

УДК 629.3.032 + 629.3.028

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

ЗАСТОСУВАННЯ ВІДОКРЕМЛЕНОГО ЦИКЛУ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО РУХУ КОЛІСНОГО РУШІЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Вступ. Тягово-транспортний засіб рухається в результаті дії на нього різноманітних сил, які можна поділити на сили, які сприяють його руху, та сили, які чинять опір його руху.

Основною силою, яка сприяє руху тягово-транспортного засобу, є тягова сила, прикладена до ведучих коліс. Тягова сила або дотична сила тяги виникає у результаті роботи енергетичного пристрою тягово-енергетичного засобу, який перетворює хімічну енергію палива у механічну, та викликана взаємодією ведучих коліс з опорною поверхнею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Транспортний засіб характеризують такі основні параметри: дотична сила тяги, крутний момент та потужність, які визначають якісні показники колісного рушія [1...3]. У загальному випадку в результаті взаємодії колісного рушія з опорною поверхнею ці параметри можуть змінюватись. Для дослідження процесу переміщення транспортного засобу значний інтерес представляє його вивчення при постійному значенні одного з цих параметрів. До основних віднесемо:

- дотичну силу тяги $P=\text{const}$;
- крутний момент на колісному рушії $M=\text{const}$.

Існує загальний метод дослідження основних робочих процесів, який полягає в наступному:

- формулюються особливості, які враховують порядок протікання цього процесу;
- встановлюються залежності між основними параметрами робочого процесу на його початку та його кінці.

Шина дотикається до шляху великою кількістю точок, утворюючи область контакту рівнодіючої елементарних сил, які діють зі сторони шляху на колесо у області контакту і є реакцією шляху на колесо, що можна представити у вигляді трьох складових:

- нормальної Z , перпендикулярної до шляху;
- дотичної X , яка діє у площині колеса;
- поперечної Y , яка лежить у площині шляху та перпендикулярна площині колеса.

У колеса, яке котиться, рівнодіюча Z зміщена від вертикального діаметра колеса на деяку відстань. При коченні еластичного колеса по міцному шляху зовнішні витрати відсутні, і зміщення рівнодіючої обумовлено витратами енергії на подолання внутрішнього тертя у шині [3]. Нижня частина колеса (шини), що котиться, то стискається, то розтягується (рис. 1). Між частинами шини виникає тертя, виділяється тепло, яке розсіюється. Робота, яка витрачається на деформацію шини, не повертається повністю при наступному відновленні форми шини.

Позначимо деформацію шини Δ , тоді її залежність від процесу збільшення навантаження у вертикальному напрямку описується кривою $0rI$ (рис. 2). При зменшенні навантаження на шину тим самим деформаціям відповідають менші значення навантажень (крива Imn). Площа петлі $0In$ представляє собою роботу, яка пов'язана з не обертовими витратами в шині. При коченні колеса деформація у передній частині шини збільшується, а в задній зменшується. Тому елементарні нормальні реакції у передній частині контакту більші, ніж в задній, що й обумовлює зміщення рівнодіючої Z на відстань a .

DOI: 10.15276/opr.1.43.2014.13

© Л.М. Петров, 2014

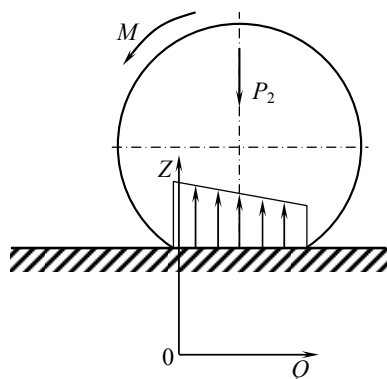


Рис. 1. Опір коченню деформованої шини

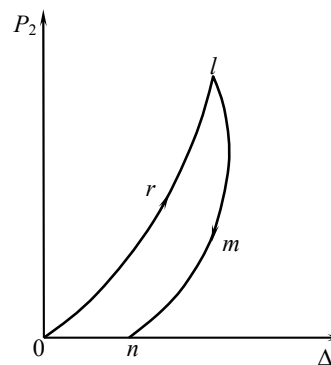


Рис. 2. Залежність витрат в шині від впливу вертикального навантаження на деформацію шини

Метою дослідження є розробка енергетичної моделі колісного рушія, що котиться.

Викладення основного матеріалу. Знайдемо співвідношення між роботою змінення шини колісного рушія в зоні плями контакту та корисною зовнішньою роботою колісного рушія, тобто переміщенням транспортного засобу. У формі диференціального рівняння таке співвідношення має представлення [1]

$$P_d dv = d(P_d v) - v dP_d \quad (1)$$

де P_d — дотична сила тяги;
 v — змінення об'єму шини в зоні плями контакту.

Після інтегрування обох частин рівняння (1)

$$\int_{v_1}^{v_2} P_d dv = (P_d v)_2 - (P_d v)_1 - \int_{P_1}^{P_2} v dP_d \quad (2)$$

Зовнішня корисна робота може бути знайдена з виразу

$$l' = - \int_{P_1}^{P_2} v dP \quad (3)$$

Уявимо, що шина та шлях (зовнішнє середовище) знаходяться в термічній та механічній взаємодії. Тоді робочий процес кочення шини по шляху супроводжується обміном енергією між шиною та шляхом і здійснюється у формі теплоти та механічної роботи.

Робота сил тиску ваги транспортного засобу створює деформовану частину поверхні шини від F до $F+dF$ і визначається елементами її деформації. Ця робота чисельно дорівнює енергії, якою елемент деформованої частини шини при переміщенні транспортного засобу обмінюється з недеформованою частиною шини, з якої видалено деформовану частину шини [2]. На стиснуту частину шини діє тиск від ваги транспортного засобу P , який рівномірно розподілений по поверхні F . На розтягнуту частину шини діє тиск $-P+dP$. Робота, яка здійснюється силами тиску на обох частинах деформованого елемента шини, різна.

Робота на стиснутій частині шини

$$dL_F = -P_r dV = -(P_r v) dm, \quad \frac{H}{M^2} M^3 = \frac{H}{M^2} \frac{M^3}{\text{кг}}, \quad (4)$$

де v — питомий об'єм деформованої (стиснутої) частини шини;
 dm — елемент маси стиснутої шини.

Введемо позначення

$$P_r = f_1(x), \quad (5)$$

$$v = f_2(x). \quad (6)$$

Тоді

$$Pv=f(x). \quad (7)$$

Аналітично отримуємо формулу для роботи на розтягнутій частині деформованого елемента шини

$$dL_{F+df}=f(x+dx)dm. \quad (8)$$

Результати. Повна робота елемента деформованої частини шини, на яку діє маса транспортного засобу dm ,

$$dL_F=dL_{F+df}-dL_{F'}=[f(x+dx)-f(x)]dm. \quad (9)$$

Розкладемо функцію $f(x+dx)$ в ряд Тейлора

$$f(x+dx)=f(x)+f'(x)\frac{dx}{1!}+f''(x)\frac{dx^2}{2!}+\dots+f^n(x)\frac{dx^n}{n!}. \quad (10)$$

Якщо обмежитись двома першими членами ряду Тейлора, отримаємо

$$f(x+dx)-f(x)=f'(x)dx. \quad (11)$$

У протилежному випадку

$$f(x+dx)-f(x)=d(Pv). \quad (12)$$

Тоді змінення роботи від дії ваги на деформовану частину шини

$$dL_p=d(Pv)dm, \quad (13)$$

а питомої роботи

$$dl_p=d(Pv). \quad (14)$$

Питома корисна робота стиснутої шини може бути знайдена з виразу

$$l_p = \int_{P_1}^{P_2} v dP. \quad (15)$$

На діаграмі P - v (рис. 3) ця робота чисельно дорівнює площі фігури, яка обмежена лінією процесу, абсцисами граничних точок та віссю тиску. Ця робота є позитивною, коли процес деформації шини йде у напрямку від стиснутої її частини до розтягнутої. При цьому тиск в зоні стиснутої деформованої частини зменшується у напрямку зони розтягнення деформованої частини шини.

Фізичний смисл роботи, яку здійснює деформована шина колісного рушія, полягає в наступному. Елемент деформованої частини шини, подумки виділений з колісного рушія, що котиться, та сам колісний рушій об'єднуються у поняття "поступово вивільнена система".

Висновки. Взаємодія між деформованою шиною колісного рушія та опорною поверхнею виражається в обміні енергії у формі роботи (dl_p), яка здійснюється деформованим елементом шини проти сил опору кочення колісного рушія. Це призводить до змінення енергії, яка накопичується в зоні стиснення шини у напрямку зони розтягнення деформованої шини на величину $d(Pv)$.

Таким чином, змінення енергії від зони стиснення до зони розширення елементу шини, який деформований, характеризує енергію поступово вивільненої системи, яка витрачається на переміщення транспортного засобу.

Література

1. Гухман, А.А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепло-массообмена [Текст]: процессы переноса в движущейся среде / А.А. Гухман. — Изд. 3-е, испр. — М.: Изд-во ЛКИ, 2010. — 327 с.

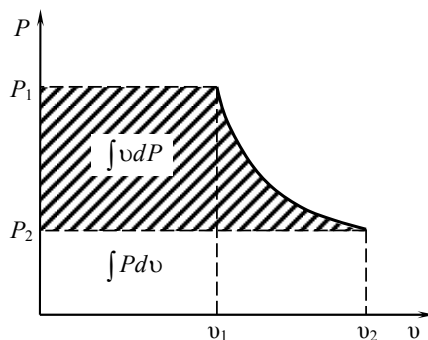


Рис. 3. Діаграма P - v

2. Пригожин, И. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур = Modern Thermodynamics. From Heat Engines to Dissipative Structures / И. Пригожин, Д. Кондепуди; пер. с англ. Ю.А. Данилова, В.В. Белого; под ред. Е.П. Агеева. — М.: Мир, 2002. — 461 с.
3. Гуслицер, Р.Л. Шина и автомобиль [Текст]: монография / Р.Л. Гуслицер. — М.: Науч.-техн. центр “НИИШП”, 2007. — 287 с.

References

1. Gukhman, A.A. Primenenie teorii podobii k issledovaniyu protsessov teplo-massoobmena [Tekst]: protsessy perenosa v dvizhushcheysya srede [Application of similarity theory to the study of heat and mass transfer processes [Text]: transport processes in a moving medium] / A.A. Gukhman. — The 3rd edition, revised. — Moscow, 2010. — 327 p.
2. Prigozhin, I. Sovremennaya termodinamika. Ot teplovykh dvigateley do dissipativnykh struktur [Modern Thermodynamics. From Heat Engines to Dissipative Structures] / I.I. Prigozhin, D. Kondepudi; transl. from English by Yu.A. Danilov, V.V. Belyy; edited by E.P. Ageev. — Moscow, 2002. — 461 p.
3. Guslitsler, R.L. Shina i avtomobil' [Tekst]: monografiya [Tire and car [Text]: monograph] / R.L. Guslitsler. — Moscow, 2007. — 287 p.

АНОТАЦІЯ / ANNOTAZIYA / ABSTRACT

Л.М. Петров. Застосування відокремленого циклу для вивчення безперервного руху колісного рушія транспортного засобу. Розглянуто розв'язання задачі передачі енергії від стиснутої ділянки шини до розтягнутої ділянки деформованої шини колеса, що котиться, з подальшим її перетворенням у дотичну силу тяги технологічного процесу переміщення транспортного засобу. З використанням математичного аналізу отримано результати для енергетичної оцінки можливостей колісного рушія, що котиться. Метою дослідження є розробка енергетичної моделі колісного рушія, що котиться. Наукове завдання дослідження полягає у виявленні питомої корисної роботи і її впливу на процес переміщення транспортного засобу. Розглянуті питання перетворення деформованої частини шини в роботу кочення колісного рушія можуть бути використані для оцінки переміщення транспортного засобу. Отримані математичні залежності для поступово вивільненої системи, яка описує кочення колісного рушія по опорній поверхні, і здійснення роботи деформування елементів шини проти сил опору може бути використано при розрахунку якісних показників колісних рушіїв.

Ключові слова: силова робота, вивільнена система, колесо, поверхня.

Л.М. Петров. Применение отдельного цикла для изучения непрерывного движения колесного движителя транспортного средства. Рассмотрено решение задачи передачи энергии от сжатого участка шины до растянутого участка деформированной шины катящегося колеса с последующим ее превращением в касательную силу тяги технологического процесса перемещения транспортного средства. С использованием математического анализа получены результаты для энергетической оценки возможностей катящегося колесного движителя. Целью исследования является разработка энергетической модели катящегося колесного движителя. Научная задача исследования заключается в выявлении удельной полезной работы и ее влияния на процесс перемещения транспортного средства. Рассмотренные вопросы преобразования деформированной части шины в работу качения колесного движителя могут быть использованы для оценки перемещения транспортного средства. Полученные математические зависимости для постепенно высвобождаемой системы, описывающей качения колесного движителя по опорной поверхности, и осуществления работы деформирования элементов шины против сил сопротивления могут быть использованы при расчете качественных показателей колесных движителей.

Ключевые слова: силовая работа, высвобожденная система, колесо, поверхность.

L.M. Petrov. The usage of separate cycle for studying the continuous movement of wheeled engine vehicle. This paper considers the solution of the problem of energy transfer from compressed area of tire to the stretched area of the deformed tire of rolling wheel with its subsequent transformation into a tangential of traction of technological process of moving the vehicle. Using mathematical analysis the results for energy assessment of the opportunities of rolling wheel engine are obtained. The aim of the research is to develop energy models for rolling wheel engine. Scientific research problem is to identify the proportion of useful work and its impact on the movement of the vehicle. The questions of the transformation of the deformed tire in the wheel bearing job engine can be used to assess the movement of the vehicle. Mathematical dependences for gradually liberated system describing the rolling wheel engine on the supporting surface and carry out the work of deformation elements tires against the resistance can be used in the calculation of quality indicators of wheel drivers.

Keywords: power work, released system, wheel, surface.

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

Надійшла до редакції 24 березня 2014 р.