

¹О.Л. Ляшук, докт.техн. наук, проф., ²Б.І. Соکیل, докт.техн. наук, проф.,

¹Р.В. Хорошун, ³Ю.Д. Бодоряк

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, (Україна)

² Національної академії Сухопутних військ України ім. П. Сагайдачного, (Україна)

³Науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, (Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ КУТОВИХ КОЛИВАНЬ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

**O.L. Lyashuk, Dr., Prof., B.I.Sokil, Dr., Prof., R.V. Khoroshun, Y.D. Bodoriak
THE RESEARCH OF ANGULAR VIBRATIONS OF WHEELED VEHICLES**

До колісних транспортних засобів малої та середньої вантажності, що експлуатуються за значних швидкостей та у складних умовах руху пересіченою місцевістю ставляться значно жорсткіші вимоги щодо їх експлуатаційних характеристик. Вони стосуються не тільки двигуна, трансмісії та інших вузлів чи систем, а в першу чергу підвіски. Система підвіски таких транспортних засобів із лінійним або близьким до нього законом зміни відновлюючої сили не тільки не захищає від значних перевантажень (в т.ч. миттєвих), але й призводить до значної втоми водія чи людей при довготривалих перевезеннях.

Експериментальні та теоретичні дослідження вказують на те, що характеристика пружної сили, яка діє на підресорену масу, повинна задовольняти певним умовам, а саме деформація амортизаторів. Такі вимоги задовольняють підвіски із нелінійним зв'язком між відновлювальною силою та деформацією [1]. оскільки дослідження динаміки таких підвісок із нелінійною силовою характеристикою не отримало завершеного розвитку. Метою роботи є розроблення аналітичного методу дослідження поздовжньо-кутових коливань ПМ КТЗСП із нелінійною силовою СП для надання практичних рекомендацій щодо вибору основних силових параметрів за яких виконуються ергономічні вимоги експлуатації КТЗ за широкого спектру амплітуд поздовжньо - кутових коливань ПМ (динамічні навантаження на водія та людей при транспортуванні).

За розрахункову модель приймаємо плоску систему, яка наведена на рис. 1. Вона складається з не підресореної та підресореної частин, які взаємодіють між собою за допомогою системи підвіски (пружних амортизаторів та демпферних пристроїв). Задача полягає у отриманні функціональних залежностей, які описують основні параметри поздовжньо - кутових коливань ПЧ і одночасно були б базовими для визначення силових характеристик СП.

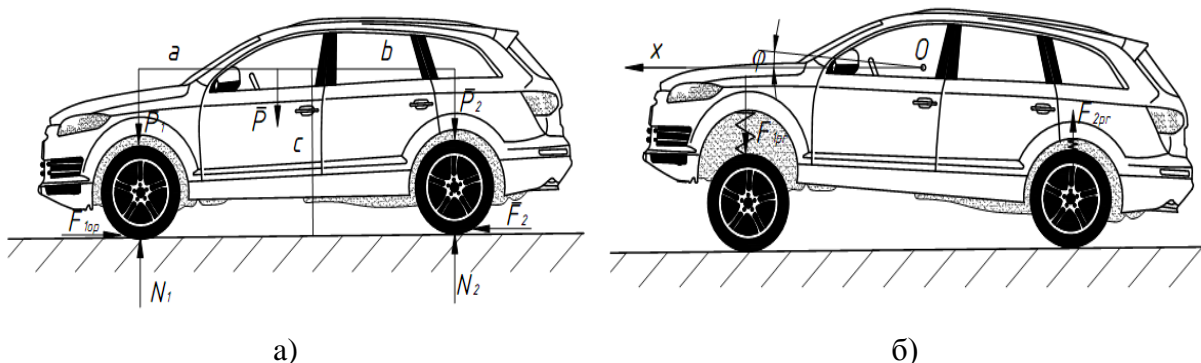


Рис 1. Розрахункова модель: а) загальний вигляд; б) розподіл зовнішніх сил, які діють на КТЗСП

Використаємо диференціальне рівняння позовжньо – кутових коливань ПМ КТЗСП

$$I_o \ddot{\varphi} = -a(F_{1pr} + R_{1op}) - b(F_{2pr} + R_{2op}), \quad (1)$$

де I_o - момент інерції ПЧ відносно горизонтальної осі, яка проходить через центр ваги і перпендикулярна до вектора швидкості переносного руху КТЗ, $I_o = P/(3g)(a^2 + b^2 + c^2/4)$, $\varphi(t)$ - відхилення в довільний момент часу від рівноважного положення ПМ. У положенні статичної рівноваги ПЧ величини пружних сил та сил опору можна записати у вигляді

$$F_{1pr} = c_1(\varphi a - \Delta_{st})^{\nu+1}, \quad F_{2pr} = c_2(\varphi b + \Delta_{st})^{\nu+1},$$

$$R_{1op} = \alpha_1 a^{\nu+2}(\dot{\varphi}(t))^{\nu+1}, \quad R_{2op} = \alpha_2 b^{\nu+2}(\dot{\varphi}(t))^{\nu+1} \quad (2)$$

З урахуванням (2) диференціальне рівняння (1) записати у вигляді

$$I_o \ddot{\varphi} + (c_1 a^{\nu+2} + c_2 b^{\nu+2})\varphi^{\nu+1} = (\nu+1)\Delta_{st}(c_1 a^{\nu+1} - c_2 b^{\nu+1})\varphi^\nu - [\alpha_1 a^{\nu+2} + \alpha_2 b^{\nu+2}]\dot{\varphi}^{\nu+1}. \quad (3)$$

Ефективність їх використання у значній мірі залежить від можливості побудови розв'язку незбуреного аналогу рівняння (3), тобто

$$I_o \ddot{\varphi}_0 + (c_1 a^{\nu+2} + c_2 b^{\nu+2})\varphi_0^{\nu+1} = 0. \quad (4)$$

Частоту власних коливань можна замінити більш зручною залежністю виходячи із наступних міркувань: якщо параметри “жорсткості” пружних амортизаторів СП КТЗ c_1 , c_2 зв'язані співвідношенням $c_2 = \kappa c_1$ ($\kappa = a/b$ - відома стала), то більш доцільно використати поняття статичної деформації пружних амортизаторів - Δ_{st} . В такому разі $c_1 = P/((1+\kappa)\Delta_{st}^{\nu+1})$, а частота власних коливань набуде значення

$$\omega(\alpha_\varphi) = \sqrt{P(a^{\nu+2} + \kappa b^{\nu+2})(\nu+2)/(2(1+\kappa)I_o \Delta_{st}^{\nu+1})} \alpha_\varphi^{\frac{\nu}{2}} \quad (5)$$

Якщо урахувати, що використані періодичні Ateb – функції[2] у вигляді [3,4] є $2\Pi = 2\sqrt{\pi}\Gamma(1/(\nu+2))\Gamma^{-1}(1/2+1/(\nu+2))$ періодичними за фазою, то власна частота f (у герцах) визначається залежністю

$$f = \frac{1}{2\Pi} \sqrt{3g(\nu+2)(a^{\nu+2} + \kappa b^{\nu+2})/(2(1+\kappa)(a^2 + b^2 + c^2/4)\Delta_{st}^{\nu+1})} \alpha_\varphi^{\frac{\nu}{2}}. \quad (6)$$

На рис. 2 за різних значень силових характеристик СП подано залежності власної частоти f коливань від амплітуди за таких значень параметрів $a = c = 1$ м; $b = 1,1$ м; $\kappa = 1,2$; $\Delta_{st} = 0,2$ м; $\Delta_{st} = 0,15$ м.

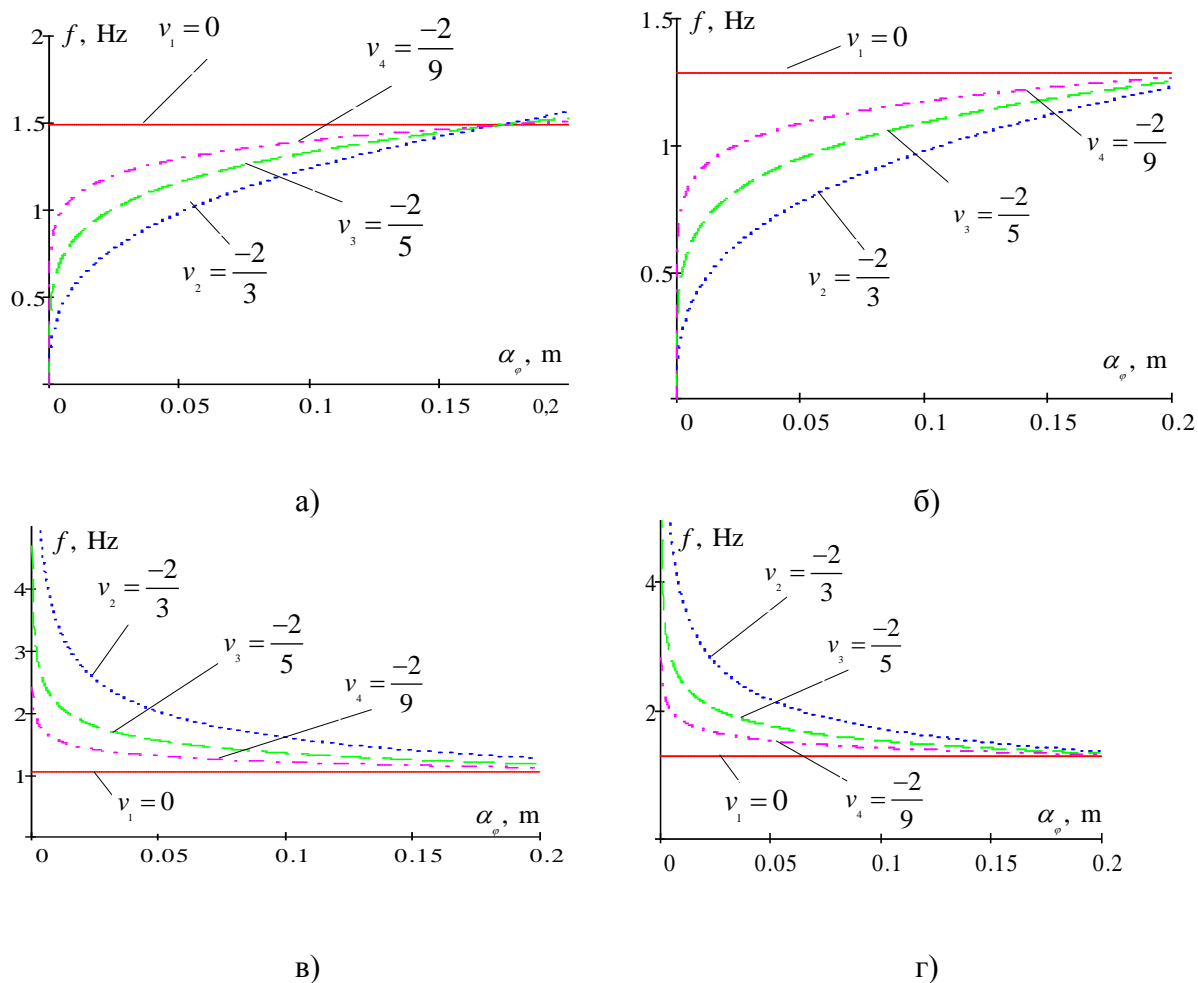


Рис.2. Залежність частоти власних поздовжньо - кутових коливань ПМ від амплітуди за різних значень силових характеристик СП із прогресивним (а-) та регресивним (в) законами зміни пружної сили

Представлені співвідношення та побудовані на їх базі графічні залежності показують одну із принципів різниць коливань ПЧ КТЗ із нелінійною характеристикою СП у порівнянні із лінійним її аналогом – частота власних коливань ПМ КТЗ залежить від амплітуди.

Література

1. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. – М. : Машиностроение, – 1972. – 392 с.
2. Кузьо І.В. Вплив параметрів підвіски на нелінійні коливання транспортних засобів / І.В. Кузьо, Б.І. Сокіл, В.М. Палюх // Вісник НУ “ЛП” “Динаміка, міцність та проектування машин і приладів”. – 2007. №588 – С. 49-52.
3. 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.
4. Грубель М.Г. Вертикальні коливання підресореної частини колісних транспортних засобів під дією випадкових збурень / М.Г. Грубель, О.П. Красюк, Р.А. Нанівський, М.Б. Сокіл // Наукові нотатки НТК. – Луцьк, 2014. – Вип. 46. – С. 112–116.