

ЕФЕКТ ТЯГНУЧОГО ПУЗИРЯ КОЛІСНОГО РУШІЯ ДОЦЕНТА Л.М. ПЕТРОВА

Л.М. Петров, канд. техн. наук.
Одеський аграрний університет

В статті розглянута математична залежність відтворення руху колісного рушія за один оберт. Отримана тригонометрична залежність зміни плеча кочення та кінетичної енергії за один оберт. Встановлено перетворення сліду контакту в головний момент сил інерції тягнучого пузиря.

ВСТУП

Велика роль у піднятті працездатності с-г виробництва відводиться новим потужним сільськогосподарським тракторам. Нові трактори повинні мати підвищену енергонасиченість та працювати на більш підвищених швидкостях. Для цього необхідно відпрацювання конструктивних розробок нових технологічних рішень, а також обґрунтування основних параметрів, пов'язаних з коченням колісного рушія.

При взаємодії ходової частини колісного трактора з ґрунтом він деформується. Деформація залишається у вигляді колії, а також у миттєвій деформації шини.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Уявимо колісний рушій радіусом R на який припадає гравітаційна вага G і який може обертатися біля горизонтальної осі, перпендикулярної до площини креслення і проходить через точку O . Колесо починає обертатися без початкової кутової швидкості, рис. 1.

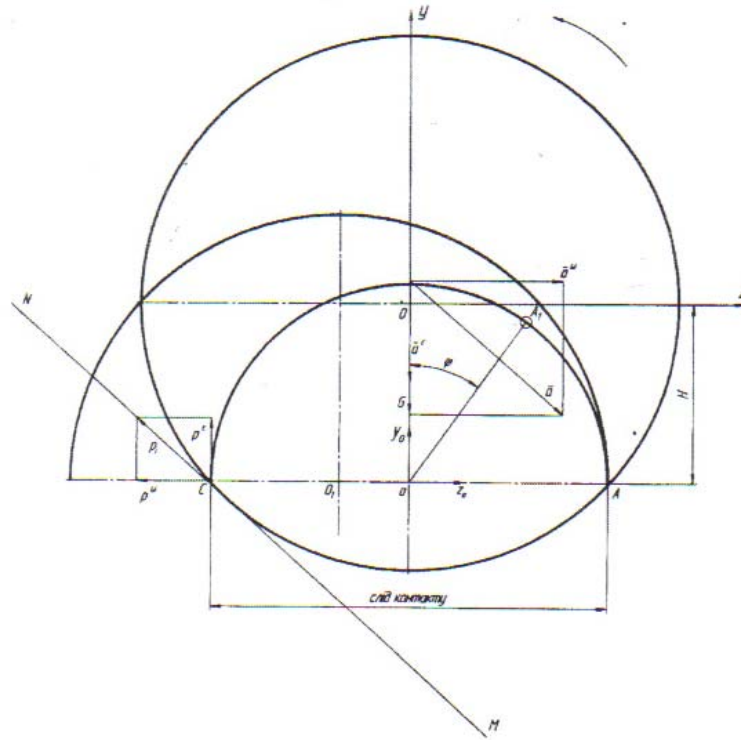


Рис. 1. Схема обертання колеса

Знайдемо кутову швидкість та кутове прискорення при горизонтальному положенні п'ятна контакту – відрізка AC .

Уявимо собі, що при обертанні колісного рушія слід контакту, відрізок $\frac{AC}{2}$ обертається біля осі Z перпендикулярної до площини креслення. При цьому траєкторія точки A буде описуватись радіусом AC , таким чином точка A перейде в точку C .

Знайдемо спочатку кутову швидкість колісного рушія в момент, коли відрізок ZA складає з вертикальною віссю кут φ . Skorистуємося теоремою щодо змінення кінетичної енергії механічної системи у формі рівняння [1,2].

$$T - T_0 = \sum A_i^z, \quad (1)$$

де $T_0 = 0$, так як рух колісного рушія почався зі стану спокою.

Швидкості точок колісного рушія у місці контакту з поверхнею при сферичному русі в кожний момент можна розглядати як обертання біля миттєвої вісі обертання [1,2]. Тому кінетична енергія сліду контакту, яке здійснює сферичний рух в даний момент визначається з формули:

$$T = \frac{1}{2} I_z \omega^2, \quad (2)$$

Момент інерції сліду контакту відносно осі його обертання z знайдемо з формули:

$$I_z = I_C + m \cdot R^2 = \frac{m \cdot R^2}{2} + m \cdot R^2 = \frac{3}{2} \cdot m \cdot R^2, \quad (3)$$

де m – вага, яка прикладена до сліду контакту.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Підставимо значення I_z з формули (2) у формулу (3). Тоді отримуємо рівняння

$$T = \frac{3}{4} \cdot m \cdot R^2 \cdot \omega^2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{G}{g} \cdot R^2 \cdot \omega^2, \quad (4)$$

Роботу по подоланню сил опору від сил ваги визначимо по формулі

$$A_G = G \cdot H = G \cdot R \cdot (1 - \cos \varphi), \quad (5)$$

Як відомо при встановленому русі тягового засобу робота рушійних сил дорівнює абсолютній роботі сил опору []. Тоді прирівнюємо формули (4) та (5)

$$\frac{3}{4} \cdot \frac{G}{g} \cdot R^2 \cdot \omega^2 = G \cdot R \cdot (1 - \cos \varphi), \quad (6)$$

З формули (6) отримуємо кутову швидкість обертання сліду контакту:

$$\omega^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{g}{R} \cdot (1 - \cos \varphi), \quad (7)$$

а також

$$\omega = 2 \sqrt{\frac{g}{3R} (1 - \cos \varphi)}, \quad (8)$$

Формулу (8) продиференціюємо по часу:

$$2 \cdot \omega \cdot \frac{d\omega}{dt} = \frac{2}{3} \cdot \frac{g}{R} \cdot \sin \varphi \cdot \frac{d\varphi}{dt}, \quad (9)$$

Інакше (9) набуває вигляду:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{2}{3} \cdot \frac{g}{R} \cdot \sin \varphi, \quad (10)$$

Визначаємо кутову швидкість сліду контакту ω та кутове прискорення ε

при $\varphi = \frac{\pi}{2}$,

$$\cos \varphi = 0,$$

$$\sin \varphi = 1.$$

$$\omega = 2 \sqrt{\frac{g}{3R}}, \quad \varepsilon = \frac{2}{3} \cdot \frac{g}{R} \quad (11)$$

Розглянутий випадок відповідає обертанню сліду контакту, яке має площину матеріальної симетрії, біля осі, перпендикулярної до цієї площини. Як відомо з [1,2], коли осередок сліду контакту не лежить на осі обертання, тоді сили інерції його точок приводяться до рівнодіючої. Визначимо модулі рівнодіючих обертальних та центробіжних сил інерції точок сліду контакту

$$P^\varepsilon = m \cdot a_A^\varepsilon = m \cdot R \cdot \varepsilon = \frac{G}{g} \cdot R \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{g}{R} = \frac{2}{3} \cdot G, \quad (12)$$

$$P^\omega = m \cdot a_A^\omega = m \cdot R \cdot \omega^2 = \frac{G}{g} \cdot R \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{g}{R} = \frac{4}{3} \cdot G$$

Сили P^ε та P^ω направлені протилежно обертальному та центроспрямованому прискоренням центра ваги сліду контакту a^ω та a^ε .

Домовимося, що лінія NM являється лінією дії рівнодіючої сил інерції P_i та прикладемо цю силу у точці K , яка знаходиться на горизонтальному шляху.

Прикладемо до сліду контакту силу ваги \bar{G} . Замінімо дію опорної поверхні у центрі сліду контакту на колісний рушій реакцією, розклавши її на складові: \bar{Y}_0 та \bar{Z}_0 . Для визначення цих складових по принципу Германа – Ейлера – Даламбера складемо для плоскої системи сил $\bar{G}, \bar{Y}_0, \bar{Z}_0, P^\varepsilon, P^\omega$, які діють на колісний рушій, рівняння проєкцій на осі Y та Z :

$$\sum Y_i = 0, \quad Y_0 - P^\omega = 0$$

Відкіля $Y_0 = P^\omega = \frac{4}{3} \cdot G$

$$\sum Z_i = 0, \quad -G + Z_0 + P^\omega = 0,$$

Відкіля $Z_0 = G - P^\varepsilon = \frac{1}{3} \cdot G$

Знайдемо модуль рівнодіючої сили інерції

$$P_i = \sqrt{(P^\varepsilon)^2 + (P^\omega)^2} = \frac{2}{3} \cdot G \cdot \sqrt{5}, \quad (13)$$

На рис. 2. наведена схема контакту колісного рушія з опорною поверхнею.

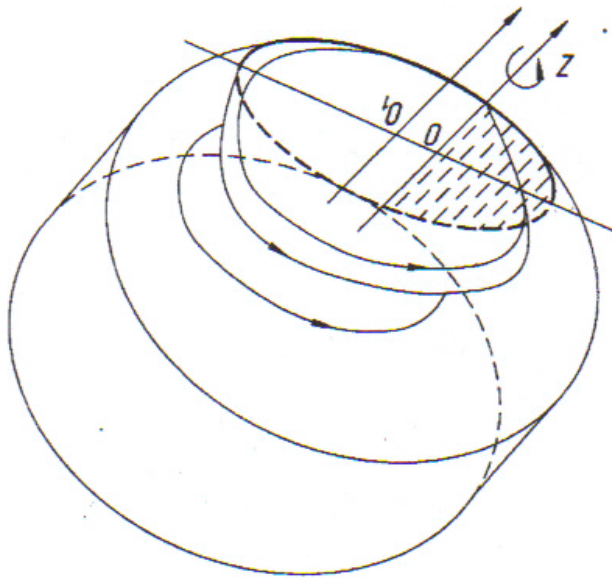


Рис. 2. Схема контакту колісного рушія з опорною поверхнею.

Згідно рис. 2. слід контакту уявляє з себе фігуру наближену до еліпса з полюсами a та b , рис. 3.

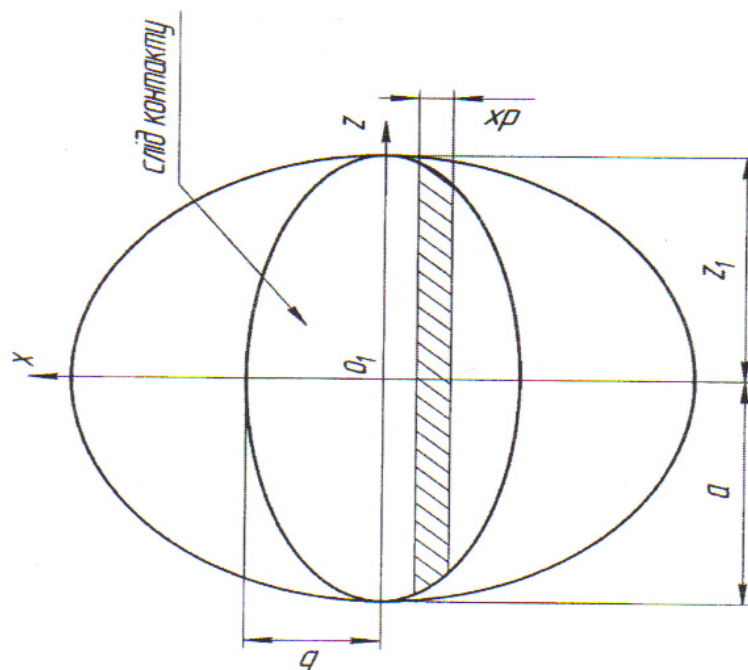


Рис. 3. Геометрична схема сліду контакту.

Знайдемо величину головного моменту сил інерції відносно точки O_i – осі X .

$$M^{P_i} = I_x \cdot \varepsilon \quad (14)$$

де I_x – момент інерції еліпса відносно осі X .

Представимо момент інерції еліпса як суму моментів інерції елементарних прямокутників висотою Z та шириною dx :

$$I_x = \int_F \frac{z^3 dx}{12} = \frac{b^3}{a^3} \int_F \frac{z_i^3 dx}{12} \quad (15)$$

Інтеграл в формулі (15) уявляє з себе момент інерції кола радіуса в відносно осі X і який при коленні колеса перетворює слід контакту в тянучий пупир. Цей момент інерції дорівнює

$$I_{xk} = \frac{\pi b^4}{4} \quad \text{чи} \quad I_{xk} = \frac{3}{2} \cdot \frac{G}{g} \cdot R^2, \quad (16)$$

де $R=b$.

Підставимо знайдене значення моменту інерції в (14) та отримуємо величину головного моменту сил інерції відносно точки O , сліду контакту:

$$M^{P_i} = \frac{b^3}{a^3} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{G}{g} R^2 \cdot \varepsilon = \frac{b^3}{a^3} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{G}{g} R^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{g}{R} \cdot \sin \varphi, \quad (14)$$

де a – ширина сліду контакту;

b – довжина сліду контакту.

Для механічної системи:

$$\begin{aligned} M^{P_i} + M_0 &= 0 \\ |M^{P_i}| &\neq M_0^P = G \cdot R \end{aligned} \quad (18)$$

Рівняння (18) буде виконуватись при умові коли кут $\varphi = \frac{\pi}{2}$ та слід контакту буде обертатися як кругле тіло.

Відстань від точки O до лінії дії сили інерції P^i знайдемо по формулі:

$$h = \frac{|M^{P_i}|}{P_i} = \frac{\frac{b^3}{a^3} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{G}{g} \cdot b^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{g}{R} \cdot \sin \varphi}{\frac{2}{3} \cdot G \sqrt{5}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot \frac{b^3}{a^3} \cdot \frac{b^2}{R} \cdot \sin \varphi \quad (19)$$

Згідно з формулою (2) кінетична енергія, як реалізується слідом контакту остаточно буде мати вигляд:

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{G}{g} \cdot b^2 \cdot \left(2 \sqrt{\frac{g}{3R}} (1 - \cos \varphi) \right)^2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{G}{g} \cdot b^2 \cdot 4 \cdot \frac{g}{3R} (1 - \cos \varphi) = \\ &= \frac{G}{g} \cdot \frac{b^2}{R} \cdot (1 - \cos \varphi) \end{aligned}$$

Схема щодо виконання процесу з ефекту тягнучого пузирями наведена в рис. 4.

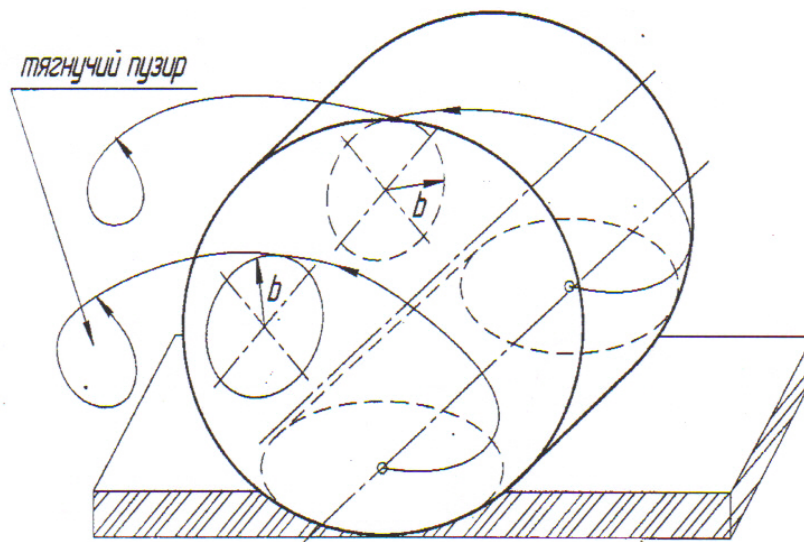


Рис. 4. Схема виконання процесу ефекту тягнучого пузиря.

ВИСНОВКИ

1. Отримані математичні залежності відтворення руху колісного рушія за один оборот, які показують тригонометричну зміну плеча кочення та кінетичної енергії за один оборот.
2. Встановлено, що при коченні колісного рушія слід контакту колеса з опорною поверхнею перетворюється в коло, яке сприяє виникненню головного моменту сил інерції тягнучого пузиря.
3. Врахування головного моменту сил інерції і тягнучого пузиря у динамічних розрахунках дозволить створити колісні рушії з новими можливостями.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики «Наука», 4.І. – 1965 – 560 с.
2. Воронков И.М. Курс теоретической механики. Физмашгиз. – 1954, – 456 с.

ЭФФЕКТ ТЯНУЩЕГО ПУЗЫРЯ КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ ДОЦЕНТА Л.Н. ПЕТРОВА

Л.Н. Петров

Резюме

В статье рассмотрена математическая зависимость воспроизведения движения колесного движителя за один оборот. Полученная тригонометрическая зависимость изменения плеча качения и кинетической энергии за один оборот. Установлено преобразования следа контакта в главный момент сил инерции тянущего пузыря.

EFFECT OF HEAVING BUBBLE UP OF THE WHEELED DVIGITELY ASSOCIATE PROFESSOR OF L. N. PETROV

L.N. Petrov

Summary

In the article there is the considered mathematical dependence of reproduction of motion of wheeled dvigitelya for one turn. Got trigonometric dependence of change of shoulder of kacheniya and kinetic energy for one turn. Transformations of track of contact are of contact are set to the main moment of forces of inertia of heaving bubble up.