

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ АВТОМОБІЛЯ В ПРОЦЕСІ РУХУ АБО ЙОГО ВАНТАЖУ, ЩО ВРАХОВУЄ ПОЗДОВЖНІЙ УХИЛ ДОРОГИ

Подригало М.А. д.т.н., проф., Абрамов Д.В. д.т.н., проф., Тесля В.О. к.т.н.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна*

Для поліпшення роботи інтелектуальних бортових систем автомобіля необхідно визначати його масу, яка може змінюватися в широких межах в процесі експлуатації. Відомо, що відношення повної маси легкового автомобіля до спорядженої може перевищувати значення 1,4 [1].

Визначення маси вантажу необхідно також при виконанні комерційних перевезень. При цьому можливість здійснення процедури зважування в більшості випадків відсутня. Вимірювання повної маси транспортного засобу дозволяє не допустити перевищення граничних навантажень на вузли і агрегати автомобіля а також на дорожнє покриття. Тому актуальною є задача контролю маси транспортного засобу при русі.

Відомо багато методів визначення завантаження автомобіля, але більшість з них вимагають додаткових витрат часу, наявності додаткового обладнання, що не входить до переліку бортових засобів [2, 3].

Так, в роботі [2] запропоновано визначати масу вантажу шляхом вимірювання відстані від певних чотирьох і більше точок вантажної платформи до поверхні дорожнього полотна до і після завантаження і подальшого обчислення з урахуванням зміни вимірюваної відстані. При цьому для кожної моделі автомобіля попередньо повинна бути визначена відповідна функціональна залежність на основі закону Гука. В роботі [2] також розглянуто метод, в якому маса колісного транспортного засобу визначається з використанням математичної моделі, що враховує частотні характеристики і температуру кожної шини, значення тиску в кожній шині до і після завантаження.

Недоліками зазначених методів визначення величини завантаження колісних транспортних засобів є складність практичного застосування.

Крім того, відомий метод визначення маси колісного транспортного засобу з вантажем при проведенні вибігу, здійснюваного в завантаженому стані і без вантажу [3]. Необхідність проведення вибігу є недоліком цього методу, що ускладнює його практичне застосування.

Метод визначення маси або величини завантаження автомобіля в процесі його руху без проведення вибігу запропонований в роботах [1, 4], структурна схема якого наведена на рис. 1. Так, маса автомобіля визначалася в процесі розгону автомобіля на 1-ій передачі при натисканні на педаль газу на певну величину, при

цьому здійснюється прискорення, величина якого співвідносилася з прискоренням автомобіля при русі з тією ж швидкістю в спеціальному тестовому заїзді з відомою масою.

Маса автомобіля визначалася за формулою [4]

$$m_{a2} = \frac{m_{a1} \cdot (g \cdot f + \dot{V}_{a1} \cdot \delta)}{g \cdot f + \dot{V}_{a2} \cdot \delta}, \quad (1)$$

де m_{a1} – відома маса автомобіля в тестовому заїзді;

\dot{V}_{a1} – прискорення автомобіля відомої масою m_{a1} при русі в тестовому заїзді з лінійною швидкістю V_a ;



Рисунок 1 – Схема метода визначення маси або величини завантаження автомобіля в процесі його руху горизонтальною ділянкою дороги [1, 4]

\dot{V}_{a2} – прискорення автомобіля шуканою масою m_{a2} при русі з тією ж швидкістю V_a ;

f – коефіцієнт опору коченню коліс автомобіля;

δ – коефіцієнт врахування обертових мас двигуна і трансмісії автомобіля при розгоні, згідно [5]

$$\delta = 1,03 + 0,05 \cdot U_k^2, \quad (2)$$

де U_k – передаточне число коробки передач.

Недоліком даного методу є обмежена область застосування – він може бути застосований тільки на горизонтальних ділянках дороги.

Методам визначення величини поздовжнього ухилу дорожнього полотна безпосередньо в процесі руху автомобіля присвячені роботи [6], [7]. В подальшому пропонується визначати поздовжній ухил дороги в процесі руху автомобіля з використанням GPS/GLONASS приймача.

Тож для удосконалення методу визначення маси автомобіля або маси його вантажу в процесі його руху дорогою, що має поздовжній ухил, необхідно визначити взаємозв'язок маси автомобіля (маси перевезеного автомобілем вантажу) і його прискорення при наявності поздовжнього ухилу дороги.

Незалежно від величини кута поздовжнього ухилу дороги і ступеня завантаження автомобіля, потужність двигуна буде однаковою при однаковій величині подачі палива і однаковій швидкості руху машини при тестовому заїзді і на довільній ділянці дороги в експлуатації. При цьому передбачається, що технічний стан автомобіля і теплотворна здатність палива однакові в тестовому заїзді і розглянутому випадку.

Потужність двигуна, що реалізується при розгоні автомобіля, може бути визначена за формулою [8]

$$N_e = \frac{m_a \cdot g \cdot V_a \cdot \psi + kF \cdot V_a^3 + m_a \cdot V_a \cdot \delta \cdot \frac{dV_a}{dt}}{\eta_{mp} \cdot (1 - S_x)}, \quad (3)$$

де m_a – маса автомобіля;

V_a – лінійна швидкість автомобіля;

g – прискорення вільного падіння;

ψ – коефіцієнт сумарного дорожнього опору;

k – коефіцієнт опору повітря;

F – площа лобового перетину або мідель автомобіля в поперечній площині;

η_{mp} – коефіцієнт корисної дії трансмісії;

t – час;

S_x – відносне буксування колеса;

Коефіцієнт сумарного дорожнього опору дорівнює [5]

$$\psi = f + i = f + \sin \alpha, \quad (4)$$

де i – поздовжній ухил ($i = \sin \alpha$);

α – кут поздовжнього ухилу дорожнього полотна (на підйомі $\alpha > 0$, на спуску $\alpha < 0$).

Нехай буксування коліс при розгоні відсутнє ($S_x = 0$). Тоді ефективна потужність двигуна автомобіля масою m_{a1} при русі дорогою з кутом поздовжнього ухилу α_1 , буде визначатися за формулою

$$N_{e1} = \frac{m_{a1} \cdot g \cdot V_{a1} \cdot (f + \sin \alpha_1) + k \cdot F \cdot V_{a1}^3 + m_{a1} \cdot V_{a1} \cdot \delta \cdot \dot{V}_{a1}}{\eta_{mp}}, \quad (5)$$

а ефективна потужність двигуна того ж автомобіля масою m_{a2} при русі на однаковій передачі дорогою з кутом поздовжнього ухилу α_2 – за формулою

$$N_{e2} = \frac{m_{a2} \cdot g \cdot V_{a2} \cdot (f + \sin \alpha_2) + k \cdot F \cdot V_{a2}^3 + m_{a2} \cdot V_{a2} \cdot \delta \cdot \dot{V}_{a2}}{\eta_{mp}}, \quad (6)$$

де \dot{V}_{a1} , \dot{V}_{a2} – лінійні поздовжні прискорення в площині дороги автомобіля відповідно масою m_{a1} і m_{a2} .

Прямі вимірювання лінійних прискорень автомобіля здійснюються акселерометрами. Лінійні поздовжні прискорення в площині дороги автомобіля будуть визначатися за формулами

$$\dot{V}_{a1} = a_{x1} - g \cdot \sin \alpha_1; \quad (7)$$

$$\dot{V}_{a2} = a_{x2} - g \cdot \sin \alpha_2, \quad (8)$$

де a_{x1} , a_{x2} – лінійні, визначені акселерометром, поздовжні прискорення автомобіля відповідно масою m_{a1} і m_{a2} в площині дороги.

З урахуванням виразів (7), (8) формули (5) і (6) приймуть вигляд

$$N_{e1} = \frac{m_{a1} \cdot g \cdot V_{a1} \cdot (f + \sin \alpha_1) + k \cdot F \cdot V_{a1}^3 + m_{a1} \cdot V_{a1} \cdot \delta \cdot (a_{x1} - g \cdot \sin \alpha_1)}{\eta_{mp}}; \quad (9)$$

$$N_{e2} = \frac{m_{a2} \cdot g \cdot V_{a2} \cdot (f + \sin \alpha_2) + k \cdot F \cdot V_{a2}^3 + m_{a2} \cdot V_{a2} \cdot \delta \cdot (a_{x2} - g \cdot \sin \alpha_2)}{\eta_{mp}}. \quad (10)$$

При однаковій величині подачі палива при русі на маршруті і при русі в тестовому заїзді з однаковою швидкістю буде виконуватися рівність $N_{e1} = N_{e2}$ [1, 4]. Тоді прирівнявши праві частини рівнянь (9) і (10) отримаємо вираз, з якого визначимо масу m_{a2} автомобіля

$$m_{a2} = \frac{m_{a1} \cdot (g \cdot V_{a1} \cdot (f + \sin \alpha_1) + V_{a1} \cdot \delta \cdot (a_{x1} - g \cdot \sin \alpha_1))}{g \cdot V_{a2} \cdot (f + \sin \alpha_2) + V_{a2} \cdot \delta \cdot (a_{x2} - g \cdot \sin \alpha_2)}. \quad (11)$$

З урахуванням того, що $V_a = V_{a1} = V_{a2}$ формула (11) перетворюється до вигляду

$$m_{a2} = \frac{m_{a1} \cdot (g \cdot f + \delta \cdot a_{x1} + g \cdot \sin \alpha_1 \cdot (1 - \delta))}{g \cdot f + \delta \cdot a_{x2} + g \cdot \sin \alpha_2 \cdot (1 - \delta)}. \quad (12)$$

Якщо тестовий заїзд виконується на горизонтальній ділянці ($\alpha_1 = 0$), формула (12) набуде вигляду

$$m_{a2} = \frac{m_{a1} \cdot (g \cdot f + \delta \cdot a_{x1})}{g \cdot f + \delta \cdot a_{x2} + g \cdot \sin \alpha_2 \cdot (1 - \delta)}. \quad (13)$$

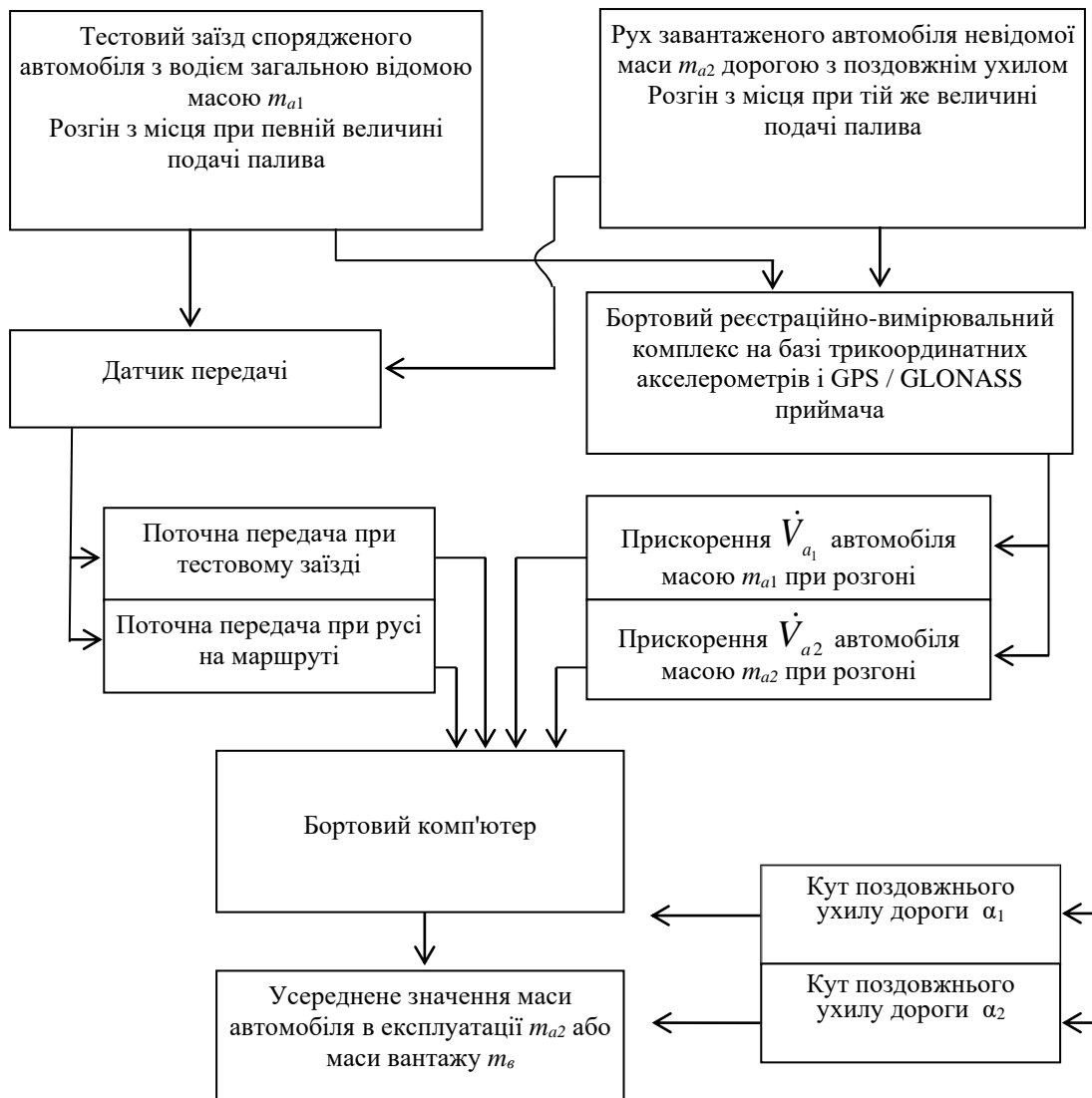


Рисунок 2 – Структурна схема вдосконаленого метода визначення маси автомобіля або його вантажу в процесі руху дорогою з поздовжнім ухилом

Значення маси m_{a2} пропонується за аналогією з роботою [1] обчислювати багаторазово при різних значеннях швидкості руху V_{ai} при розгоні на певній передачі. Математичне очікування отриманого розподілу m_{a2i} і буде величиною маси автомобіля при поточному завантаженні. Такий підхід дозволяє знизити похибку визначення шуканого параметра. Тоді маса автомобіля буде визначатися за формулою [1, 4]

$$m_{a_2} = \frac{\sum_{i=1}^n m_{a_{2i}}}{n}, \quad (14)$$

де n – кількість розрахункових точок [1, 4],

$$n = \frac{V_{a \max} - V_{a \min}}{\Delta V_a}, \quad (15)$$

де $V_{a \max}$ – максимальна швидкість автомобіля при розгоні на певній передачі;

V_{amin} – початкова швидкість автомобіля при розгоні на тій же передачі;

ΔV_a – крок між розрахунковими точками.

Маса вантажу, очевидно, буде визначатися як різниця знайденої маси автомобіля і його маси в спорядженому стані

$$m_e = m_{a_2} - m_{ac}, \quad (16)$$

де m_{ac} – маса спорядженого автомобіля.

Структурна схема вдосконаленого метода визначення маси автомобіля або його вантажу в процесі руху дорогою з поздовжнім ухилом наведена на рис. 2.

Пропонований метод дозволяє уточнити результати вимірювання маси автомобіля і маси вантажу, що перевозиться в процесі руху дорогами з поздовжнім ухилом. Це дозволяє підвищити функціональну стабільність автомобіля і поліпшити роботу його інтелектуальних бортових систем.

Список літератури

1. Абрамов Д. В. Визначення поточної маси автомобіля в процесі руху / Д. В. Абрамов, В. О. Тесля // Вчені записки Кримського інженерно-педагогічного університету. Технічні науки. – 2013. – Вип. 40. – С. 41 - 43.
2. Пат. 63953 Україна, МПК G01G 19/08 (2006.01). Спосіб визначення маси вантажу в колісному транспортному засобі з рухомою підвіскою / С. М. Бабій, О. Д. Фолюшняк; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u 2011 03787; заявл. 29.03.2011; опубл. 25.10.2011, Бюл. № 20, 2011р.
3. Метод парціальних ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / [Н. П. Артемов, А. Т. Лебедев, М. А. Подригало и др.]. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2011. – 219 с.
4. Пат. 92259 Україна, МПК G01G 19/03, B60W 40/12, B60W 40/13. Спосіб визначення повної маси автомобіля та маси вантажу в процесі руху / Подригало М. А., Абрамов Д. В., Тесля В. О.; заявник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2014 01854; заявл. 25.02.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.
5. Агейкин Я. С. Теория автомобиля. Учебное пособие / Я. С. Агейкин, Н. С. Вольская. – М.: МГИУ, 2008. – 318 с.
6. Пат. 2274831 Российская Федерация, МПК G01C7/04. Способ исследования рельефа поверхности посредством гироскопической инерциальной системы измерения пространственного положения / В. А. Иващенко; заявитель и патентообладатель В. А. Иващенко; заявл. 20.09.2004; опубл. 20.04.2006.
7. Patent EP №0274632, IPS G01C7/04 Method and apparatus for measurement of road profile / B. Elson; inventor and applicant Spangler, Elson B.; application 24.11.1987; publication 16.01.1991.
8. Динамика автомобиля / [Подригало М. А., Волков В. П., Бобошко А. А. и др.]; под ред. М. А. Подригало – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 424 с.