

PROSPECTS FOR THEORETICAL DEVELOPMENT OF THE PETROV-KISHYANUS ALL-TERRAIN VEHICLE WITH A CHANGE IN THE GEOMETRY OF THE WHEEL FORMULA OF THE CHASSIS

ПЕРСПЕКТИВИ ТЕОРЕТИЧНОЇ РОЗРОБКИ ВСЮДИХОДА ПЕТРОВА – КІШЯНУСА ЗІ ЗМІНЕННЯМ ГЕОМЕТРІЇ КОЛІСНОЇ ФОРМУЛИ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ

Leonid Petrov¹
Ihor Kishianus²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-354-5-32>

Енергія поступального руху всюдихода може бути показником його енергетичного рівня. Для підтримки встановленого руху всюдихода, його швидкість повинні підтримуватись «переходом» кінетичної в потенційну енергію і навпаки.



**Рис. 1. Випробування колісного всюдихода
на схилах гірської місцевості, виставковий варіант**

Сучасні всюдиходи для виконання процесу поступового руху використовують підвищений рівень дотичної сили тяги (рис. 1), яка виникає при контактуванні колісного рушія з опорною поверхнею і діє безпосередньо на колісний рушій. При відсутності реакції опорної поверхні дотична сила тяги відсутня. Для її відновлення необхідні більш детальні конструктивні удосконалення колісного рушія з метою примусового створення реакції опорної поверхні, а тим самим дотичної

¹ Odesa Military Academy, Ukraine

² Odesa Military Academy, Ukraine

сили тяги. Нами запропоновано конструктивні удосконалення всюдихода, до ходової частини якого під'єднано рухливе колесо яке перетворює потенційну енергію руху всюдихода в його кінетичну енергію та навпаки. Таким чином відбувається перекочування коліс всюдихода по опорній поверхні на (рис. 2), [1, с. 30–35].

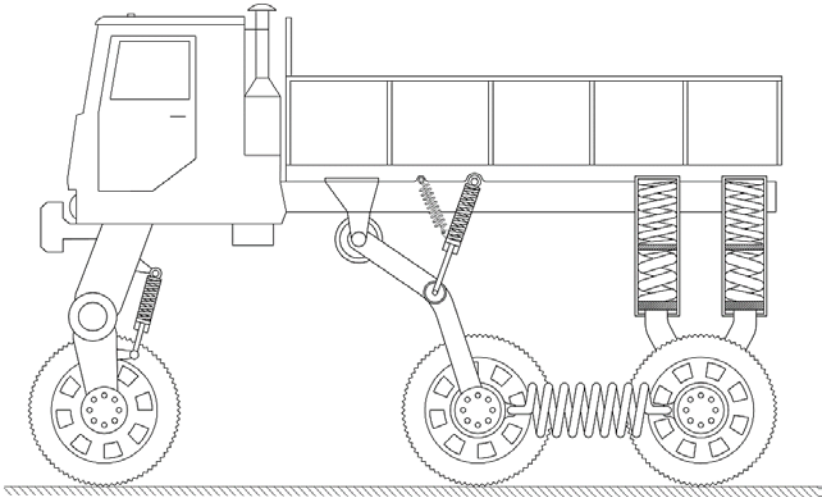


Рис. 2. Макетний зразок всюдихода

Задачею для створення запропонованого всюдихода являється вибір та обґрунтування кутів відхилення рухливого колеса ходової частини, кут відхилення якого впливає на реалізацію енергетичних показників технічних спроможностей всюдихода.

Нами проведені теоретичні дослідження коливального руху вільного колеса ходової частини всюдихода (рис. 3) з метою виявлення параметрів руху запропонованої конструкції в будь-яких умовах експлуатації.

Для спрощення теоретичних досліджень коливального руху вільного колеса ходової частини нами було запропоновано фізичну модель всюдихода.

В якості узагальненої координати прийнято кутове відхилення рухливого колеса від його положення з контактом у опорній поверхні – φ . В якості надлишкової координати використовуємо величину підйому колеса вгору до рами на величину – y .

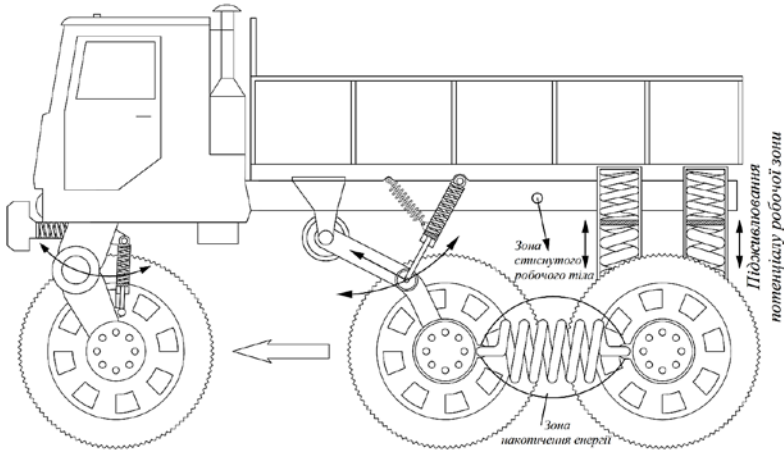


Рис. 3. Фізична модель всюдихода

Складемо рівняння моментів відносно шарніра А, який є нерухомою точкою системи – точка підвісу до рами рухливого колеса:

$$M_{відн} + M_{кол} + M_{інер} = 0 ; M_{відн} = -mg \cdot l \cdot \sin \varphi.$$

Будемо враховувати, що кут невеликий, тоді $M_{відн} = -mg \cdot l \cdot \varphi$.

Моментом колеса – $M_{кол}$ будемо нехтувати $M_{кол} = 0$.

Момент інерції рухливого колеса разом з підвісом:

$$M_{інер} = -I \cdot \varphi'' = -mJ^2 \cdot \varphi''.$$

Рівняння руху колеса разом з підвісом буде мати вигляд $mg l \cdot \varphi - mJ^2 \cdot \varphi'' = 0$.

Для перевірки створеної математичної моделі використовуємо рівняння Лагранжа складові енергії колеса з підвісом будуть мати вигляд:
– кінетична енергія

$$T = I \cdot \frac{(\varphi'')^2}{2} = m \cdot J^2 \cdot \frac{(\varphi'')^2}{2} ;$$

– потенційна енергія

$$\Pi = mg \cdot h = mg \cdot y,$$

де y – висота підйому колеса (надмірна координата)

$$Y = l - l \cdot \sin(\varphi) = 2l \cdot \sin^2\left(\frac{\varphi}{2}\right).$$

При малих кутах $y = l \cdot \frac{\varphi^2}{2}$.

Тоді вираз для потенційної енергії буде мати вигляд $\Pi = mg \cdot l \frac{\varphi^2}{2}$.

Загальне рівняння Лагранжа має вигляд

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} + \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} + \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi} = Q_{зовн} \quad (1)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = ml^2 \cdot \dot{\varphi}; \quad \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) = ml^2 \cdot \dot{\varphi}''; \quad \frac{\partial T}{\partial \varphi} = 0; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{\varphi}} = 0; \quad \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} = m \cdot g \cdot l \cdot \varphi.$$

Тоді рівняння руху буде мати вигляд: $m \cdot g \cdot l \cdot \varphi - m \cdot l^2 \cdot \varphi'' = 0$.

Зміна положення колеса відносно опорної поверхні: $y = L(1 - \cos \varphi)$

при малих кутах відхилення $y = L \frac{\varphi^2}{2}$.

Величина переміщення точки кріплення пружного елемента і демпфера

$$l_g = l \cdot \sin \varphi; \quad \text{при малих кутах } \varphi: l_g \cong l \cdot \varphi.$$

У межах малих відхилень деформацію пружного елемента будемо вважати близьким до величини переміщення, тобто l_g

За основу розрахунків скористаємось рівнянням Лагранжа (1)

Кінетична енергія запропонованої системи:

та потенційна енергія системи

$$T = \frac{U_{кол} \cdot (\dot{\varphi}')^2}{2} = \frac{ml^2 \cdot (\dot{\varphi}')^2}{2} \quad (2)$$

$$\Pi = m \cdot g \cdot y + \frac{cl_g}{2} = \frac{m \cdot g \cdot L \cdot \varphi^2}{2} + \frac{c \cdot l^2 \cdot \varphi^2}{2} = (m \cdot g \cdot L + c \cdot l^2) \cdot \frac{\varphi^2}{2} \quad (3)$$

Енергія узагальненого кута відхилення рухливого колеса:

$$\Phi = \frac{e \cdot l^2 (\dot{\varphi}')^2}{2}, \quad (4)$$

Φ – дисипативна функція, яка характеризує зменшення енергії з проміжком часу.

Похідні від (2, 3, 4) будуть мати вигляд

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi^I} = mL^2 \varphi^I; \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \varphi^I} \right) = mL^2 \cdot \varphi^{II}; \frac{\partial T}{\partial \varphi} = 0, \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} = (m \cdot g \cdot L + c \cdot l^2) \cdot \varphi;$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \varphi^I} = v \cdot l^2 \cdot \varphi^I.$$

Рівняння руху автомобіля буде мати вигляд:

$$m \cdot L^2 \cdot \varphi^I + v \cdot l^2 \cdot \varphi^I + (m \cdot g \cdot L + c \cdot l^2) \varphi = 0.$$

Канонічна форма цього рівняння має вигляд $\varphi^{II} + 2n \cdot \varphi^I + p^2 \cdot \varphi = 0$;

де $2n = \frac{v \cdot l^2}{m \cdot L}$ – відносний коефіцієнт демпфірування;

$$p^2 = \frac{(m \cdot g \cdot L + c \cdot l^2)}{m \cdot L^2} \text{ – власна частота системи.}$$

Якщо коефіцієнти n і p є сталими, і $n > p$ тоді

$$\varphi(x) = c_1 e^{-(n+\sqrt{n^2-p^2})x} + c_2 e^{-(n-\sqrt{n^2-p^2})x}$$

$$\text{Якщо } n < p, \text{ тоді } i = \sqrt{-1}; \varphi(x) = c_1 e^{-(n+i\sqrt{p^2-n^2})x} + c_2 e^{-(n-i\sqrt{p^2-n^2})x}$$

$$\text{або } \varphi(x) = c_1 e^{-nx} (\cos \beta x - \sin \beta x) + c_2 e^{-nx} (\cos \beta x + \sin \beta x),$$

де $\beta = \sqrt{p^2 - n^2}$ - узагальнений коефіцієнт демпфірування, власна частота системи. $\varphi(x) = e^{-nx} (c_3 \cos \beta x + c_4 \sin \beta x)$, де $\beta = \sqrt{p^2 - n^2}$, де c_1, c_2, c_3, c_4 – невідомі коефіцієнти, що визначаються початковими умовами.

Якщо $\varphi(x)=0$, тоді

$$\varphi(x) = c_1 \left(e^{-(n+\sqrt{n^2-p^2})x} - e^{-(n-\sqrt{n^2-p^2})x} \right);$$

$$\varphi(x) = c_2 e^{-nx} \sin \beta x,$$

$$\text{де } \beta = \sqrt{p^2 - n^2}.$$

Результати розрахунків приведено на (рис. 4) з якого ми бачимо, що на кут відхилення φ рухливого колеса більший вплив має власна частота коливання рухливого колеса ніж відносний коефіцієнт демпфірування.

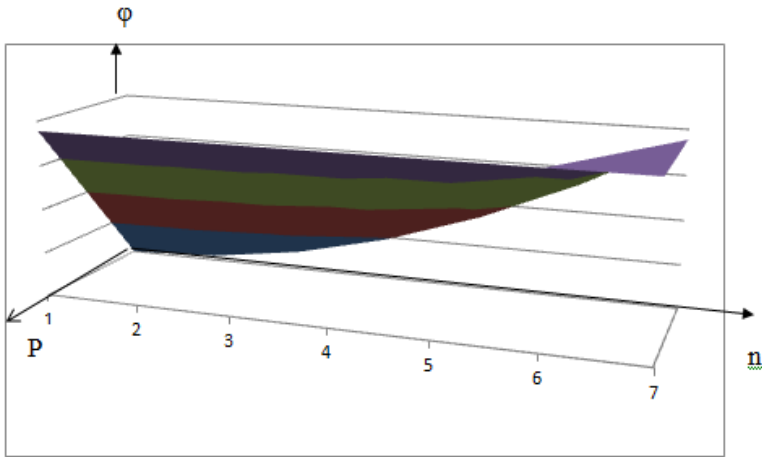


Рис. 4. Залежність кутового відхилення рухливого колеса Φ від його положення з контактом у опорній поверхні

Список використаних джерел:

1. Кубіч В. І. Особливості конструкції всюдихідних комбінованих колісних рушіїв : навчальний посібник. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. 195 с. ISBN 978-617-529-251-8