

УДК 629.3.014.7+629.3.022.4

Л.М. Петров, канд. техн. наук, доц., Одес. держ.
аграр. ун-т

ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ КОЛІСНОГО РУШІЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ГНУЧКИМ БАНДАЖЕМ

Л.М. Петров. Елементи теорії колісного рушія транспортного засобу з гнучким бандажем. Розглянуто розв'язання задачі накопичення енергії гнучким бандажем з подальшим її перетворенням в рух транспортного засобу. Проведено математичний аналіз і отримано формулу для закручуючого моменту від параметрів колісного рушія і гнучкого бандажа.

Ключові слова: закручуючий момент, гнучкий бандаж, рушій, накопичення енергії, пружна енергія

Л.Н. Петров. Элементы теории колесного движителя транспортного средства с гибким бандажом. Рассмотрено решение задачи накопления энергии гибким бандажом с дальнейшим ее преобразованием в движение транспортного средства. Проведен математический анализ и получена формула для закручивающего момента от параметров колесного движителя и гибкого бандажа.

Ключевые слова: закручивающий момент, гибкий бандаж, движитель, накопление энергии, упругая энергия

L.M. Petrov. Elements of the wheel propulsion theory of a vehicle with a flexible band. The solution of the problem of energy storage by the flexible band, with its further transformation into the vehicle's motion, is considered. The mathematical analysis is carried out and the formula for the twisting moment of the parameters of the wheel propeller and of the flexible band is obtained.

Keywords: the twisting moment, the flexible band, propeller, energy storage, the elastic energy

Розвиток транспортних засобів розширює номенклатуру конструкцій колісних рушіїв на пневматичних шинах та стимулює інтенсифікацію науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, які спрямовані на більш повне задоволення експлуатаційних вимог, зниження ваги та удосконалення технології реалізації крутного моменту на колесі.

Особливістю робочого процесу колісного рушія транспортного засобу є непостійність його розмірів, що обумовлюється пружною деформацією пневматичної шини при її взаємодії з опорною поверхнею. При цьому ступінь зміни розмірів залежить від пружних властивостей шини. Така характеристика має важливе теоретичне і практичне значення, оскільки безпосередньо входить в рівняння коливальної динамічної системи дорога-колесо-машина і використовується при розв'язанні задачі підвищення якісних показників кочення колісного рушія.

Методика передачі обертального моменту через еластичне колесо відома [1]. При створенні моделі процесу кочення ведучого колеса автором запропоновано взяти до уваги, що обід колеса має особливо високу тангенціальну еластичність. Завдяки такій теорії було встановлено, що автомобільна шина має значну еластичність не тільки в радіальному, але й в тангенціальному напрямках, а тому передача тягової сили помітно змінює радіус кочення ведучого колеса.

В подальших дослідженнях розроблено найбільш складну та важку у прикладному відношенні задачу кочення еластичного колеса по ґрунту, яка вирішується на основі попереднього вибору формули кривої, що відповідає поздовжній лінії контакту взаємодіючих тіл [2]. Запропоновано використовувати гравітаційний момент шляхом впровадження в трансмісію трактора гравітаційного кидача, отримано рівняння для сили підтримки руху трактора [3].

Розглянуто питання теорії колісного рушія з гнучким бандажем та динамічне навантаження колісного рушія гравітаційною складовою [4, 5]. В результаті запропоновано колісний рушій з гнучким бандажем транспортного засобу [5] (рис. 1).

Постає необхідність дослідження підвищення якісних показників колісних рушіїв транспортних засобів.

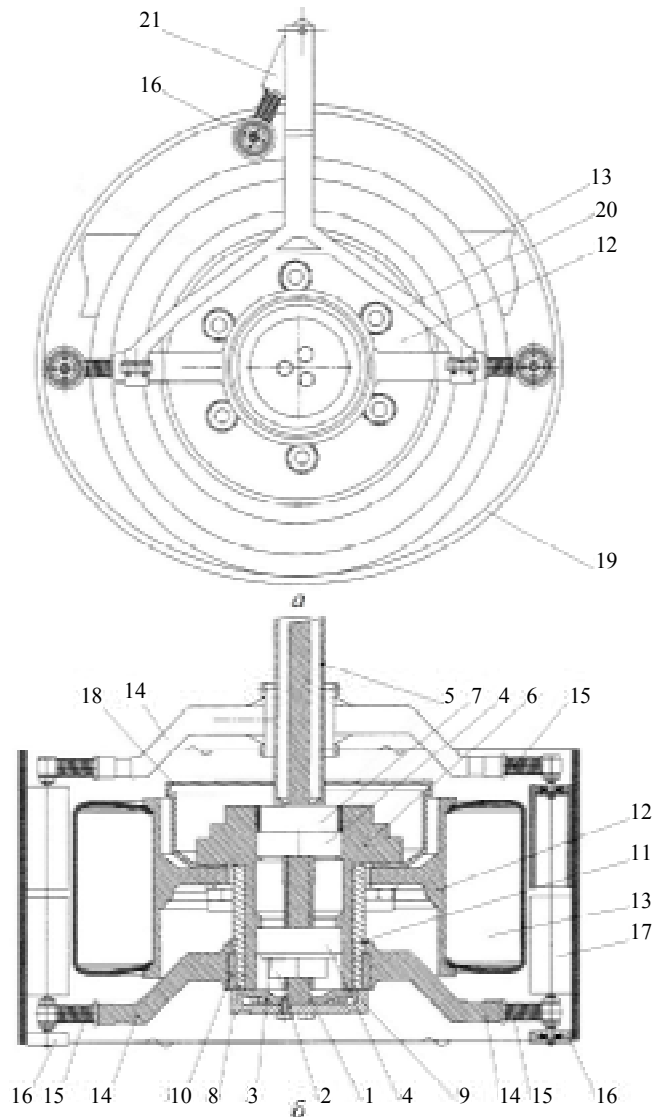


Рис. 1. Транспортний засіб з гнучким бандажем, вигляд збоку (а), зверху (б): 1 — фланець півосі; 2 — гайка; 3 — замкова шайба; 4 — конічні роликові підшипники; 5 — картер півосі; 6 — маточина; 7 — мандріжета; 8 — втулка; 9 — кришка втулки; 10 — підшипник ковзання; 11 — кільце стопорне; 12 — диск; 13 — Шина; 14 — реактивні важелі; 15 — пружини стискування; 16 — малі ролики натягування; 17 — великі ролики натягування; 18 — барабан гальмівний; 19 — гнучкий бандаж; 20 — кронштейн; 21 — реактивний важіль маятникового типу

Крутний момент M від трансмісії автомобіля (на кресленні не показано) за допомогою півосі 1 підводиться до диска 12 і до шини 13. Затиснутий між шиною і опорною поверхнею гнучкий бандаж 19, пересуваючись по ролику 16, примушує його разом з важелем 21 маятникового типу повертатися на шарнірі, таким чином важіль 21 через шарнір примушує транспортний засіб отримати додатково імпульс сили відносно опорній поверхні і тим самим зменшити буксування шини на опорній поверхні. Такий перелік операції дозволяє здійснювати рекуперацію роботи стиснутої шини у її гравітаційне навантаження з випередженням на величину деформації шини.

Основним завданням проведення досліджень було встановлення відповідності накопиченої енергії і енергії, яка передається транспортному засобу від трансмісії.

Для розв'язання задачі накопичення енергії гнучким бандажем з подальшим її перетворенням у рух транспортного засобу спочатку розглядається випадок, коли гнучкий бандаж не за-

тримується в зоні контакту шини з опорною поверхнею (рис. 2). У цьому випадку гнучкий бандаж не навантажується моментом M_0 . Невідомі сили, які викликані зв'язком шини колісного рушія з гнучким бандажем, можна розкласти на дві перпендикулярні складові R_x та R_y .

Вісь y вибрано так, що вона проходить через центр колісного рушія та рухомого ролика. Закручуючий момент в гнучкому бандажі направлений проти годинникової стрілки і дорівнює

$$T = R_x r, \quad (1)$$

де r — кінематичний радіус колеса;

R_x — горизонтальна складова дотичної сили тяги.

Для моменту, який діє в точці гнучкого бандажа, яка визначається координатами x і y ,

$$M = R_x(r + y) - R_y x = T \left(1 + \frac{y}{d}\right) - R_y x, \quad (2)$$

де d — діаметр колеса;

R_y — вертикальна складова дотичної сили тяги.

Повна пружна енергія [6] зігнутого бандажа визначається за формулою [1]

$$U = \frac{1}{2} \int_0^l \frac{M^2}{B} ds, \quad (3)$$

де B — постійна жорсткість при згині;

l — повна довжина гнучкого бандажа;

ds — елементарна відстань.

При умові, що точка прикладання R_y нерухома, за теоремою Кастиліано рівняння кута відхилення

$$\Theta = \frac{\partial U}{\partial R_y} = \frac{1}{B} \int_0^l M \frac{\partial M}{\partial R_y} ds = -\frac{1}{B} \int_0^l \left(T \left(1 + \frac{y}{d}\right) - R_y x \right) x ds. \quad (4)$$

При відхиленні рухомого ролика 3 (див. рисунок 2) шляхом дії на нього гнучкого бандажа з моментом закручування T рівняння кута відхилення колісного рушія

$$\Theta = \frac{\partial U}{\partial T} = \frac{1}{B} \int_0^l M \frac{\partial M}{\partial T} ds = \frac{1}{B} \int_0^l \left\{ T \left(1 + \frac{y}{d}\right) - R_y x \right\} \left(1 + \frac{y}{d}\right) ds. \quad (5)$$

Після ряду перетворень можна отримати:

— з рівняння (4)

$$R_y \int_0^l x^2 ds = T \int_0^l \left(x + \frac{xy}{d} \right) ds; \quad (6)$$

— з рівняння (5)

$$B\Theta = T \int_0^l \left(1 + 2\frac{y}{d} + \frac{y^2}{d^2} \right) ds - R_y \int_0^l \left(x + \frac{xy}{d} \right) ds. \quad (7)$$

Застосувавши поняття “приблизної симетрії” гнучкого бандажа, можна прийняти

$$\int_0^l x ds = \int_0^l y ds = \int_0^l xy ds = 0. \quad (8)$$

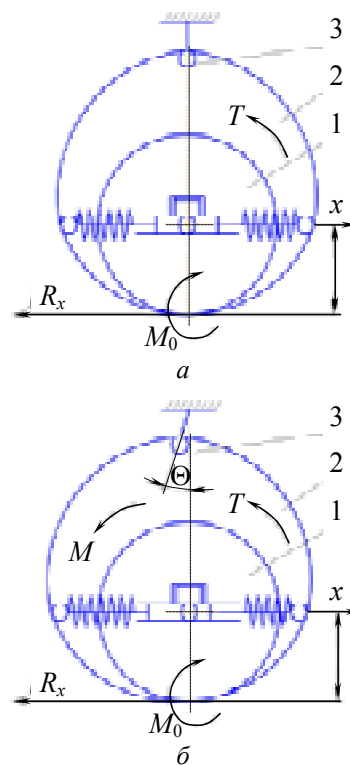


Рис. 2. Схема навантаження колісного рушія 1 з гнучким бандажем 2 та рухомих роликів 3: до початку руху (а); під час руху (б)

Тоді з (6) та (7)

$$R_y = 0; \quad B\Theta = T \int_0^l \left(1 + \frac{y^2}{r^2} \right) ds. \quad (9)$$

У випадку, коли гнучкий бандаж затримується в зоні контакту шини колісного рушія з опорною поверхнею, в плямі контакту з'явиться додатковий момент M_0 . Умовою затримки гнучкого бандажа можна ввести додаткове співвідношення

$$\frac{\partial U}{\partial M_0} = 0. \quad (10)$$

Закручуючий момент T , який діє на гнучкий бандаж, обчислюється за формулою

$$T = R_x r + M_0. \quad (11)$$

Приймаючи до уваги (1) і замінюючи (2), можна отримати

$$M = R_x(r + y) + M_0 - R_y x = T \left(1 + \frac{y}{r} \right) - M_0 \frac{y}{r} - R_y x. \quad (12)$$

Згідно з умовою (10) необхідно, щоб виконувалась рівність

$$\int_0^l \left\{ T \left(1 + \frac{y}{r} \right) - M_0 \frac{y}{r} - R_y x \right\} \frac{y}{r} ds = 0. \quad (13)$$

Рівняння (4) замінюється рівнянням

$$\int_0^l \left\{ T \left(1 + \frac{y}{r} \right) - M_0 \frac{y}{r} - R_y x \right\} x ds = 0, \quad (14)$$

а рівняння (5) замінюється рівнянням

$$B\Theta = \int_0^l \left\{ T \left(1 + \frac{y}{r} \right) - M_0 \frac{y}{r} - R_y x \right\} \left(1 + \frac{y}{r} \right) ds. \quad (15)$$

Якщо застосувати умову (8) та прийняти до уваги рівняння (11), то

$$T = M_0, \quad R_x = R_y = 0.$$

Тоді у відповідності з рівнянням (15) остаточний розв'язок

$$B\Theta = \int_0^l T ds = Tl. \quad (16)$$

З викладеного можна зробити висновки:

— шляхом теоретичних розрахунків встановлено чинники впливу на зміну геометрії гнучкого бандажа;

— виявлено параметри кутового навантаження колісного рушія та рівняння швидкості передачі енергії колісному рушію в залежності від швидкості зміни закручуючого моменту.

Література

1. Чудаков, Е.А. Теория автомобиля / Е.А. Чудаков. — М.: Машиностроение, 1950. — 343 с.
2. Водяник, И.И. Воздействие ходовых систем на почву (научные основы) / И.И. Водяник. — М.: Агропромиздат, 1990. — 172 с.
3. Петров, Л.М. Теоретичне дослідження руху трактора "Гравімет" / Л.М. Петров // Аграр. вісн. Причорномор'я. — Одеса, 2007. — Вип. 40. — С. 56 — 61.
4. Петров, Л.М. Теорія колісного рушія з гнучким бандажем і динамікою навантаження гравітаційною складовою / Л.М. Петров // Аграр. вісн. Причорномор'я. — Одеса, 2010. — Вип. 55. — С. 3 — 9.

5. Патент на корисну модель №54667, Україна. Спосіб Петрова рекуперації роботи стиснутої шини у її гравітаційне навантаження з випередженням на величину деформації шини / Л.М. Петров, О.Г. Ткач // Бюл. — 2010. — № 22.
6. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев; Отв. ред. Г.С. Писаренко. — 2-е изд., перераб. и доп. — К.: Наук. думка, 1988. — 736 с.

References

1. Chudakov, E.A. Teoriya avtomobilya [Automobile Theory] / E.A. Chudakov. — Moscow, 1950. — 343 p.
2. Vodyanik, I.I. Vozdeystvie khodovykh sistem na pochvu (nauchnye osnovy) [The Impact of Running Systems on Soil (Scientific Foundations)] / I.I. Vodyanik. — Moscow, 1990. — 172 p.
3. Petrov, L.M. Teoretychne doslidzhennia rukhu traktora "Hravimet" [Theoretical Study of "Gravimet" Tractor's Motion] / L.M. Petrov // Ahrar. visn. Prychornomia [The Agrarian Herald of the Black Sea Region] — Odesa, 2007. — Issue 40. — PP. 56 — 61.
4. Petrov, L.M. Teoriia kolisnoho rushiia z hnuchkym bandazhem i dynamikoju navantazhennia hraitatsiinoiu skladovoiu [The Theory of a Wheel Propeller with a Flexible Band and Load Dynamics with a Gravitational Constituent] / L.M. Petrov // Ahrar. visn. Prychornomia [The Agrarian Herald of the Black Sea Region] — Odesa, 2010. — Issue 55. — PP. 3 — 9.
5. Patent na korysnu model #54667, Ukraina. Sposib Petrova rekuperatsii roboty stysnutoi shyny u yii hraitatsiine navantazhennia z vyperedzhenniam na velychynu deformatsii shyny [The Patent for the Useful Model # 54667, Ukraine. Petrov's Method for Recuperation of a Constricted Tire into its Gravitational Load with Advancing for the Tire's Deformation Value] / L.M. Petrov, O.H. Tkach // Biul. [Newsletter] — 2010. — # 22.
6. Spravochnik po soprotivleniyu materialov [A Handbook in the Strength of Materials] / G.S. Pisarenko, A.P. Yakovlev, V.V. Matveev; edited by G.S. Pisarenko. — 2-nd edition — Kyiv, 1988. — 736 p.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. політехн. ун-ту Оробей В.Ф.

Надійшла до редакції 08 квітня 2011 р.