

Петров Л.М.

Військова академія (м. Одеса)

Кішнянус І.В.

Військова академія (м. Одеса)

Борисенко Т.М.

ТОВ «Агенство продажу активів»

Могілянець Т.М.

Військова академія (м. Одеса)

Малиновський О.А.

Військова академія (м. Одеса)

Шелухін С.В.

Військова академія (м. Одеса)

Нікішин В.А.

Військова академія (м. Одеса)

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ АВТОМОБІЛЯ З ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЕНЕРГІЇ МІЖ ВЕДУЧИМИ МОСТАМИ

В статті авторів Петрова Л.М., Кішнянуса І.В., Борисенко Т.М., Лисий О.В., Вернівського С.М., Малиновського О.А., Шелухніна С.В., Нікішина В.А. Дослідження конструкції ходової частини автомобіля з перетворювачем енергії між ведучими мостами приведені умови для приводу колісних рушіїв за допомогою ланцюгової передачі, в якому одночасно в робочому процесі його кочення на кінетичну енергію накладається потенційна. Математична модель одночасного поєднання ланцюговою передачею колісних рушіїв вантажного автомобіля, яка заснована на теорії передачі енергії в коливальному русі автомобільної системи показала та виявила зону найбільш ефективної роботи кочення колісного рушія за допомогою оберального руху підпружиненого ланцюга.

Наукова та практична значимість роботи полягає в тому, що вперше запропонований вантажний автомобіль з приводом колісних рушіїв ланцюговою передачею з теоретичною розробкою такого приводу в якій застосована теорія коливального руху з пружним регулюванням та накопиченням енергії для підвищеної прохідності, в якій при обертанні коліс введена технологія для накопичення енергії в зоні плями контакту з опорною поверхнею.

Методологією дослідження являлося встановити математичний зв'язок між прискоренням рухливого пружного накопичувача енергії та кутів нахилу ланцюга при обертанні осі відносно плями контакту та тягового зусилля від тих же кутів.

Результатом є розроблена геометрія ланцюгового приводу колісних рушіїв вантажного автомобіля для виконання бойових завдань з рухливим пружним накопичувачем енергії для здійснення роботи, що відповідає руху ходовим колесам між другим і третім ведучими мостами.

Цінність проведеного дослідження, результати проведеної роботи дозволять зробити внесок в галузь автомобільної промисловості для виконання бойових завдань.

Запропоновано вантажний автомобіль для підвищення прохідності, динамічності, зменшення витрати палива, що є актуальним на сьогоднішній день.

Ключові слова: ходове колесо, вільна вісь, рухливий пружний накопичувач, фізико-математична модель, колісний рушій, ланцюгова передача, ролик.

Постановка проблеми. Удосконалення конструкції ходової частини вантажного автомобіля (зокрема військових автомобілів) формувалася і розвивалася в результаті діяльності наукових організацій і учених країн світу. Для військових вантажних автомобілів обов'язковою умовою є створення їх ходової системи для безумовної відповідності її конструкції для виконання поставлених завдань. Зміна конструкції і ходових властивостей автомобілів повинно забезпечувати перевезення військових вантажів і особового складу з максимальною безпекою при найменших експлуатаційних витратах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нами проведено аналіз розподілу обертів між ведучими колесами автомобіля за декілька десятиліть до сучасного стану удосконалення конструкції передачі обертів на ведучі колеса. Це представлено на (рис. 1, 2, 3).

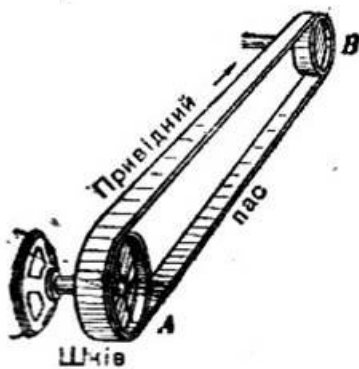


Рис. 1. Пасова передача

При пасовій передачі два колеса-шківів, закріплені на різних валах, охоплюються «безконечним (замкненим, коловим)» приводним пасом. Шків А на валу двигуна називається ведучим, а шків В на валу механізму – веденим. Якщо діаметри шківів не однакові то їх кутові швидкості (число обертів)

будуть різні (оскільки лінійні швидкості повинні бути однакові – пас не «пробуксовує»).

Крутний момент у трансмісії автомобіля розподіляється між ведучими мостами для забезпечення максимальної ефективності та керованості автомобіля. Цей процес залежить від конструкції трансмісії, типу диференціалів і умов експлуатації (наприклад, на асфальті, бездоріжжі або в умовах слизької поверхні) (на рис. 2, а, б, в).

Адаптивна система розподілу представлена на (рис. 3). При адаптивній системі розподілу збільшується зчеплення на складних поверхнях, підвищується керованість на слизьких дорогах, покращується прохідність на бездоріжжі. У деяких конструкціях (AWD або 4WD) використовуються системи, що змінюють розподіл моменту залежно від умов: збільшується момент передачі на вісь, яка має кращий контакт із поверхнею. Використовуються електронно-керовані муфти або в'язкі диференціали.

На (рис. 4) представлена електронно-керована система розподілу. Використовують датчики для визначення умов руху (ковзання коліс, швидкість, нахил дороги) та адаптують розподіл моменту. Системи Haldex, Torque-on-Demand.

У найпоширенішій конструкції на (рис. 5) пасова передача складається з ведучого (а) і веденого (б) шківів та замкнутої форми приводного паса (с, d), що розміщується на шківах із деяким попереднім натягом. Вільна ділянка (с) паса, що набігає на ведучий шків (а), називається ведучою гілкою паса, а вільна ділянка (d), що набігає на ведений шків, називається веденою гілкою. Попередній натяг паса створюється за рахунок його пружного розтягу при закладенні на шківів або застосуванням спеціального натяжного пристрою (ролика) (е). Під час роботи передачі пас передає енергію від ведучого шківів до веденого за рахунок сил тертя, які виникають між пасом та шківів.

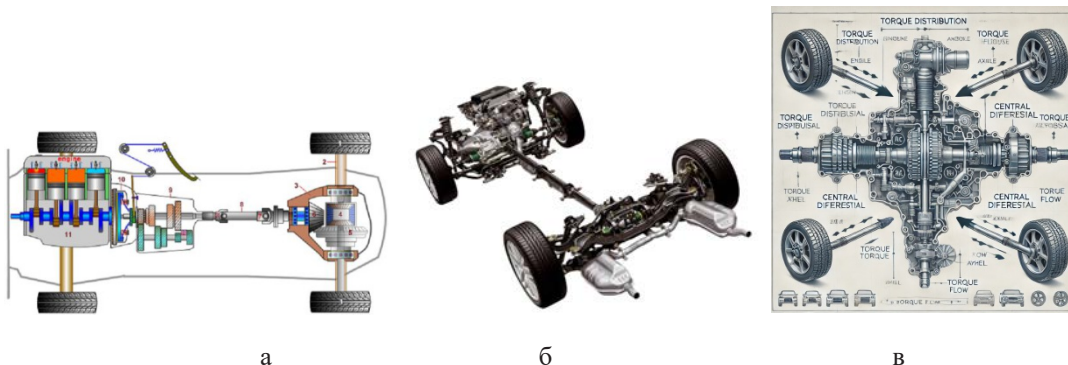


Рис. 2. Розподіл крутного моменту між ведучими мостами
а – асфальт, б – бездоріжжя, в – слизька поверхня

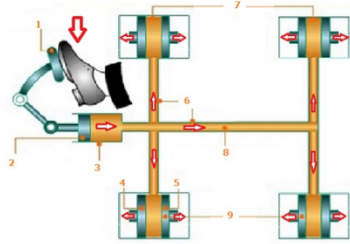


Рис. 3. Адаптивна система розподілу

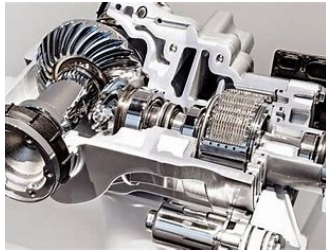


Рис. 4. Електронно-керована система розподілу



Рис. 5. Найпоширеніша конструкція пасової передачі

На (рис. 6) представлена багатошківна ланцюгова передача з натяжним роликком для ходової системи автомобіля.



Рис. 6. Багатошківна ланцюгова передача з натяжним роликком для ходової системи автомобіля

Переваги: можливість використання при значних відстанях між валами, достатньо високий ККД, можливість передавання обертового руху одним ланцюгом декільком валам, у тому числі і з протилежним напрямом обертання.

Недоліки: збільшення довжини ланцюга через зношення шарнірних з'єднань і відповідне послаблення руху ланцюга, нерівномірність руху ланцюга і пов'язані з цим динамічні явища у передачі та підвищений шум, низька кінематична точність при реверсуванні, потреба застосування додаткових пристроїв для регулювання натягу ланцюга.

Постановка завдання. В статті проведені теоретичні дослідження щодо підвищення експлуатаційних властивостей ходової частини вантажного автомобіля та отримані деякі результати, які характеризують можливість ефективного використання автомобіля в певних умовах і дозволяють оцінити, якою мірою його конструкція відповідає цим умовам.

Отримані результати з теорії розподілу зусилля між ведучими мостами вантажного автомобіля може знадобитися при проектуванні нових моделей, а також при виборі типів автомобілів з ходовою частиною відповідно до різних умов експлуатації.

Реалізація досліджень на практиці може дати можливість підвищити спроможність використовувати автомобіль за призначенням. Для цього слід збільшити середню прискорення руху (тим самим динамічність його руху) й зменшити витрату палива при одночасному збереженні безпеки руху й забезпеченні зручностей для водія й особового складу.

В статті дослідження автомобіля з перетворювачем енергії між ведучими мостами експлуатаційні властивості (ходової частини автомобіля), безпосередньо пов'язані з рухом автомобіля. До них віднесено прискорення розподілу крутного моменту між ведучими мостами та отримання підвищення тягових можливостей.

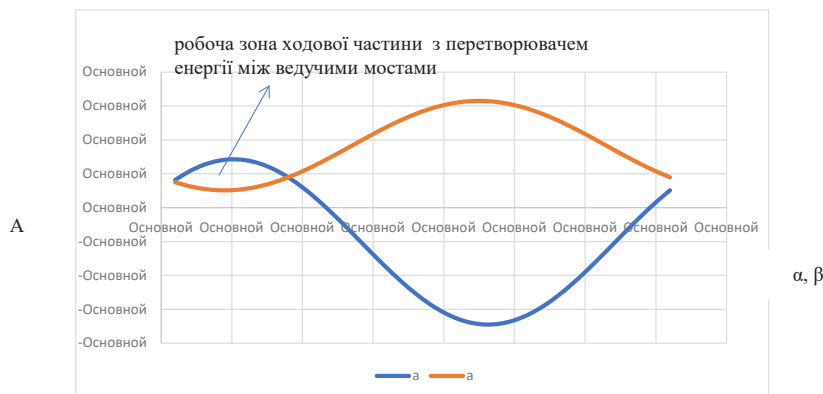


Рис. 7. Графік залежності прискорення автомобіля від значень кутів α, β

На (рис. 7) представлений графік залежності прискорення автомобіля від значень кутів α , β . На графіку виявлено менш динамічний вплив на колісні рушії зміна кутів від 5° до 60° .

Виклад основного матеріалу. За основу розробки конструкції ходової частини автомобіля з перетворювачем енергії між ведучими мостами взяті елементи теорії [5].

Регулюючі ролики А та В рухаються поступально. Допустимо, що регулюючий ролик А переміщується з прискоренням \bar{a}_A . Так як регулюючі ролики зв'язані гумо-металевим ланцюгом і тому регулюючий ролик В буде підійматися з прискоренням \bar{a}_B , котре за модулем дорівнює прискоренню \bar{a}_A :

$$\bar{a}_A = \bar{a}_B = a$$

На (рис. 1) приведена схема зовнішніх сил і сил інерції, які діють на регулюючі ролики А та В: сили ваги \bar{P}_1 , \bar{P}_2 ; нормальні реакції гумо-металевого ланцюга \bar{N}_A , \bar{N}_B ; сили тертя \bar{F}_A^{mp} , \bar{F}_B^{mp} ; зусилля в гумо-металевому ланцюзі \bar{T}_A , \bar{T}_B ($\bar{T}_A = \bar{T}_B = T$) та сили інерції, які при поступальному русі регулюючих роликів прикладені у центрі їх мас і дорівнюють;

$$F_A^{in} = P_1 \cdot \frac{a}{g}; \quad F_B^{in} = P_2 \cdot \frac{a}{g}$$

І які направлені протилежно прискоренню центра мас регулюючих роликів А та В.

Система координат для регулюючого ролика А буде $O_{x_1}Y_1$, а для регулюючого ролика В – $O_{x_2}Y_2$ [3, 4].

На (рис. 8) представлена фізична модель ходової частини автомобіля з перетворювачем енергії між ведучими мостами [1, 2].

Рівняння кінестатики для руху регулюючих роликів набувають вигляду:

Для регулюючого ролика А

$$\sum F_{kx} - P_1 \sin \alpha - F_A^{mp} - F_B^{in} + T = 0, \quad (1)$$

$$\sum F_{ky} = N_A - P_1 \cos \alpha = 0; \quad (2)$$

Для регулюючого ролика В

$$\sum F_{kx} = P_2 \sin \beta + F_B^{mp} + F_B^{in} + T = 0, \quad (3)$$

$$\sum F_{ky} = N_B - P_2 \cos \beta = 0 \quad (4)$$

З рівняння (2) та (4) знайдемо нормальні реакції

$$N_A = P_1 \cos \alpha,$$

$$N_B = P_2 \cos \beta.$$

Знаходимо сили тертя:

$$F_A^{mp} = f N_A = f \cdot P_1 \cdot \cos \alpha,$$

$$F_B^{mp} = f N_B = f \cdot P_2 \cdot \cos \beta,$$

де f – коефіцієнт тертя ковзання.

Підставимо знайдені значення сил тертя та сил інерції в (1) та (3) рівняннях і отримуємо,

$$\frac{P_1 a}{g} + T = P_1 \sin \alpha - f P_1 \cos \alpha = P_1 (\sin \alpha - f \cos \alpha); \quad (5)$$

$$T - \frac{P_2 a}{g} = P_2 \sin \beta + f P_2 \cos \beta = P_2 (\sin \beta + f \cos \beta) \quad (6)$$

З рівняння (5) та (6) отримуємо формулу прискорення з яким рухається регулюючий ролик А та В та зусилля натягу в гумо-металевому ланцюзі:

$$a = \frac{P_1 (\sin \alpha - f \cos \alpha) - P_2 (\sin \beta + f \cos \beta) \cdot g}{P_1 + P_2}$$

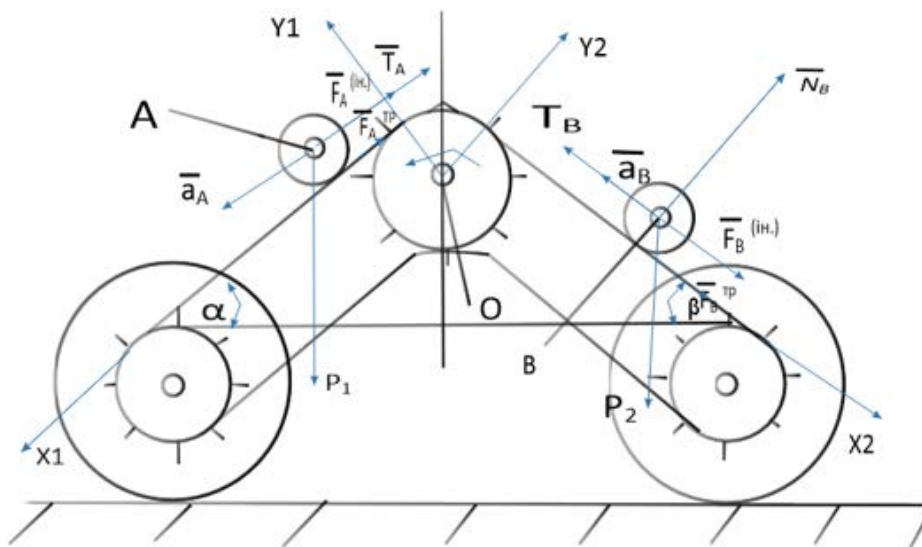


Рис. 8. Схема зовнішніх сил і сил інерції, які діють на регулюючі ролики А та В

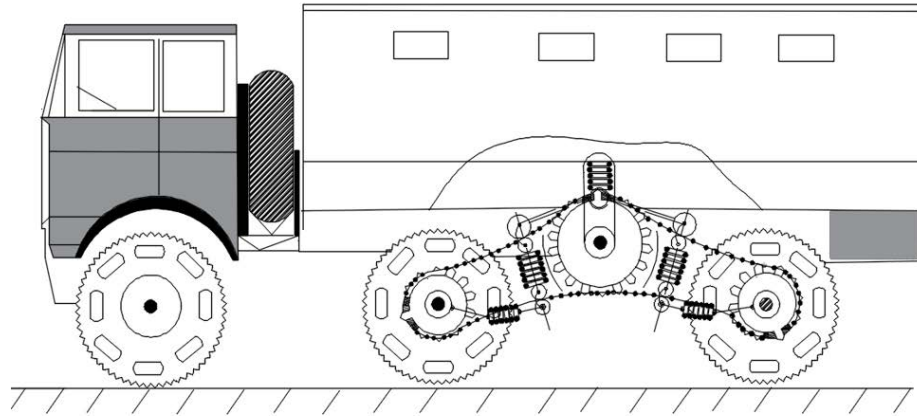


Рис. 9. Компонування військового вантажного автомобіля з ходовою частиною з перетворювачем енергії міжведучими мостами

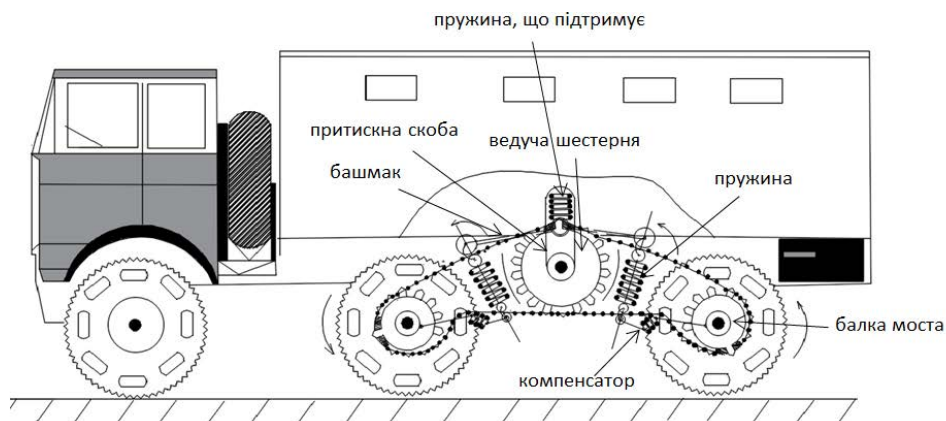


Рис. 10. Компонування військового вантажного автомобіля з ходовою частиною з перетворювачем енергії міжведучими мостами в робочому стані

$$T = \frac{P_1 \cdot P_2 [\sin \alpha + \sin \beta - f (\cos \alpha - \cos \beta)]}{P_1 + P_2} = \frac{2P_1 P_2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \left(\cos \frac{\alpha - \beta}{2} + f \sin \frac{\alpha - \beta}{2} \right)}{P_1 + P_2}$$

На (рис. 9) показана компоновка військового вантажного автомобіля з ходовою частиною з перетворювачем енергії міжведучими мостами.

На (рис. 10) показана компоновка військового вантажного автомобіля з ходовою частиною з перетворювачем енергії міжведучими мостами в робочому стані.

Висновки.

1. При проведенні математичних розрахунків було складено рівняння кінестатики для руху регулюючих роликів:

2. При проведенні розрахунків рівняння кінестатики для руху регулюючих роликів було отримано формули прискорення з яким рухається регулюючий ролик А та В та зусилля натягу в гумо-металевому ланцюзі:

3. При проведенні розрахунку в середовищу EXSEL було виявлено робочу зону ходової частини автомобіля з перетворювачем енергії між ведучими мостами.

Список літератури:

1. Петров Л.М. «Спосіб удосконалення обертового руху колісного приводу автомобіля. Київ: Патент № 42929, Бюл. № 7, 2009, 1–3 с.
2. Петров Л. М. «Спосіб переміщення мобільного енергетичного засобу» Київ: Патент № 96475, Бюл. № 1, 2014, 1–3 с.
3. Колпахчян П.Г., Заріфян А.А. «Дослідження режимів роботи асинхронного тягового приводу методом комп'ютерного моделювання» Постановка задачі та комп'ютерна модель. «Транспортні проблеми». Міжнародно-технічна конференція, Харків:10, 2015, с. 125–136.

4. Молодан А.О. «Метод визначення додаткових витрат енергії викликаних нерівномірністю крутного моменту руху при відключенні циліндрів». Вісник машинобудування та транспорту: Харків: № 2, 2018, с. 85–94.
5. 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.

Petrov L.M., Kishianus I.V., Borysenko T.M., Mohylianets T.M., Malynovskyi O.A., Shelukhin S.V., Nikishyn V.A. STUDY OF THE DESIGN OF THE CAR CHASSIS WITH AN ENERGY CONVERTER BETWEEN THE DRIVE AXLES

In the article by the authors Petrov L.M., Kishyanus I.V., Borysenko T.M., Lysyi O.V., Verpovsky S.M., Malinovsky O.A., Shelukhnin S.V., Nikishina V.A. Study of the design of the chassis of a car with an energy converter between the drive axles The conditions for driving the wheels of the propulsion by means of a chain drive are given, in which simultaneously in the working process of its rolling the kinetic energy is superimposed on the kinetic energy. A mathematical model of the simultaneous combination of wheel drives of a truck by a chain drive, which is based on the theory of energy transfer in the oscillatory motion of an automobile system, showed and revealed the zone of the most effective operation of the rolling of the wheel drive by means of the rotational movement of a spring-loaded chain.

The scientific and practical significance of the work lies in the fact that for the first time a truck with a wheel drive by a chain drive was proposed with the theoretical development of such a drive, in which the theory of oscillatory motion with elastic regulation and energy accumulation for increased cross-country ability was applied, in which, when the wheels rotate, technology was introduced to accumulate energy in the area of the contact patch with the supporting surface.

The methodology of the study was to establish a mathematical relationship between the acceleration of a movable elastic energy storage device and the angles of inclination of the chain during the rotation of the axis relative to the contact patch and the traction force from the same angles.

The result is the developed geometry of the chain drive of the truck wheel drives for combat missions with a movable elastic energy storage to carry out work corresponding to the movement of the running wheels between the second and third drive axles.

The value of the study, the results of the work carried out will make it possible to contribute to the automotive industry for the performance of combat missions.

A truck has been proposed to increase cross-country ability, dynamism, and reduce fuel consumption, which is relevant today.

Key words: *running wheel, free axle, movable elastic accumulator, physical and mathematical model, wheel propulsion, lag gear, roller.*