УДК 656.025.6

Р.В. Хорошун; А. С. Калинюк; О.О.Ковальчук; М. Б.Колодій
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, (Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ АВТОМОБІЛЯ ПРИ НАЇЗДІ НА ПОХИЛУ ПЕРЕШКОДУ ПІД КУТОМ

R.V. Khoroshun; A. S. Kalynyuk; O.O. Kovalchuk; M. B. Kolodiy

STUDY OF VEHICLE DYNAMICS WHEN COLLISION TO AN INCLINED CROSSROAD AT AN ANGLE

Однією із експлуатаційних характеристик колісних транспортних засобів (КТЗ) є керованість [1-2]. Вона характеризує здатність змінювати напрям руху автомобіля і утримувати заданий напрям руху за рахунок дії водія на кермове колесо, що в кінцевому випадку приводить до зміни кута між вектором швидкості руху КТЗ і площиною керованих коліс. Керованість автомобіля залежить як від зовнішніх, так і внутрішніх чинників, які є в певній мірі є взаємопов'язаними.

При наїзді автомобіля, що рухається із помірною швидкістю v , парою передніх коліс на перешкоду, його кінематика та динаміка залежить від умов зіткнення коліс із перешкодою. Лінійна швидкість колеса v_C , при його прямолінійному русі, рівна швидкості автомобіля v, $v_C = \mathrm{v}$. Зустрічаючись із перешкодою, поверхня якої в точці контакту нахилена під кутом γ , для плоскої похилої перешкоди, чи ζ , для циліндричної перешкоди, шина колеса піддається пружній деформації і змінює напрямок свого руху. Розкладемо вектор швидкості $\bar{v}_{C0}$ в точці контакту на тангенціальну $v_{C\tau 0}$ та нормальну v_{Cn0} складові.

$$v_{C\tau 0} = v\cos\gamma\,;\; v_{Cn0} = v\sin\gamma\,, \qquad (1)$$

де складова v_{Cn0} визначає долю кінетичної енергії, що в результаті взаємодії переходить в енергію удару, а складова $v_{C\tau 0}$ визначає рівень залишкової кінетичної енергії власне колеса.

Розглянемо випадок тихохідного подолання перешкоди, коли в'язі дорожнього полотна на колесо переходять, практично безударно, у в'язі перешкоди на колесо і воно не втрачає контакту із поверхнею перешкоди. Оскільки колесо із підвіскою є складова автомобіля, то завдяки його інерції і силової дії підвіски на колесо його поступальна швидкість v_{Cx} буде рівна швидкості автомобіля $\mathrm{v_{Cx} = v}$, а тангенціальна зросте до $v_{C\tau} = v/\cos\gamma$. Реакція плоскої перешкоди $\mathrm{P_2}$ має складові $\mathrm{P_y = P_2\cos\gamma}$, спрямована на протидію частини ваги автомобіля $\mathrm{k_1}\overline{G}$, що припадає на колесо при повному контакті з перешкодою, та горизонтальна $\mathrm{P_x = P_2\sin\gamma}$, яка чинить опір руху автомобіля. Горизонтальна складова сили $\mathrm{P_x}$ відповідає за сповільнення автомобіля при наїзді на перешкоду та втрату прямолінійного розміщення при наїзді на перешкоду одним колесом. При цьому, зміна кінематики та динаміки автомобіля проходить за період перенесення контакту з дорожнього полотна на перешкоду. Зміна сили взаємодії $P_2 = P_2(u_2)$ при цьому, визначається зміною прогину шини u_2 в точці контакту, по мірі переходу ваги із дорожнього полотна на перешкоду.

Визначимо три точки, за якими будемо будувати квадратичну параболу. Позначимо прогин колеса автомобіля від ваги на плоскій горизонтальній поверхні $u_{10} = p_0$:

$$\begin{aligned} &s_0 = 0;\ \delta_0 = 0; \\ &s_1 = s(u_{20}/2);\ \delta_1 = u_{20}/2 = u_{10}/(2\cos^{2/3}\gamma); \\ &s_2 = \Delta x = s(u_{20});\ \delta_2 = u_{20} = u_{10}/\cos^{2/3}\gamma. \end{aligned} \quad (2)$$

де s_1 - проміжна точка, а s_2 - повний шлях переходу, для випадку наїзду колеса на плоску похилу перешкоду, який згідно (3.42), (3.55) буде

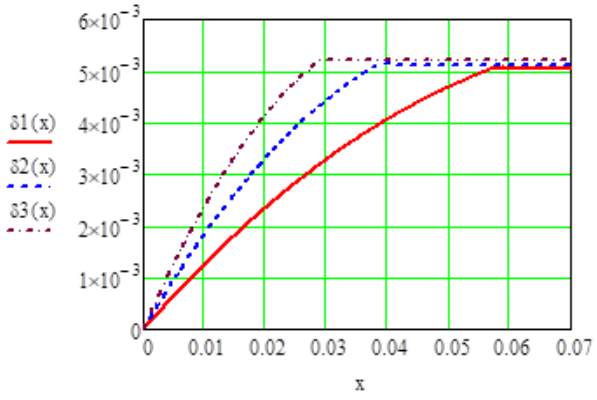
$$s_2 = \frac{u_{10}\cos\gamma + u_{10}/\cos^{2/3}\gamma}{\sin\gamma}. \quad (3)$$

Оскільки парабола проходить через нульову точку системи координат, то вона матиме вид $\delta = as(s-b)$. Тут a та b параметри які підлягають визначенню:

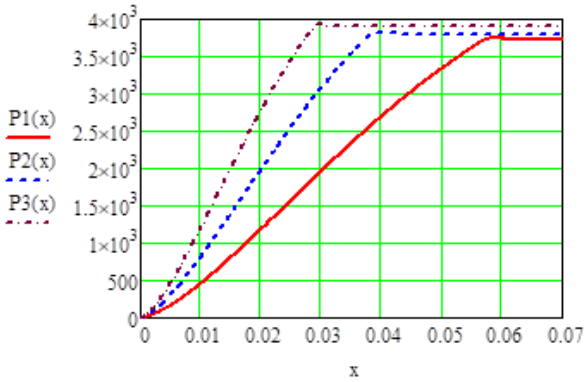
$$a = \frac{\frac{\delta_2}{s_2} - \frac{\delta_1}{s_1}}{s_1 - s_2};\ b = \frac{\frac{s_2^2}{\delta_2} - \frac{s_1^2}{\delta_1}}{\frac{s_2}{\delta_2} - \frac{s_1}{\delta_1}}. \quad (4)$$

Після втрати колесом зв'язку із дорожнім полотном, тобто повного його перекочування на похилу перешкоду, прогин колеса (шини) та реакція перешкоди на колеса більше не збільшуватиметься.

На рис.1 показано функції апроксимованого прогину δ колеса (а) та реакції перешкоди $\bar{P}_2$ від шляху накочення при безударному наїзді колеса на перешкоду і перенесенні реакції з дорожнього полотна на похилу перешкоду із різним кутом її нахилу при початковому прогині шини на дорожньому полотні $u_1 = 0{,}004$м.



а)



б)

Рисунок 1 Зміна прогину δ колеса а) та реакції перешкоди P_2 від шляху проходження автомобілем похилої перешкоди установлений, відповідно, під кутом (град):
1 - γ_1=10; 2 - γ_2=15; 3 - γ_3=20.

Література:

1.Солтус А.П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навчальний посібник для ВНЗ. – К.: Арістей, 2010. –155 с.

2. Грубель М.Г. Вплив відновлювальної сили пружної підвіски на коливання та стійкість руху колісних транспортних засобів/ М.Г. Грубель, Р.А. Нанівський, М.Б. Сокіл. // Перспективи розвитку озброєння і військової техніки СВ: тези доповідей Міжнародної НТК. – Львів: АСВ, 2014. – С. 35.