

Петров Л.М.

Військова академія

Петрик Ю.М.

Військова академія

Борисенко Т.М.

ТОВ «Агентство продажу активів»

ТЕОРІЯ Л.М. ПЕТРОВА З ДОДАТКАМИ Ю.М. ПЕТРИКА ТА Т.М. БОРИСЕНКА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕОРЕМИ ЗМІНИ КІНЕТИЧНОГО МОМЕНТУ ЗАВАНТАЖЕНОГО КОЛІСНОГО РУШІЯ ВІЙСЬКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Робочий процес кочення колісного рушія супроводжується деформуванням колісного рушія силою гравітаційного навантаження в зоні контакту з опорною поверхнею, що приводить до створення плеча кочення шляхом переміщення вектора дії гравітаційної складової в напрямку кочення колісного рушія. В статті розглянуті питання застосування теореми змінення кінетичного моменту для дослідження механічної системи «автомобільного колеса з деформованим в напрямку кочення протектором, з застосуванням теореми про зміну кінетичної та потенційної енергії в комбінованого колісному рушії, загального рівняння динаміки, а також рівняння Лагранжа другого роду.

В статті розглянуто кочення колісного рушія військового автомобіля, що поєднує традиційні розробки до колісних рушіїв з елементами сучасних розробок колісних рушіїв автомобілей.

Новизною застосованої теорії до рухомого автомобільного колеса є здатність накопичення та ефективного використання деформованої змінення конструкції шини, яка відбувається за дією зовнішньої сили і реалізація кутової швидкості, для забезпечення додаткової. Запропонована фізико-математична модель колісного рушія з деформованим протектором дозволяє кількісно описати зміну його енергетичного стану в процесі руху.

Розроблені теоретичні моделі конструкції колісного рушія в подальшому можуть слугувати для вдосконалення ходових систем вантажних транспортних засобів.

Вивчено рух колісного рушія в фазах відмінних одна від одної. Отримана математичні рівняння визначить залежність повного додаткового вивільнення стиснутої шини до початкового стану параметри. Дослідження показує, що в умовах бездоріжжя дана система значно підвищує прохідність та керованість транспортного засобу, а також поліпшити тягові можливості транспортного засобу.

Ключові слова: колісний рушії, транспортний засіб, зовнішня сила, маневреність, прохідність, динамічний рух, енергетичний стан.

Постановка проблеми. Вантажні автомобілі підвищеної прохідності переважно використовуються в важких дорожніх умовах, за яких ведучі колеса не спроможні забезпечити виконання необхідних вимог керованості. Тому данні вимоги потребують їх раціонального вирішення шляхом закладання у конструкцію інноваційних рішень.

З метою вдосконалення якісних показників ходової системи необхідно створити умови отримання запасу енергії, яка з'являється в наслідок деформації колісного рушія в деформованій час-

тині шини та реалізації її в процесі кочення колісного рушія при узгодженні її з плечем його кочення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різноманітні вимоги під час руху автомобіля м'якими вологими ґрунтами можуть вирішуватися за рахунок використання шин з глибоким малюнком протектору (ґрунтозачепами).

Для підвищення прохідності автомобіля по оранці, сильно розмоклій дорозі, піску або снігу застосовують шини з особливо широким профілем і низьким тиском повітря.

Сила зчеплення рушія з дорогою приблизно пропорційна довжині поверхні контакту. У звичайної автомобільної шини у контакті з дорогою є приблизно 8% довжини її кола, а у шини з регульованим тиском до 16%. Проте шини з регульованим тиском при мінімальному тиску мають обмежений пробіг. Прохідність автомобіля можна підвищити, збільшивши діаметр колеса. Так, на автомобілях високої прохідності встановлюють колеса діаметром 1,5–2 м, а на деяких спеціальних автомобілях до 3-х м. Коефіцієнт зчеплення ϕ_x шин з дорогою визначає прохідність автомобіля під час руху вологими ґрунтами і слизькою (обмерзлою) дорогою.

На (рис. 1) зображено шини для транспортних засобів з підвищеною силою тяги.

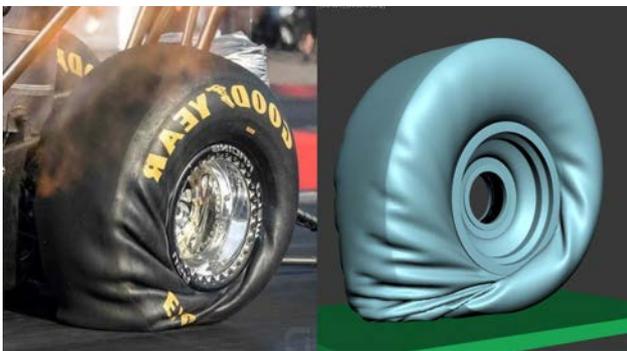


Рис. 1. Шини GOODYEAR для транспортних засобів з підвищеною силою тяги

Колія передніх і задніх коліс. При стисканні поверхні під час руху автомобіля м'якими ґрунтами створюється великий опір коченню коліс. Отже у разі неспівпадіння колії задніх та передніх коліс опір руху більший, ніж при їх співпадінні. Неспівпадіння колії ведених та ведучих коліс у автомобілів зі всіма односкатними колесами, так і автомобілів з передніми односкатними та задніми двоскатними колесами. Різниця передньої і задньої колії одинарних коліс не повинна перевищувати 25–32% ширини профілю шини. При більшій різниці прохідність автомобіля істотно знижується.

Підвіска. Рух автомобілів з колісною формулою 6x4 і 6x6 по пересіченій місцевості без відриву коліс від ґрунту може бути обмежений максимально допустимим перекосом U_x мостів, який залежить від типу підвіски. При незалежній і балансірній підвісках допускається більший перекид мостів, що сприяє підвищенню прохідності [4, 5, 6].

Регулювання тиску повітря в шинах. Автомобілі, обладнані централізованою системою регулювання тиску повітря в шинах, за інших

рівних умов володіють підвищеною прохідністю під час руху м'якими ґрунтами. В цьому випадку при зниженні тиску повітря у шинах збільшується площа контакту колеса з дорогою, тобто забезпечується зниження тиску колеса на дорогу.

Наступає секціями зверху вниз, відкидаючи назад, отримуючи реакцію вгору-вперед. Виникають сили, що виштовхують рушій вгору – вперед [1].

На (рис. 2) показано режими роботи рушія: *a* – з відхиленими секціями на малий кут; *б* – з відхиленими секціями на великий кут [3].

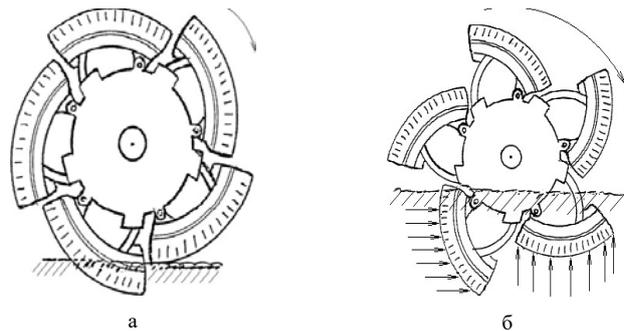


Рис. 2. Режими роботи рушія: *a* – з відхиленими секціями на малий кут; *б* – з відхиленими секціями на великий кут

Постановка завдання. Метою статті є створення математичної моделі ведучого колеса, що враховує вплив дії деформованої частини шини на тягові можливості колісного рушія та його динамічність, а це дозволяє оцінити ефективність використання зміненої конструкції шини під час використання в важких дорожніх умовах [2].

Виклад основного матеріалу. Для вирішення задачі отримання реальної кутової швидкості на автомобільному ведучому колесі застосовуємо теорему про зміну кінетичного моменту системи матеріальних точок відносно осі D ведучого колеса

$$\frac{d\bar{K}_0}{dt} = \sum_{k=1}^n m_0 (\bar{F}_k^e) \quad (1)$$

Приймаємо, що дана матеріальна система складається безпосередньо з колісного рушія А і деформованої частини шини В, а тому зв'язок між ними замінюємо силою F.

F – сила опору кочення колісного рушія;

P – сила тяжіння дія якої зміщена відносно центру колісного рушія на плече кочення α .

Усі зовнішні сили цієї складної системи наносимо на креслення (рис. 2).

Складаємо суму моментів відносно осі D:

$$\sum_{k=1}^n m_2 (\bar{F}_k^e) = P \cdot r \cdot \sin \alpha - Fr = P \cdot r \cdot \sin \alpha - P \cdot rf \cdot \cos \alpha = P \cdot r (\sin \alpha - f \cos \alpha) \quad (2)$$

де:

F – сила опору кочення колісного;

P – сила тяжіння лінія дії якої зміщена відносно осі D на плече кочення a .

Кінетичний момент системи, яка складається з колісного рушія та деформованої частини шини відносно осі O запишемо таким чином:

$$K_0 = K_0^{(1)} + K_0^{(2)} \quad (3)$$

Кінетичний момент колісного рушія відносно осі O :

$$K_0 = I_0 \cdot \omega$$

де

I_0 – момент інерції колісного рушія відносно осі обертання O .

В рівнянні (2) з'ясуємо, що:

$K_0^{(1)}$ – кінетичний момент колісного рушія;

$K_0^{(2)}$ – кінетичний момент деформованої частини шини.

Кінетичний момент деформованої частини шини буде мати вигляд:

$$K_0^{(1)} = I_0 \cdot \dot{\phi} \quad (4)$$

Кінематичний момент деформованої частини шини буде мати вигляд:

$$K_0^{(2)} = \frac{P}{g} V r = \frac{P}{g} r^2 \cdot \dot{\phi} \quad (5)$$

Формули (3) та (4) підставляємо у формулу (2)

$$K_0 = \left(I_0 + \frac{P}{g} r^2 \right) \cdot \dot{\phi} \quad (6)$$

Застосувавши теорему про зміну кінетичного моменту системи (1):

Колісний рушій та деформативна частина шини як сукупність матеріальних точок відносно осі D , отримаємо:

$$\left(I_0 + \frac{P}{g} r^2 \right) \dot{\phi} = P \cdot r (\sin \alpha - f \cos \alpha) \quad (7)$$

Підставивши в рівняння (1) отримуємо деформативне рівняння:

$$\dot{\phi} = \frac{P \cdot r (\sin \alpha - f \cos \alpha)}{I_0 + \frac{P}{g} r^2} \quad (8)$$

Про інтегрувавши рівняння (8) знайдемо деформування швидкості кочення деформованого колісного рушія:

$$\dot{\phi} = \frac{P \cdot r (\sin \alpha - f \cos \alpha)}{I_0 + \frac{P}{g} r^2} \cdot t + C_1 \quad (9)$$

Прийнявши початкові умови:

При $t=0$, $\dot{\phi} = 0$ будемо мати $C_1 = 0$.

Отже кутова швидкість деформованого колісного рушія буде мати вигляд:

$$\dot{\phi} = \frac{Pr (\sin \alpha - f \cos \alpha)}{I_0 + \frac{P}{g} r^2} \cdot t \quad (10)$$

На (рис. 3) показано можливий варіант руху деформованої частини шини особливої еластичності для підтримки її руху в особливих умовах експлуатації.

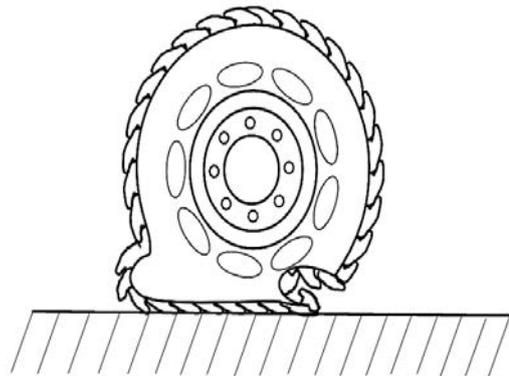


Рис. 3. Фізико-математична модель колісного рушія переведеного в деформований стан

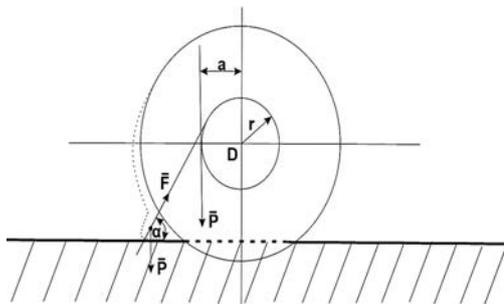


Рис. 4. Фізико-математична модель досліджуемого колісного рушія

Результати досліджень колісного рушія за теоремою зміни кінетичного моменту показані на (рис. 5).

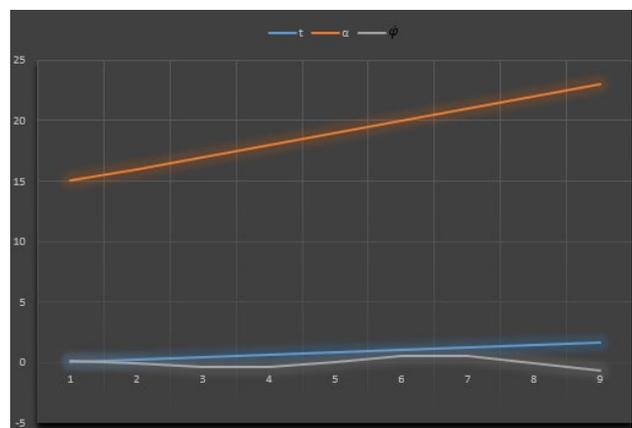


Рис. 5. Результати досліджень колісного рушія переведеного в деформований стан

Висновки. Виконані розрахунки показують, що запропонована теорія для колісного рушія дозволяє ефективно використовувати стиснуту частину шини в енергію, для підвищення тягових можливостей та динаміки розгону автомобіля. Таке врахування потенціалу деформованої частини шини надає змогу вдосконалити процес

переміщення автомобіля по заболочених місцевостях сипучим ґрунтам.

Отримана формула для кутової швидкості колісного рушія, дозволяє проаналізувати фізичні можливості руху колісного рушія за різних умов експлуатації, що в свою чергу дозволяє впровадження нових технологій в розробці ходової системи вантажних автомобілей.

Список літератури:

1. Скварок Ю.Ю. «Теорія автомобіля». Курс лекцій. 2009. 126 с.
2. Подригало М. А., Шелудченко В. В. Нове в теорії експлуатаційних властивостей автомобілів та тракторів. Сумський Національний аграрний університет Національна академія Національної гвардії України. 2015. 214 с.
3. Кубіч В. І. Особливості конструкції всюдихідних комбінованих колісних рушіїв: навчальний посібник. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. 195 с.
4. Спосіб переміщення транспортно-тягової системи за допомогою поштовху колісного рушія: пат. 85848 Україна : МПК (2013.01) B62D 1/00. / u 2013 01295; заявл. 04.02.2013; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 23.
5. Лебедев А. Т. Трактори та автомобілі. Ч. 3. Шасі: Навч. посібник / А. Т. Лебедев, В. М. Антощенков, М. Ф. Бойко та ін.; За ред. проф. А. Т. Лебедева. Київ : Вища освіта, 2004. 336 с.
6. Петров Л. М., Осенчинін М. Г. Проект автомобільної системи із силовим збудженням коливань у технологічній платформі : Collective monograph. Riga : Izdevnieciba «BaltijaPublishing», 2020. С. 336–350.

Petrov L.M., Petryk Yu.M., Borisenko T.M. THEORY OF L M. PETROV WITH ADDITIONS BY YU.M. PETRYK AND T.M. BORYSENKO USING THE THEOREM OF CHANGE OF KINETIC MOMENTUM OF LOADED WHEEL DRIVE OF A MILITARY VEHICLE

The working process of rolling a wheeled vehicle is accompanied by deformation of the wheeled vehicle by the force of gravitational load in the area of contact with the supporting surface, which leads to the creation of a rolling arm by moving the vector of action of the gravitational component in the direction of rolling of the wheeled vehicle. The article discusses the application of the theorem of change in kinetic momentum to study the mechanical system of an “automobile wheel with a tread deformed in the direction of rolling,” using the theorem of change in kinetic and potential energy in a combined wheel drive, the general equation of dynamics, and the second-order Lagrange equation.

The article considers the rolling of a wheeled vehicle of a military vehicle, which combines traditional designs for wheeled vehicles with elements of modern designs for wheeled vehicles.

The novelty of the applied theory to a moving automobile wheel is the ability to accumulate and effectively use the deformed change in the tire structure, which occurs under the action of an external force and the realization of angular velocity, to provide additional energy. The proposed physical and mathematical model of a wheel drive with a deformed tread allows for a quantitative description of the change in its energy state during movement.

The developed theoretical models of the wheel drive design can be used in the future to improve the running gear of freight vehicles.

The movement of the wheel drive in different phases was studied. The obtained mathematical equations determine the dependence of the complete additional release of the compressed tire to its initial state parameters. The study shows that in off-road conditions, this system significantly increases the passability and maneuverability of the vehicle, as well as improving its traction capabilities.

Key words: *wheeled drive, vehicle, external force, maneuverability, passability, dynamic motion, energy state.*

Дата надходження статті: 25.11.2025

Дата прийняття статті: 12.12.2025

Опубліковано: 30.12.2025