybeha / [Rabynovych E.Kh., Volkov V.P., Belohurov E.A.] // Vestnyk KhNADU / Sb. nauchn. tr. – Kharkov: Yzd-vo KhNADU.– 2009. – V. 44. – S. 30-34.
7. Mysiura M.I. Elementy metodyky dorozhnikh vyprobuvan dlia vyznachennia tekhnichnoho stanu avtomobilya / [M.I. Mysiura, R.S. Orchikov] // Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia "Novitni tekhnolohii rozvytku avtomobilnoho transportu" 16-19 zhovtnia 2018. – s. 148-150.
8. Pereosmyslenye yspitanyi sylovikh ahreatov [Elektronnii resurs]. Rezhym dostupa k resursu: / [www.rototest.com/rri](http://www.rototest.com/rri).