

УДК 629.3.014.7+629.3.022.4
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.1.1/42>

Петров Л.М.

Військова академія (м. Одеса)

Кішянус І.В.

Військова академія (м. Одеса)

Петрик Ю.М.

Військова академія (м. Одеса)

Борисенко Т.М.

ТОВ «Агенство продажу активів»

Могилянець Т.М.

Військова академія (м. Одеса)

Вернівський С.М.

Військова академія (м. Одеса)

Малиновський О.А.

Військова академія (м. Одеса)

Масліч Н.Я.

Військова академія (м. Одеса)

Шелухін С.В.

Військова академія (м. Одеса)

Нікішин В.А.

Військова академія (м. Одеса)

ТЕОРІЯ Л.М. ПЕТРОВА З ДОДАТКАМИ Ю.М. ПЕТРИКА ДЛЯ КОЛІСНОГО РУШІЯ З КІНЕМАТИЧНОЮ РОЗВ'ЯЗКОЮ

В статті Теорія Л.М. Петрова з додатками Ю.М. Петрика для колісного рушія з кінематичною розв'язкою, авторів Петрова Л.М., Кішянуса І.В., Петрика Ю.М., Борисенка Т.М., Могилянець Т.М., Вернівського С.М., Малиновського О.А., Масліч Н.Я., Шелухіна С.В., Нікішина В.А. Рух з місця вантажного автомобіля супроводжується його навантаженням гравітаційною силою в зоні плями контакту з опорною поверхнею, що може приводити до нерівного обертання шини по опорній поверхні при її деформації, а також зменшення потужності, яка передається на колісні рушії автомобілю. В статті розглянуті питання дослідження теоретичної передумови розробки колісного рушія з додатковим його навантаженням під час кочення двохмасової конструкції по диску колеса та кінематичною розв'язкою при обертанні колісного рушія з внутрішньо вбудованим механізмом для поліпшення руху в складних умовах експлуатації та створення еліпсу обертання по внутрішній поверхні колісного рушія, що дозволяє сприяти виникненню додаткового моменту, який підвищує тягові можливості.

Метою дослідження є удосконалення технологічної схеми вантажного автомобіля з вбудованим в конструкцію колісного рушія механізмом, який сприяє підвищенню тягових можливостей колісного рушія амплітудою та частотою виникнення овального руху по внутрішній поверхні, а це дозволяє передавати енергію обертального руху овального механізму через диск колеса на пляму контакту з опорною поверхнею.

Науковий та практичний напрям роботи полягає в тому, що вперше застосовано технологію при якій колісний рушій представляє собою дві маси, які при обертанні складаються по частоті та амплі-

літуді при цьому застосовано закон накопичення енергії, а це дозволяє більш доцільно підійти до розгляду реалізації крутного моменту на колісному рушії.

Методологією дослідження являлося математичне встановлення величини додаткового зусилля, яке утворюється при навантаженні ходової частини амплітудою та частотою, а це надає можливість значно підвищити динаміку руху автомобіля.

Результатом дослідження являється конструкція вантажного автомобіля колісний рушій ходової частини, в який конструктивно на маточині під'єднана додаткова прижня маса, яка навантажує внутрішню поверхню колісного рушія амплітудою та частотою коливань.

Ключові слова: амплітуда, частота, двомасова конструкція, колісний рушій, ходова частина.

Постановка проблеми. Метою дослідження є удосконалення технологічної схеми ходової частини вантажного автомобіля з конструктивним удосконаленням колісного рушія в конструкцію, якого вбудований механізм, який сприяє підвищенню тягових можливостей колісного рушія шляхом накладання амплітуди та частоти овалного механізму з рухом його по внутрішній поверхні, а це дозволяє передавати енергію обертового руху овалного механізму через диск колеса на пляму контакту з опорною поверхнею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Корейські конструктори Hyundai розробили мобільний транспортний засіб (UMV) – Elevate, що поєднує в собі технологію, яка використана в електромобілях і роботах. Рушій дозволяє йому долати місцевість, недоступну для самого сучасного позашляховика. Ходова частина – це чотири незалежні одна від одної роботизовані «ноги» (рис. 1 а, б) [1]. Концепція базується на модульній платформі EV з можливістю установки різних надбудов для кожної конкретної ситуації. Архітектура робототехнічної «ноги» така, що має п'ять ступенів свободи плюс вбудовані в маточини коліс електродвигуни. Дана конструкція унікальна, а рішення запозичені як від ссавців, так і рептилій, дозволяючи транспортному засобу пересуватися в будь-якому напрямку. У транспортному поло-

женні «ноги» концепту складають. Це дозволяє не тільки швидко переміщатися по дорогах загального користування, а й економити енергію. В екстремальних умовах руху Elevate здатний піднятися на півтораметрову висоту, переступити через півметрову розколину, пересуватися по сильно пересіченій місцевості або розставити «ноги» на ширину 4,5 метрів, зберігаючи повністю горизонтальне положення модуля з розташованими в ньому людьми. Така комбінація колісного рушія з «ногами» забезпечує нову 18 парадигму мобільності, дозволяючи отримати швидке переміщення незалежно від місцевості, при збереженні комфортного положення людей, які опинилися всередині такої машини.

Слід відмітити оригінальні конструкції колесо-подібних рушіїв, більш ранніх розробок. Так, рушій Rotoped – експериментальний всюдихід, винайдений Юліусом Макерлі (чехословацький інженер, винахідник і конструктор автомобілів) у 1958 році, складався з трубчастої повітряної кулі. Щоб рухатися розподільник роздував задні повітряні кулі, спорожняючи передні, і всюдихід рухався не за рахунок сил тертя, а під дією сили тяжіння. Відсутність крутного моменту і ковзання забезпечили хороший прогрес на м'якій землі (рис. 2) [1].

В даний час актуальними видаються рішення по розширенню можливостей колісного рушія



а



б

Рис. 1. Ходова частина незалежні одна від одної роботизовані «ноги»

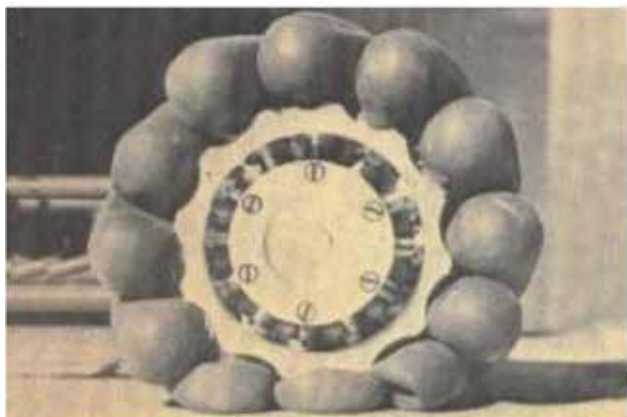


Рис. 2. Rotoped Юліуса Макерлі

для підвищення ефективності рушія транспортних засобів на воді. Для підвищення ефективності колісного рушія на плаву іноді використовують спеціальні пристрої. Наприклад, при заміні стандартного дискового колеса спеціальним, який має вбудовані або знімні лопаті, можна забезпечити додаткову тягу, так як при обертанні колеса в воді лопатева система працює аналогічно рідинному насосу. Транспортні засоби, що мають плавучість, з класичним колісним рушієм на воді, не досягають високої ходкості від своїх коліс, тягове зусилля мале, і припускають наявність додаткового більш ефективного водоходного рушія, наприклад, водометного, гребного гвинта, як варіант – повітряного гвинта. Деякі приклади використання звичайних коліс для руху на воді наведено у додатку Б, а з використанням спеціальних водоходних рушіїв – у додатку В. Колісний рушій Shark Wheel («Колесо Акули») (рис. 3) легкового автомобіля розглядається, в тому числі, як і водохідний, оскільки володіє більшою ефективністю за рахунок зміни форми колеса [1].



Рис. 3. Автомобіль-амфібія з рушієм Shark Wheel
1 – пустотіла оболонка двокільцевого колеса; 2 – надувні елемнти Shark

Wheel – компанія, що базується в окрузі Оріндж, штат Каліфорнія США, виробляє одноімненні спіральні колеса. Форма колеса нагадує щелепу акули, яка, за словами винахідника Девіда Патрика, дала назву продукту і компанії. Замість традиційної круглої форми «Колесо Акули» складається з однієї або декількох тривимірних синусоїдальних хвиль. Форма колеса являє собою гібрид сфери і куба, набуваючи властивості обох фігур під час руху. Колеса виглядають квадратними, але обертаються плавно, як звичайні колеса. Синусоїдальні візерунки створюють більш тонку пляму контакту з дорожнім покриттям в порівнянні зі звичайним колесом такої ж ширини. Синусоїдальна конструкція забезпечує три виступи на колесо для чудового бічного зчеплення. При ковзанні виступи плавно відриваються і легко відновлюються. Компанія стверджує, що така конструкція колеса передбачає менший опір коченню і більш швидку їзду.

Постановка завдання. Ціллю статті являється винайти додатковий механізм, який сприяє підвищенню динаміці руху колісного рушія.

Виклад основного матеріалу.

На (рис. 4) представлений вантажний автомобіль з колісним рушієм з його кінематичною розв'язкою.

За основу розробки конструкції ходової частини автомобіля з накопиченням енергії на колісному рушії [2, 3, 4].

На (рис. 5) представлений колісний рушій з кінематичною розв'язкою.

На (рис. 6) представлене креслення фізикоматематичної моделі колісного рушія з кінематичною розв'язкою.

Задано рухом елементарних ваг А та М по диску колісного рушія 2 ваги А та М закріплені пружинами на маточині 5. Рух колісного рушія 2 здійснюється в напрямку дії моменту М.

Рівняння руху ваги А та М в площині диску 1 колісного рушія координатним способом і будуть мати вигляд

$$X = n \sin \frac{\pi t}{2} \quad (1)$$

$$Y = k \cos \frac{\pi t}{2} \quad (2)$$

Знайдемо рівняння траєкторії ваг А та М, виключивши з рівнянь (1) та (2) параметр часу t в нашому випадку з рівнянь (1) та (2) маємо відповідно:

$$\sin \frac{\pi t}{2} = \frac{x}{n} \quad \cos \frac{\pi t}{2} = \frac{y}{k}$$

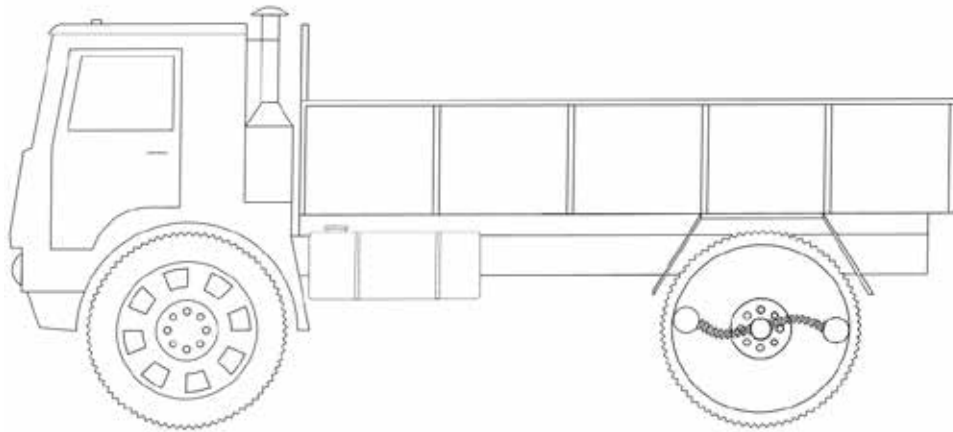


Рис. 4. Вантажний автомобіль з колісним рушієм з його кінематичною розв'язкою

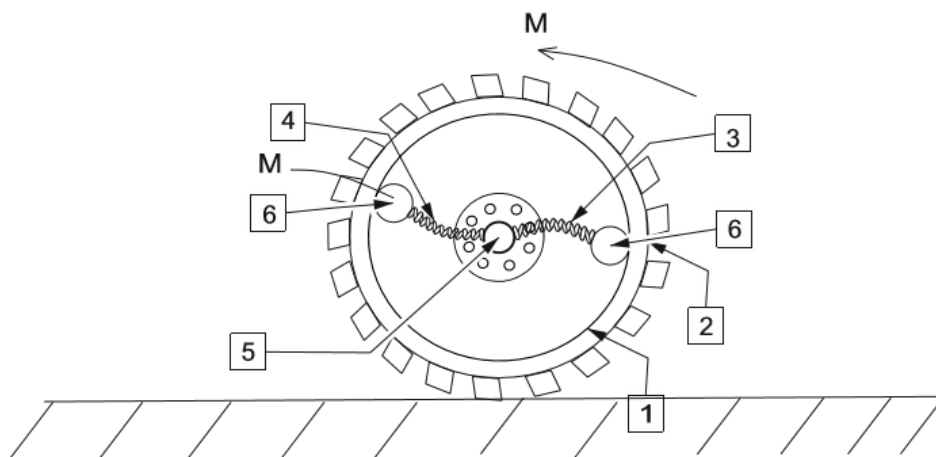


Рис. 5. Колісний рушій з кінематичною розв'язкою

1 – диск колеса; 2 – колесо; 3, 4 – пружини кінематичних розв'язки; 5 – маточина; 6 – рухливі ваги

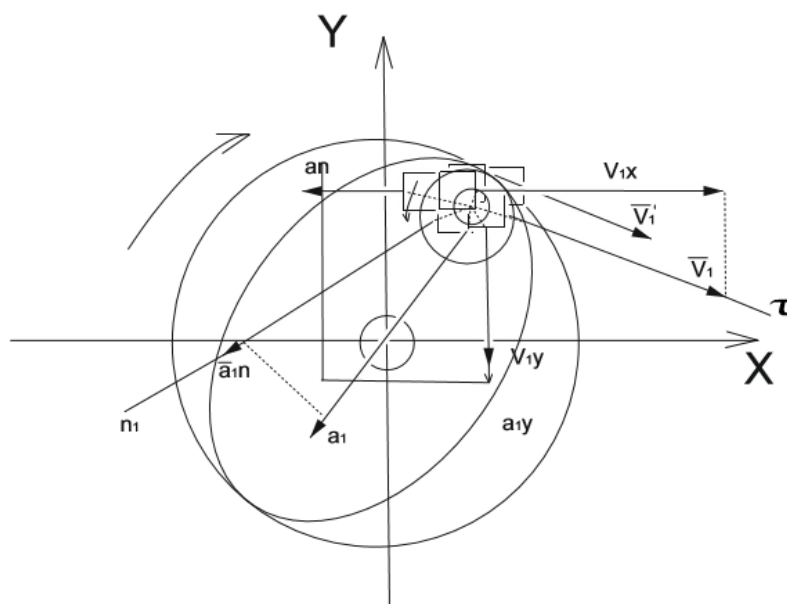


Рис. 6. Креслення фізико-математичної моделі колісного рушія з кінематичною розв'язкою

Зводимо отримані співвідношення в квадрат та після цього складаючи їх знаходимо рівняння

$$\frac{x^2}{n^2} + \frac{y^2}{k^2} = 1 \quad (3)$$

З рівняння (3) слідує, що траєкторією точок А та М являється еліпс піввісі якого рівні n та k а центр має координати маточини (О, О). знаходимо положення точок А та М, підставляючи їх значення в рівняння (1) та (2) при:

$$t = t_0 = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = O_0 = O \\ y = y_0 = K_M \end{cases}$$

Знаходимо положення точок при $t=t_1$ підставляючи ці значення в (1) та (2) рівняння

$$t = t_1 = \frac{1}{1 \div 10_c} \Rightarrow \begin{cases} x = X_1 = \dots N \\ y = y_1 = \dots M \end{cases}$$

Окремо від кінематики руху колісного рушія знайдемо швидкість руху точок А та М. Як відомо з теоретичних розробок при координатному способі завдання руху спочатку будемо визначати проекції швидкості на осі координат.

З рівняння руху (1) та (2) отримуємо:

$$V_x = \frac{d_x}{d_t} = \frac{d}{d_t} \left(n \sin \frac{\pi t}{2} \right) = \frac{n\pi}{2} \cos \frac{\pi t}{2} \quad (4)$$

$$V_y = \frac{d_y}{d_t} = \frac{d}{d_t} \left(k \cos \frac{\pi t}{2} \right) = \frac{k\pi}{2} \sin \frac{\pi t}{2} \quad (5)$$

З формул (4) та (5) отримуємо модуль швидкості руху точок А та М з кінематичною розв'язкою від колісного рушія:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \pi \sqrt{\frac{n^2}{4} \cdot \cos^2 \frac{\pi t}{2} + \frac{K^2}{4} \sin^2 \frac{\pi t}{2}} \quad (6)$$

На (рис. 6) приведено фізичну модель колісного рушія з кінематичною розв'язкою рухливих точок (для прикладу точки А) з точки А проводимо лінії, які паралельні осям Х та Y, на яких покажемо швидкості V_{1x} та V_{1y} , які відповідають величині та знакам знайденим проекцій вектора швидкості точки А. На цих складових будемо паралелограм, діагональ якого по величині та напрямку відповідає вектору $\bar{V}_1$. При цьому вектор $\bar{V}_1$ направлений по дотичній до траєкторії в точці А та показує напрямок руху точки А по траєкторії.

Знаходимо проекції точки А використовуючи рівняння (4) та (5):

$$ax = \frac{d_x^2}{dt^2} = \frac{dv_x}{dt} = -\frac{n\pi^2}{2} \sin \frac{\pi t}{2} \quad (7)$$

$$ay = \frac{d_y^2}{dt^2} = \frac{dv_y}{dt} = -\frac{k\pi^2}{2} \cos \frac{\pi t}{2} \quad (8)$$

Модуль прискорення будемо обчислювати за формулою:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{\frac{n\pi^4}{4} \sin^2 \frac{\pi t}{2} + \frac{k\pi^4}{4} \cos^2 \frac{\pi t}{2}} = \frac{\pi^2}{2} \sqrt{n \sin^2 \frac{\pi t}{2} + k \cos^2 \frac{\pi t}{2}} \quad (9)$$

Вектор a_1 направлений в сторону вгнутості траєкторії та проходить через центр еліпса кінематичної розв'язки рухливих точок А та М.

Для визначення характеристики змінення модуля швидкості $\bar{V}$ знайдемо дотичне прискорення $\bar{a}_t$:

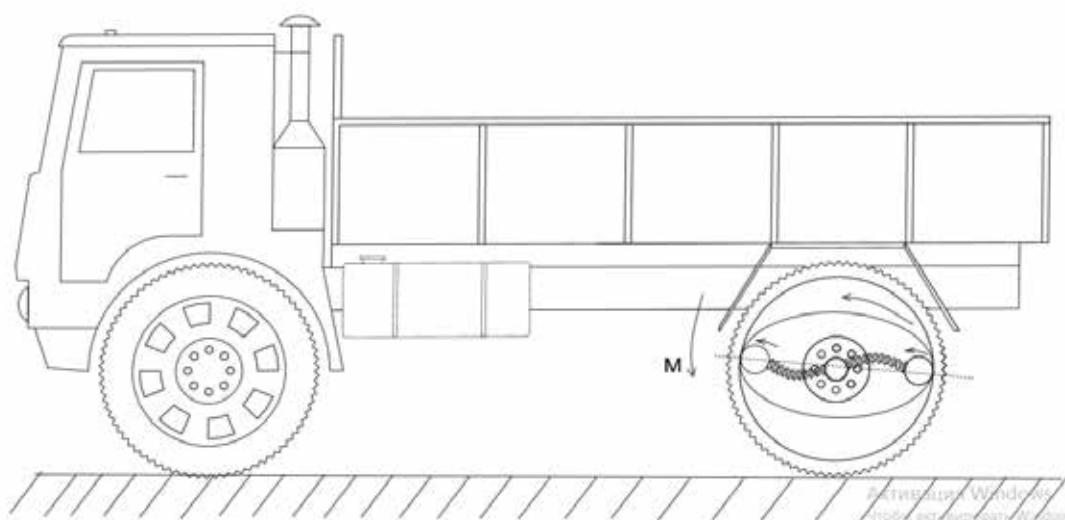


Рис. 7. Вантажний автомобіль з колісним рушієм, з кінематичною розв'язкою, при обертанні якої створюється віртуальний овальний механізм, який сприяє динаміці руху колісного рушія

$$\alpha\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\pi \sqrt{\frac{n^2}{4} \cdot \cos^2 \frac{\pi t}{2} + \frac{k^2}{4} \cdot \sin^2 \frac{\pi t}{2}} \right) = \frac{\pi^2 \left(n^2 \cdot \cos \frac{\pi t}{2} + k^2 \cdot \sin \frac{\pi t}{2} \right)}{8 \sqrt{\frac{n^2}{4} \cdot \cos^2 \frac{\pi t}{2} + \frac{k^2}{4} \cdot \sin^2 \frac{\pi t}{2}}} \quad (10)$$

На (рис. 7) представлений вантажний автомобіль з колісним рушієм, який додатково отримує кочення від кінематичної розв'язки, обертання якого по внутрішній поверхні колеса, створює вір-

туальний овальний механізм, який сприяє динаміці руху колісного рушія.

Висновки.

1. В статті розглянуті теоретичні можливості підвищення динамічної рухливості вантажного автомобіля шляхом удосконалення конструкції колісного рушія.

2. Запропоновано в колісний рушій впровадити кінематичну розв'язку, яка дозволяє накопичувати енергію овалного механізму по внутрішній поверхні колеса.

3. Створена фізико-математична модель, розрахунки якої дозволили оцінити динамічну рухливість колісного рушія.

Список літератури:

1. Кубіч В. І. Особливості конструкції всюдихідних комбінованих колісних рушіїв: навчальний посібник. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. 195 с.
2. Петров Л. М., Петрик Ю. М. «Елементи теорії Л. Петрова для колісного рушія з розширеним тяговим зусиллям». Військова академія (м. Одеса): Збірник наукових праць № 2 (20) 2023, с. 155–161.
3. Петров Л.М. «Спосіб удосконалення обертального руху колісного приводу автомобіля. Київ: Патент № 42929, Бюл. № 7, 2009, 1–3 с.
4. Петров Л. М. «Спосіб переміщення мобільного енергетичного засобу» Київ: Патент № 96475, Бюл. № 1, 2014, 1–3 с.

Petrov L.M., Kishianus I.V., Petryk Yu.M., Borysenko T.M., Mogilianets T.M., Verpivskyi S.M., Malinovskiy O.A., Maslich N.Ia., Shelushin S.V., Nikishyn V.A. THEORY L.M. PETROV WITH APPENDICES Yu.M. PETRYKA FOR A WHEELED MACHINE WITH A KINEMATIC CONNECTION

In the article Theory L.M. Petrova with appendices Yu.M. Petryka for a wheel drive with a kinematic solution, authors L.M. Petrov, I.V. Kishianusa, Yu.M. Petryka, T.M. Borysenko, T.M. Mogilianets, Verpivskyi S.M., Malinovskiy O.A., Maslich N.Ya., Sheluhina S.V., Nikishyna V.A. The movement of a truck from a standstill is accompanied by its loading by gravitational force in the area of the spot of contact with the supporting surface, which can lead to uneven rotation of the tire on the supporting surface during its deformation, as well as a decrease in the power transmitted to the wheel drives of the car. The article deals with the research of the theoretical prerequisites for the development of a wheel drive with its additional load during the rolling of a two-mass structure on the wheel disc and kinematic separation during the rotation of the wheel drive with an internally built-in mechanism for improving movement in difficult operating conditions and creating an ellipse of rotation on the inner surface of the wheel drive, which allows to contribute to the emergence of an additional moment that increases traction capabilities.

The purpose of the study is to improve the technological scheme of a truck with a mechanism built into the design of the wheel drive, which contributes to increasing the traction capabilities of the wheel drive by the amplitude and frequency of oval movement on the inner surface, and this allows the energy of the rotational movement of the oval mechanism to be transmitted through the wheel disc to the point of contact with the support surface.

The result of the research is the construction of a wheeled truck chassis, in which an additional ground mass is structurally mounted on the hub, which loads the inner surface of the wheeled engine with the amplitude and frequency of oscillations.

Key words: amplitude, frequency, two-mass structure, wheel drive, chassis.