

УДК 681.873.35

МОДЕЛЮВАННЯ СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ, ЯК ЗРАЗКА ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ, ПРИ РУСІ НА ПІДЙОМ ТА ПОВЗДОВЖНЬОМУ ПЕРЕКИДАННІ

Автори – Андрій Червоноштан¹, магістр,
Черевко Віталій², студ. гр. АТ-22мп

Науковий керівник – к. т. н., проф. каф. ЕРМ Микола Колісник³

¹andrew.chervonoshtan@pdaba.edu.ua, ²12922787.cherevko@pdaba.edu.ua

³kolisnyk.mykola@pdaba.edu.ua

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

Розглянуто визначення стану стійкості автомобіля при повздовжньому перекиданні назад, як технічної системи, із використанням класичних законів механіки вільностоячих або рухаючих об'єктів, а саме: розрахункові динамічні та математичні моделі і їх рішення [1–4].

У нашому випадку (рис. 1) об'єкт, що моделюється, прийнятий у вигляді окремої зосередженої маси на пружних опорах на які діють утримуюча сила ваги G_{ym} та $F_{прк}$ – перекидаюча сила.

Якщо автомобіль долає крутий підйом, то перекидання назад може відбутись навколо лінії, що проходить через геометричну вісь задніх коліс, точка B (рис. 1). При цьому засіб змінює своє положення з переміщенням центра мас по висоті і вгору по похилій площині дороги. Вважаємо, що реакція дороги R_A на передні колеса спочатку є, а в момент відриву від опори A і при перекиданні дорівнює нулю, і її можна не брати до уваги.

Автомобіль, знаходиться в русі на підйомі з кутом дороги α_δ і спирається на опори: задню опору, точка B і передню опору, точка A , з приведеною жорсткістю C_n , $Ц.М.$ – центр мас автомобіля, G_{ym} – утримуюча вага автомобіля, $F_{прк}$ – приведена до центра мас перекидаюча сила, що являє собою дію сил тяжіння та пружної опори (т. A) ухилу та повітря, приведена до центра маси.

Кути: α_δ – кут ухилу дороги до горизонталі; α_κ – кут конструктивного розташування центру мас автомобіля; $\varphi_{пр}$ – пружного нахилу системи до відриву від опори A ; φ – поточний кут повороту, який може змінюватись від пружного кута до кута критичного $\varphi_{пр} \leq \varphi \leq \varphi_{кр}$; $\varphi_{кр}$ – кут критичний, від $\varphi_{пр}$ до положення де система буде знаходитись у стані нестійкої рівноваги; $R \sin(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{пр} - \varphi)$ і $R \cos(\alpha_\delta + \alpha_\kappa + \varphi_{пр} - \varphi)$ – плечі діючих сил, відносно осі повороту; A – пружна опора.

Математична модель та аналіз її рішення.

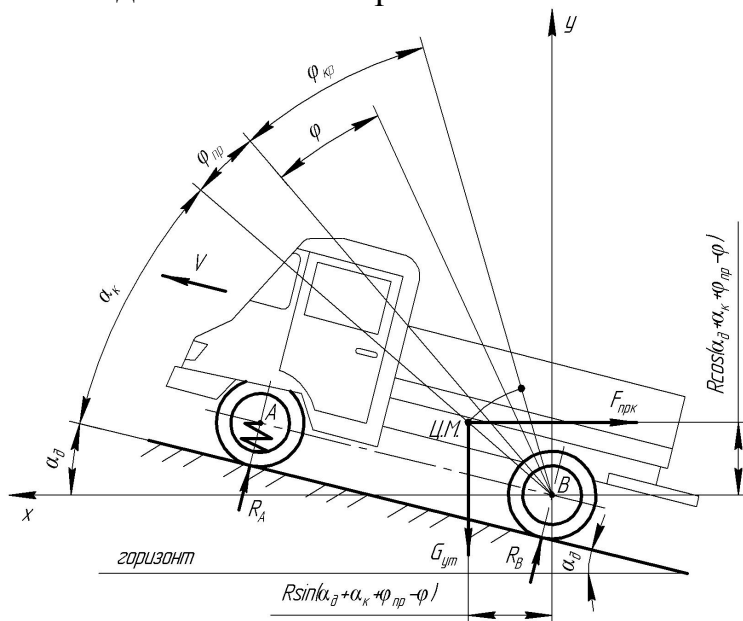


Рис. 1. Динамічна модель автомобіля

Для визначення математичної моделі використовуємо принцип механіки можливих переміщень, а саме, якщо система, що знаходиться у рівновазі, отримує можливе переміщення, то повна робота усіх сил на цьому переміщенні дорівнює нулю.

Відповідно умова стійкості автомобіля при повздовжньому перекиданні прийнята у вигляді:

$$A_{\text{ут.}\varphi_{\text{кр}}} \geq A_{\text{нрк.}\varphi}, \quad (1)$$

де $A_{\text{ут.}\varphi_{\text{кр}}}$ – робота сил утримуючих при повороті автомобіля на кут критичний (запас енергії) відносно ребра перекидання (точка B);

$A_{\text{нрк.}\varphi}$ – робота сил перекидаючих при повороті на кут φ .

Робота сил утримуючих:

$$A_{\text{ут.}\varphi_{\text{кр}}} = \int_0^{\varphi_{\text{кр}}} G \cdot R \cdot \sin(\alpha_d + \alpha_k + \varphi_{\text{нр}} - \varphi) d\varphi = G \cdot R [\cos(\alpha_d + \alpha_k + \varphi_{\text{нр}} - \varphi_{\text{кр}}) - \cos(\alpha_d + \alpha_k + \varphi_{\text{нр}})]. \quad (2)$$

В той же час, робота сил перекидаючих при повороті на кут φ дорівнює роботі сил утримуючих при повороті на кут φ :

$$A_{\text{нрк.}} = \int_0^{\varphi} F_{\text{нрк}} \cdot R \cdot \cos(\alpha_d + \alpha_k + \varphi_{\text{нр}} - \varphi) d\varphi,$$

$$A_{\text{нрк.}(\alpha_d + \varphi)} = \int_0^{\varphi} G \cdot R \cdot \sin(\alpha_d + \alpha_k + \varphi_{\text{нр}} - \varphi) d\varphi,$$

$$A_{\text{нрк.}(\alpha_d + \varphi)} = G \cdot R \cdot [\cos(\alpha_d + \alpha_k + \varphi_{\text{нр}} - \varphi) - \cos(\alpha_d + \alpha_k + \varphi_{\text{нр}})]. \quad (3)$$

Підставивши значення (2) і (3) у (1), отримали рішення математичної моделі у вигляді нерівності (рівності):

$$\cos(\alpha_{\delta} + \alpha_{\kappa} + \varphi_{np} - \varphi_{кр}) \geq \cos(\alpha_{\delta} + \alpha_{\kappa} + \varphi_{np} - \varphi). \quad (4)$$

Проведемо аналіз рішення математичної моделі, якщо:

1. $\varphi_{кр} = \varphi_{np}$, $\varphi = \varphi_{np} - \Delta\varphi_1$, то

$$\cos(\alpha_{\delta} + \alpha_{\kappa}) > \cos(\alpha_{\delta} + \alpha_{\kappa} + \Delta\varphi_1) - \text{система стійка}; \quad (5)$$

2. $\varphi_{кр} = \varphi_{np}$, $\varphi = \varphi_{np}$, то

$$\cos(\alpha_{\delta} + \alpha_{\kappa}) = \cos(\alpha_{\delta} + \alpha_{\kappa}) - \text{система у стані нестійкої рівноваги}; \quad (6)$$

3. $\varphi_{кр} = \varphi_{np} + \Delta\varphi_2$, $\varphi = \varphi_{кр} - \Delta\varphi_3$, то

$$\cos(\alpha_{\delta} + \alpha_{\kappa} - \Delta\varphi_2) > \cos(\alpha_{\delta} + \alpha_{\kappa} - \Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_3) \quad (7)$$

система стійка, але є зазор між опорою і основою (т. А);

4. $\varphi_{кр} = \alpha_{\delta} + \alpha_{\kappa} + \varphi_{np}$, $\varphi = \alpha_{\delta} + \alpha_{\kappa} + \varphi_{np}$, то

$$\cos(\alpha_{\delta} + \alpha_{\kappa} + \varphi_{np} - \varphi_{np}) = \cos(\alpha_{\delta} + \alpha_{\kappa} + \varphi_{np} - \varphi_{np}) \quad (8)$$

система знаходиться у стані нестійкої рівноваги при опорі А із зазором (рух автомобіля на межі можливостей).

Висновки.

1. Отримано функції стійкості автомобіля, як технічної системи при русі на підйом, які характеризують стійкість системи для положень стійкої, нестійкої і нестійкої рівноваги.

2. Математична модель стійкості правомірна, а її рішення зрозумілі і раціональні в залежності від значень складових кутів технічної системи.

Список використаних джерел

1. В. В. Біліченко, О. Л. Добровольський, В. О. Огневий, Є. В. Смирнов. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей: навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2017. 163 с.

2. Ловейкін В. С., Назаренко І. І., Онищенко О. Г. Теорія технічних систем : навч. посіб. Київ – Полтава : ІЗМН – ПДТУ, 1998. 175 с.

3. М. П. Колісник, О. С. Лиходій, А. Л. Червоноштан, та ін. Моделювання стійкості автомобіля, як зразка технічної системи, при проїзді заокруглення дороги. *Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців : наук. пр. Міжнар. наук.-практ. та наук.-метод. конф. до дня автомобіліста та дорожника Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. Харків : Вид-во ХНАДУ, 2022. С. 197–200.

4. В. П. Волков, Г. Б. Вільський. Теорія руху автомобіля : підруч. Суми : Університетська книга, 2015. 320 с.