

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИПРОБУВАНЬ АВТОМОБІЛІВ В ДОРОЖНІХ УМОВАХ

Степашко І.О., ст. гр. А-36т1-19

Науковий консультант: Зуєв В.О., асистент

Ціллю випробувань автомобілів в дорожніх умовах зазвичай є визначення його тягово-швидкісних або гальмівних показників. Як що випробування відбуваються в умовах спеціально за для цього створених полігонах, то такі характеристики дороги як ухил, коефіцієнт опору кочення заздалегідь відомі [1]. У разі експлуатаційних випробувань на дорогах загального призначення ці показники треба визначити. У загальному випадку рух автомобіля на дорозі може бути описаний двома режимами руху – на спуску та на підйомі. Вони описуються двома рівняннями з деякими однаковими членами, що дозволяє зменшити кількість невідомих. Аналіз сил, що діють на автомобіль на ухилі, проілюстрований на рис. 1.

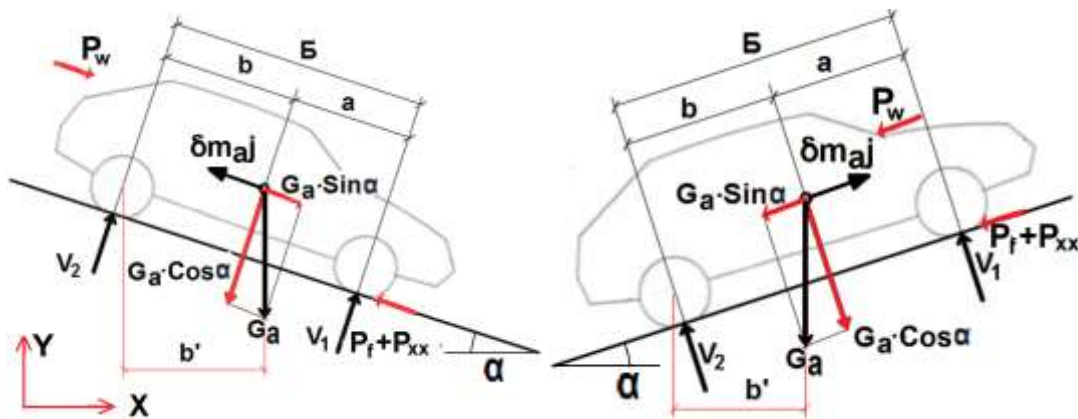


Рисунок 1 - Сили, що діють на автомобіль на спуску (ліворуч) та на підйомі [2]

Силовий баланс на спуску:

$$P_{\alpha} - P_f - P_{xx} - P_{wdn} - \delta \cdot m \cdot j_{dn} = 0, \quad (1)$$

де P_{α} - сила, що скочує Н;

P_f - сила опору коченню, Н;

P_{xx} - опір холостого ходу трансмісії, Н;

P_w - опір повітря, Н;

m - маса автомобіля в даному випадку, кг;

δ - коефіцієнт урахування обертових мас;

j_{dn} – прискорення автомобіля при русі на спуску (down), м/с².

$$P_{\alpha} = i(S) \cdot m \cdot g, \quad (2)$$

де i – ухил, що змінюється в залежності від шляху автомобіля S ($i = \sin \alpha$);
 α – кут нахилу поздовжньої осі дороги до горизонту;
 g – прискорення вільного падіння, м/с²; $g = 9,81$ м/с²;

$$P_f = f(v) \cdot m \cdot g, \quad (3)$$

де $f(v)$ – коефіцієнт опору коченню (КОК), який залежить від швидкості автомобіля;

v – швидкість автомобіля, м/с;

$$P_{xx} = P_0 + 3,6a \cdot v \approx (1...2) \cdot (6 + 1,2v). \quad (4)$$

$$P_w = kF \cdot (v \pm w)^E \quad (5)$$

де k – фактор обтічності; $k = 0,5\rho \cdot C_x$ (ρ – щільність повітря, кг/м³, C_x – коефіцієнт лобового аеродинамічного опору);

F – лобова площа автомобіля, м²;

w – проекція вектору швидкості повітря на ось дороги, м/с;

E – показник ступеня, який запропоновано в роботі [3]. В першому наближенні $E = 2$.

Додаємо рівняння руху автомобіля на підйом із прискоренням j_{up} :

$$\begin{cases} +P_{\alpha} - P_f - P_{xx} - P_{wdn} - \delta \cdot m \cdot j_{dn} = 0 \\ -P_{\alpha} - P_f - P_{xx} - P_{wup} - \delta \cdot m \cdot j_{up} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

де j_{up} – прискорення автомобіля при русі на підйомі, м/с²

Як що обидва рівняння описують рух автомобіля через ту саму точку дороги (тобто ухил в обох рівняннях однаковий) і з однією і тією ж по модулю швидкістю. Віднімаючи друге рівняння з першого, ми знайдемо силу, що скачує, а через неї – ухил.

$$\begin{aligned} 2P_{\alpha} - P_{wdn} + P_{wup} - \delta \cdot m \cdot j_{dn} + \delta \cdot m \cdot j_{up} &= 0; \\ 2m \cdot g \cdot i - kF(v \pm w_{dn})^E + kF(v \mp w_{up})^E + \delta \cdot m \cdot (j_{up} - j_{dn}) &= 0; \end{aligned} \quad (7)$$

$$i = \frac{kF \left[(v \pm w_{dn})^E - (v \mp w_{up})^E \right] - \delta \cdot m \cdot (j_{up} - j_{dn})}{2m \cdot g}$$

Якщо швидкість вітру в обох режимах випробувань однакова за модулем та напрямком ($w_{dn} = w_{up} = w$), а $E=2$, то

$$i = \frac{-kF \cdot 4v \cdot w - \delta \cdot m \cdot (j_{dn} - j_{up})}{2mg}, \quad (8)$$

Формулу для коефіцієнта опору коченню можна отримати, якщо не віднімати одне рівняння з іншого, як у загальному випадку, а скласти їх, або просто підставити готове значення ухилу в одне з рівнянь, наприклад, друге, і перетворити:

$$f = \frac{m_{dn}gi - kF(v \pm w_{dn})^2 - P_{xx} - \delta m_{dn}j_{dn}}{m_{dn}g}. \quad (12)$$

Таким чином, визначені значення ухилу дорожнього покриття та коефіцієнту опору кочення даної ділянки дозволяють проводити на ній випробування тягово-швидкісних характеристик автомобіля.

Литература

1. Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний. ГОСТ 22576-90 (СТ СЭВ 6893-89). М., Госстандарт, 1990. – 14 с.
2. Оценка уклона дороги методом скатывания автомобиля / Эрнест Рабинович, Михаил Буравцев, Владимир Зуев, Константин Здебский / Сб. «Транспорт, экология — устойчиво развитие». XXV научно-техническая конференция с международно участие. ЕКОВАРНА '2018. Технически университет — Варна. Кафедра «Транспортна техника и технологии». 15-17 июня 2017. С. 148-155.
3. Рабинович Э.Х. Оценка коэффициентов сопротивлений движению автомобиля по пути выбега / [Рабинович Э.Х., Волков В.П., Белогуров Е.А.]. Український метрологічний журнал. -2010.-№4.-С.47-52.