

**Л. М. ПЕТРОВ**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри автомобільної техніки  
Військова академія (м. Одеса)  
ORCID: 0000-0001-5709-9986

**І. В. КІШЯНУС**

старший викладач кафедри автомобільної техніки  
Військова академія (м. Одеса)  
ORCID: 0000-0001-7838-5607

**О. В. ЛИСИЙ**

кандидат технічних наук, доцент,  
начальник кафедри автомобільної техніки  
Військова академія (м. Одеса)  
ORCID: 0000-0002-7389-1161

**С. М. ВЕРПІВСЬКИЙ**

заступник начальника кафедри автомобільної техніки  
Військова академія (м. Одеса)  
ORCID: 0000-0002-1610-4707

**О. А. МАЛИНОВСЬКИЙ**

старший викладач кафедри автотехнічного забезпечення  
Військова академія (м. Одеса)  
ORCID: 0000-0002-4048-3903

**В. А. НІКІШИН**

викладач кафедри автомобільної техніки  
Військова академія (м. Одеса)  
ORCID: 0000-0003-2737-403X

**С. В. ШЕЛУХІН**

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
професор кафедри автомобільної техніки  
Військова академія (м. Одеса)  
ORCID: 0000-0003-4417-4283

## ТЕОРЕТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ ПО ПІДВИЩЕННЮ ПАРАМЕТРІВ РУХУ АВТОМОБІЛЯ З НАКОПИЧУВАЧЕМ ПОТЕНЦІЙНОЇ ЕНЕРГІЇ В ОСЕРЕДКУ КОНТАКТУ КОЛІСНОГО РУШІЯ З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ

*В статті авторів Петрова Л.М., Кішнянуса І.В., Верпівського С.М., Малиновського О.А., Нікішина В.А., Шелухіна С.В. теоретичні можливості по підвищенню параметрів руху автомобіля з накопичувачем потенційної енергії в осередку контакту колісного рушія з опорною поверхнею приведені умови для колісного рушія в якому одночасно в робочому процесі його кочення на кінетичну енергію накладається потенційна. Математична модель кочення колісного рушія вантажного автомобіля, яка заснована на теоремі про зміну кінетичної енергії автомобільної системи показала та виявила зону найбільш ефективної роботи кочення колісного рушія за допомогою обертального руху пружних елементів.*

*Наукова та практична значимість роботи полягає в тому, що вперше запропонований вантажний автомобіль з теоретичною розробкою в якій застосована теорія з пружним накопичувачем енергії для підвищення його 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 рухливим пружним накопичувачем енергії та обертанням осі відносно плями контакту.*

Результатом є розроблена геометрія вантажного автомобіля для виконання бойових завдань з рухливим пружним накопичувачем енергії для підтвердження його руху 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.

L. M. PETROV

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Automotive Engineering  
Military Academy (Odesa)  
ORCID: 0000-0001-5709-9986

I. V. KISHIANUS

Senior Lecturer at the Department of Automotive Engineering  
Military Academy (Odesa)  
ORCID: 0000-0001-7838-5607

O. V. LYSYI

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Head of the Department of Automotive Engineering  
Military Academy (Odesa)  
ORCID: 0000-0002-7389-1161

S. M. VERPIVSKYI

Deputy Head of the Department of Automotive Engineering  
Military Academy (Odesa)  
ORCID: 0000-0002-1610-4707

O. A. MALINOVSKYI

Senior Lecturer at the Department of Auto Technical Support  
Military Academy (Odesa)  
ORCID: 0000-0002-4048-3903

V. A. NIKISHYN

Lecturer at the Department of Automotive Engineering  
Military Academy (Odesa)  
ORCID: 0000-0003-2737-403X

S. V. SHELUHIN

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher,  
Professor at the Department of Automotive Engineering  
Military Academy (Odesa)  
ORCID: 0000-0003-4417-4283

#### THEORETICAL POSSIBILITIES FOR INCREASING THE PARAMETERS OF MOTION OF A CAR WITH A POTENTIAL ENERGY ACCUMULATOR IN THE CONTACT CENTER OF THE WHEEL DRIVE WITH THE SUPPORTING SURFACE

*The article by the authors Petrov L.M., Kishyanus I.V., Verpivsky S.M., Malinovsky O.A., Nikishin V.A., Sheluhin S.V. theoretical possibilities for increasing the parameters of the motion of a car with a potential energy accumulator in the contact center of the wheel drive with the support surface provides conditions for a wheel drive in which, simultaneously in the working process of its rolling, potential energy is superimposed on kinetic energy. The mathematical model of rolling of a wheel drive of a truck, which is based on the theorem on the change in kinetic energy of an automobile system, showed and identified the zone of the most effective operation of rolling of a wheel drive using the rotational movement of elastic elements.*

*The scientific and practical significance of the work lies in the fact that for the first time a truck with a theoretical development is proposed in which the theory with an elastic energy accumulator is applied to increase its cross-country*

ability, in which, when the wheels rotate, a technology for accumulating energy in the area of the contact spot with the supporting surface is introduced.

The research methodology was to establish a mathematical relationship between the movable elastic energy storage and the rotation of the axle relative to the contact patch.

The result is a developed geometry of a truck for performing combat missions with a movable elastic energy storage to confirm its working motion, which corresponds to the movement of the running wheels between the second and third driving axles.

The value of the research, the results of the work will allow us to make a contribution to the automotive industry for the performance of combat missions.

A truck is 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 drive.

### Постановка проблеми

Технологія, яка закладена в автомобіль повинна відповідати його призначенню, що буде задовольняти виконання операцій по маршрутизації заданих дорожніх умов. Для цього провідні фахівці автомобілів пропонують його конструктивні удосконалення з різними експлуатаційними властивостями. Тому автомобілі різних фірм мають додаткові обладнання, що забезпечують його рух в різних дорожніх умовах.

Таке обладнання не завжди відповідає бажаним умовам по підвищенню прохідності, динамічності, стійкості руху автомобіля в різних дорожніх умовах.

Вплив конструктивного облаштування викликає групову залежність автомобіля від них, а тому на різних ділянках руху одне та інше обладнання не завжди раціонально для використання, а в інших доцільне.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розробниками в галузі автомобільного транспорту встановлено, що кочення автомобільного колеса його шина піддається деформуванню, яке сприяє створенню моменту опору коченню колеса та зчепленню колеса зі шляхом. Були створені тороїдальні, арочні, радіальні, діагональні, широко профільні шини, які штучно підвищували прохідність, динамічність, стійкість, плавність руху автомобіля. При коченні автомобільного колеса в безпосередньо в матеріалі шини, виникають внутрішні тертя, а при проковзуванні по шляху шини ще й нагрів шини. На всі ці недоліки шини витрачається велика кількість енергії.

Для компенсації втрати енергії необхідно впровадити в колісний рушій механізм, який би компенсував втрати енергії та виконував робочий процес з малими втратами енергії.

Відомо спосіб переміщення мобільного засобу (Molodan, 2019, р. 48–53), який включає (Рис. 1, 2): двигун 1, який встановлюють на колісний рушій 2 та ведені колеса 3 Колісні рушії та ведені колеса встановлюють на опорну поверхню 4 Локальні пружні елементи 5 закріплюють на основному протекторі 6 фіксуєчими штифтами 7. Спосіб переміщення мобільного засобу здійснюють наступним чином. Від двигуна 1 за допомогою трансмісії (на кресленні не показано) крутний момент передають колісним рушіям 2. Мобільний засіб починає рухатись на ведених 3 та ведучих 2 колесах. В зоні плями контакту колісних рушіїв з опорною поверхнею 4 локальний пружний елемент 5, вигнутий до початку деформації шини в зону прилягання до основного протектора 6, стрімко вигинається у протилежну сторону, тобто, в напрямку до контакту з опорною поверхнею 4. Це пояснюється тим, що протектор шини розтягується і вигнутий у його сторону локальний пружний елемент при розтягуванні основного протектора вигинається у протилежну сторону. Таким чином, у зоні плями контакту шини з опорною поверхнею створюють імпульс локального пружного елемента, швидкість зміни якого дорівнює сумарній силі, що діє на локальний пружний елемент. Таким чином, періодична дія імпульсу локального пружного елемента в зоні плями контакту шини колісного рушія з опорною поверхнею дозволяє підвищити ефективність використання потужності двигунів трактора, зменшити буксування коліс та питому витрату палива. Відомий спосіб Петрова-Борисенка підвищення прохідності тягово-транспортної системи (Molodan, 2018, р. 14–18), який включає (Рис. 3, 4, 5) колісний рушій 1, на якому закріплений зубчастий протектор 2. Колісний рушій встановлений на ступицю 3 тягово-транспортної системи. До ступиці хомутами 4 та 5 жорстко закріплений керуючий циліндр 6, в корпусі 7 розташований поршень 8, до якого приєднані штоки 9 та 10, на які вільно насунені пружини 11, 12 стиснення. Шарнірами 13 та 14 до протектора приєднаний накладні зубчасті протектори 15 та 16, форма зубців 17 та впадин 18 яких відповідає формі зубців 19 та впадин 20 протектора колісного рушія. Аналогічно форма зубців 21 та впадин 22 накладного зубчастого протектора 16 відповідає формі зубців 19 та впадин 20 протектора колісного рушія. Вільні кінці накладних протекторів 15 та 16, шарнірами 23, 24 з'єднані зі штоками 9, 10. Порожнини 25 і 26 циліндра з'єднані отворами 27 і 28 та проводом 29 з'єднані між собою. Робочий процес підвищення прохідності тягово-транспортної системи, здійснюється таким чином: до ступиці 3 від двигуна через трансмісію (яка на кресленні не показана) підводиться крутний момент. При цьому ступиця 3 приводить в обертальний рух колісний рушій 1. Разом з колісним рушієм 1 приводиться в обертальний рух зубчастий протектор 2 та закріплений хомутами 4, 5 керуючий циліндр 6 разом з поршнем 8 та штоками 9, 10 і пружинами 11, 12. При цьому зубчастий протектор 2

зубцям 19 втискується у впадини 18 13 накладного протектора 15, а зубці 17 накладного протектора втискуються у впадини 20 зубчастого протектора 2 колісного рушія 1. Обертаючись, колісний рушій 1 шарніром 13 примушує накладний протектор 15 вигинатися, охоплюючи зубці 19 колісного рушія 1, а шарнір 23 притискає до опорної поверхні накладний протектор 15. Одночасно шток 9 з поршнем 8 переміщується в напрямку вільної зони від навантаження колісного рушія 1, на якій розташований шарнір 24. При цьому шарнір 23 разом зі штоком 9, під час обертання колісного рушія 1, переміщується до осередку колісного рушія 1, стискаючи пружину 11, а шарнір 24 рухається в напрямку вільної зони колісного рушія 1 розгортаючи накладний протектор 16. При цьому пружина 12 розтягується, зубці 21 накладного протектора 16 звільняються із впадин 18 зубчастого протектора 2, а впадини 22 накладного протектора 16 вивільняють зубці 19 зубчастого протектора 2 колісного рушія 1. Таким чином створюється зона майбутньої «плями контакту» між шарнірами 14 та 24. Переміщення поршня 8 по керуючому циліндру 6 ближче до зони вільної від навантаження колісного рушія 1 примушує рідину із порожнини 22 керуючого циліндра 6 через отвір 28 та провід 29 і отвір 27 перейти в порожнину 25, забезпечуючи стабілізацію положення поршня 8 згідно з кутом повороту колісного рушія 1 відносно опорної поверхні. Таким чином, запропонований спосіб «Петрова-Борисенка підвищення прохідності тягово-транспортної системи» створює додаткову штучну опорну поверхню для тягово-транспортної системи, розширює можливості колісного рушія 1 для збільшення його тяги та поєднує можливості колісного та гусеничних рушіїв. Застосування накладного протектора на колісний рушій, який навантажений і сегмент навантаження якого визначають центральним кутом повороту деформованої опорної поверхні, дозволяє підвищити прохідність тягово-транспортної системи, створити додаткову штучну опорну поверхню для тягово-транспортної системи, розширити можливості колісного рушія для збільшення його тяги та поєднати функції колісного та гусеничних рушіїв. Такий перелік операцій дозволяє розширити можливий діапазон тягової динаміки тягово-транспортної системи, зменшити час на її розгін та підвищити мобільність тягово-транспортної системи. Відомий спосіб «Лягушка» переміщення мобільного енергетичного засобу конструкції Л.М. Петрова (Kolrahchyan, 2015, p. 125–136), який здійснюють таким чином (Рис. 6): від енергетичного модуля 1 крутний момент за допомогою кінематичного зв'язку подається на центральний редуктор 2. За допомогою карданних шарнірів 15, 16 та 17, 18 карданних валів 19, 20 крутний момент подається на кінцеві передачі 21, 22 колісних рушіїв 10, 11. Таким чином мобільному енергетичному засобу надають рух. При зміні опору руху на передніх чи задніх колісних рушіях пружинним елементом примушують передній колісний рушій (при виникненні на ньому додаткового опору) перестрибнути через бар'єр чи підтягнуть задні колісні рушії (при виникненні на них додаткового тягового опору) перестрибнути через цей бар'єр.

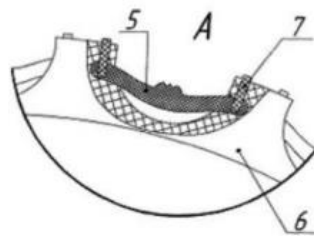


Рис. 1. Деформаційний елемент у протекторі

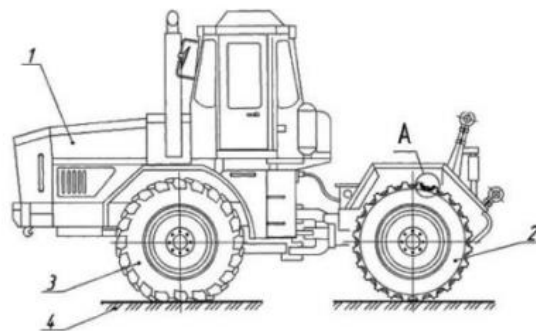


Рис. 2. Мобільний засіб виконаний з деформаційним елементом по декларативному патенту «Спосіб переміщення мобільного засобу»

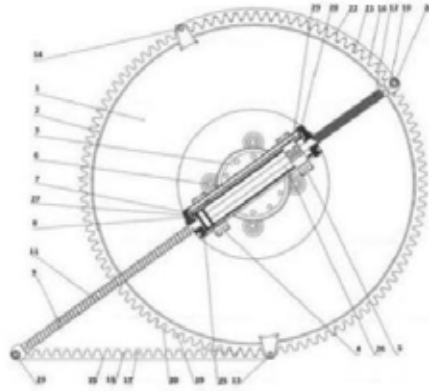


Рис. 3. Креслення згідно способу Петрова-Борисенка, щодо підвищення прохідності тягово-транспортної системи

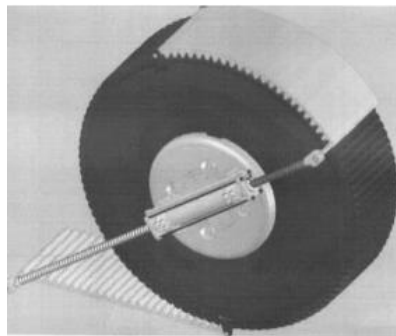


Рис. 4. Загальний вигляд колісного рушія по декларативному патенту «Спосіб Петрова-Борисенка підвищення прохідності тягово-транспортної системи»

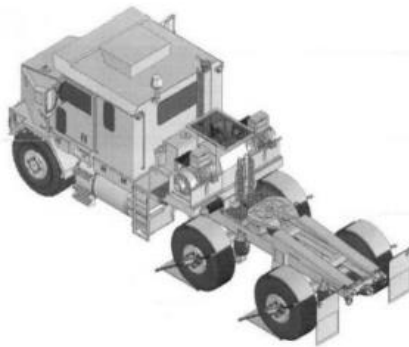


Рис. 5. Загальний вигляд автомобіля з удосконаленими колісними рушіями

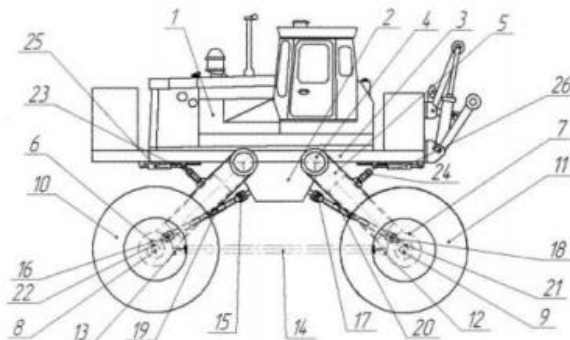


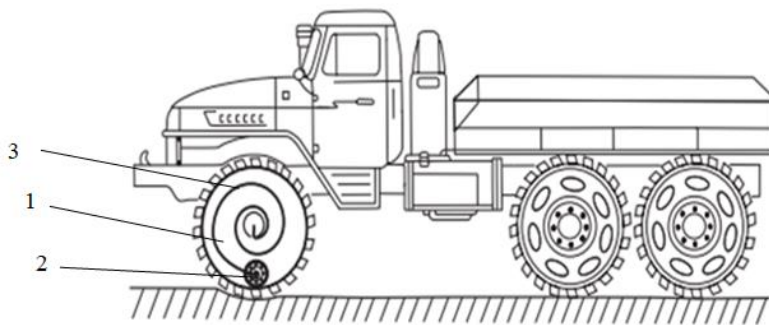
Рис. 6. Мобільний засіб виконаний по декларативному патенту «Спосіб «Лягушка» переміщення мобільного енергетичного засобу конструкції Л.М. Петрова»

**Формулювання мети дослідження**

Створити умови для колісного рушія в якому одночасно в робочому процесі його кочення на кінетичну енергію накладається потенційна.

**Викладення основного матеріалу дослідження**

Нами було запропоновано колісний рушія з внутрішнім компенсатором тягового зусилля в якому технологічно поєднано операції накладання на кінетичну енергію зв'язану з рухом автомобіля потенційну енергію що є компенсатором тягового зусилля (рис. 7) [1, 2].



**Рис. 7. Колісний рушія з внутрішнім компенсатором тягового зусилля:**

1 – колісний рушія, 2 – пружний накопичувач енергії, 3 – пружний накопичувач.

Для розгляду робочого процесу запропонованого автомобіля було застосовано теорему про зміну кінетичної енергії механічної системи [3, 4, 5, с. 1-3].

Для даної формула кінетичної енергії набуває вигляду:

$$T = \frac{1}{2} M V \frac{2}{c} \tag{1}$$

де  $M$  – маса твердого тіла;

$V_c$  – швидкість центра мас.

При обертальному русі тіла навколо нерухомої осі:

$$T = \frac{1}{2} Y_z \omega^2 \tag{2}$$

Математично таке поєднання буде мати такий вигляд:

$$T_1 T_0 = \sum_k A_k^e + \sum_k A_k^i \tag{3}$$

де  $T_1, T_0$  – кінетична енергія автомобільної системи, відповідно до кінцевого та початкового положення;

$\sum_k A_k^e + \sum_k A_k^i$  – сили робіт відповідно зовнішніх і внутрішніх сил автомобільної системи при переміщені з початкового положення в кінцеве.

Для незмінної системи:

$$\sum_k A_k^i = 0$$

При поступальному русі автомобільної системи, формула кінетичної енергії набуває вигляду

$$T = \frac{1}{2} M V \frac{2}{c} \tag{4}$$

де  $M$  – маса автомобільної системи;

$V_c$  – швидкість центра мас автомобіля.

При обертальному русі тіла навколо нерухомої осі:

$$T = \frac{1}{2} Y_z \omega^2 \tag{5}$$

де  $Y_z$  – момент інерції тіла навколо осі обертання;

$Y_{cz}$  – момент інерції автомобільної системи, що проходить не через центр мас  $C$  перпендикулярно до площини руху;

$\omega$  – кутова швидкість автомобільної системи (колісного рушія).

В загальному випадку при плоско поступальному русі для автомобільної системи з коченням компенсатора тягового зусилля по диску колісного рушія:

$$T = \frac{1}{2} MV \frac{2}{c} + \frac{1}{2} Y_{cz} \omega^2 \tag{6}$$

Для автомобільної системи з голономними і утримуючими зв'язками, загальне рівняння буде мати вигляд:

$$\sum_k \delta A_k^a + \sum_k \delta A_k^{in} = 0 \tag{7}$$

де  $\sum_k \delta A_k^a$  і  $\sum_k \delta A_k^{in}$  – суми робіт відповідно активних сил та сил інерції на можливих переміщеннях початок прикладання цих сил.

**Математична модель автомобільної системи з колісним рушієм і компенсатором тягового зусилля**

Дослідження автомобільної системи за допомогою рівнянь Лагранжа другого роду.

Для автомобільної системи з одним ступенем волі, яка підпорядкована ідеальним, стаціонарним, голономним і утримуючим зв'язкам. Рівняння Лагранжа другого роду має вигляд:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial T}{\partial q} = Q \tag{8}$$

де  $q$  – узагальнена координата;

$\dot{q}$  – узагальнена швидкість;

$T$  – кінетична енергія механічної системи, виражена через узагальнені координату і швидкість;

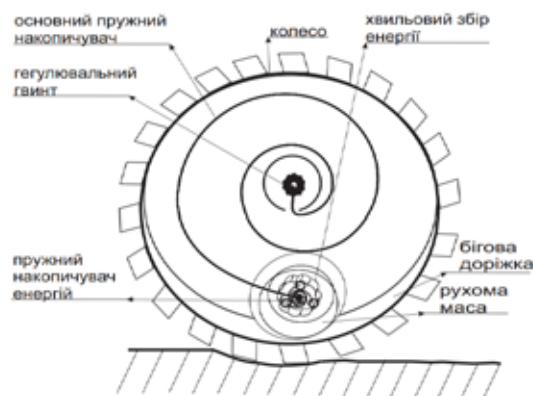
$Q$  – узагальнена сила.

Для обчислення узагальної сили  $Q$  потрібно надати автомобільній системі можливе переміщення  $\delta q$ , обчислити суму робіт активних сил на можливих переміщеннях точок прикладання цих сил, виразити всі можливі переміщення точок прикладання сил через узагальнене можливе переміщення  $\delta q$  і привести вираження для суми робіт активних сил до вигляду:

$$\sum_k \delta A_k^a = Q * \delta q \tag{9}$$

Узагальнена сила  $Q$  дорівнює коефіцієнту при  $\delta q$  у виразі

Для опису математичної моделі нами запропоновано розглянути окремо динамічну модель з колісним рушієм з внутрішнім компенсатором тягового зусилля (рис. 8).



**Рис. 8. Динамічна модель з колісним рушієм з внутрішнім компенсатором тягового зусилля**

Координату центра автомобільної системи прийемо у якості узагальної координати.

На (рис. 9) показана фізико-математична модель автомобільної системи.

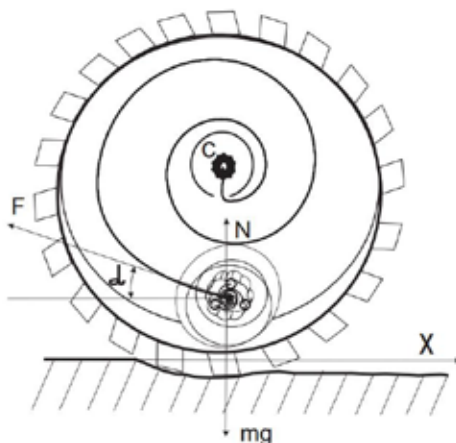


Рис. 9. Фізико-математична модель автомобільної системи

На автомобільну систему діють:  
 активні сили:  $MG$  – сила тяжіння;  
 $F$  – сила стиснутої пружини;  
 реакції зв'язку:  $N$  – нормальна складова;  
 $P$  – сила тертя (роботу не здійснює).

Сила тяжіння це потенційна сила, її точка прикладення залишається на одному рівні відносно горизонтальної поверхні. В першому наближенні вважаємо, що її потенційна інерція.

$$\Pi=0$$

Кінетична енергія автомобільної системи буде визначатися з формули:

$$T = T_1 + T_2 \tag{10}$$

де  $T_1 = \frac{1}{2} m \left( \frac{dx}{dt} \right)^2$  – кінетична енергія поступального руху;

$T_2 = \frac{1}{2} y \omega^2 = \frac{1}{2} R^2 \left( \frac{dx}{dt} \right)^2$  – енергія обертального руху.

При відсутності проковзування умови швидкості автомобільної системи та швидкість поступового руху зв'язані співвідношенням:

$$\omega R = dx / dt \tag{11}$$

Обчислимо узагальнену силу, яка відповідає прикладеній до автомобільної системи силі  $F$ . Елементарна робота, яку виконує сила  $F$  буде відповідати формулі:

$$\delta A = \delta A_{nocm} + \delta A_{o6epm} \tag{12}$$

Робота у поступальному русі автомобільної системи буде відповідати формулі:

$$\delta A_{nocm} = F \cos \alpha \cdot \delta x \tag{13}$$

Робота в обертальному русі автомобільної системи буде відповідати рівнянню:

$$\delta A_{o6epm} = M_z \delta \varphi \tag{14}$$

Проекція моменту сили, яка створюється рухливою вагою буде відповідати формулі:

$$M_z = F \cdot r \tag{15}$$

При відсутності проковзування автомобільної системи елементарне зміщення буде відповідати формулі:

$$\delta x = R \delta \varphi \tag{16}$$

Тоді робота автомобільної системи у обертальному русі в остаточному варіанті буде мати вигляд:

$$\delta A_{o6epm} = F \cdot r \cdot \frac{dx}{R} = F \frac{r}{x} \delta x \tag{17}$$



Враховуючи, що сила  $F$  діє під кутом  $\alpha$  тому формула для елементарної роботи буде мати вигляд:

$$\delta A = F \left( \cos \alpha - \frac{r}{R} \right) dx \tag{18}$$

При такому розкладі сил узагальнена сила буде мати вигляд:

$$Q = F \left( \cos \alpha - \frac{r}{R} \right) \tag{19}$$

Функція Лагранжа може бути представлена у вигляді:

$$L = T + \Pi = \frac{1}{2} \left( m + \frac{y}{R^2} \right) \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 \tag{20}$$

Диференційне рівняння відносно узагальненої координати  $x$  буде мати вигляд:

$$\left( m + \frac{y}{R^2} \right) \frac{d^2 x}{dt^2} = F \left( \cos \alpha + \frac{r}{R} \right) \tag{21}$$

Шлях, який буде пройдено автомобільною системою буде мати вигляд:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{W t^2}{2} \tag{22}$$

де  $W = F \left( \cos \alpha - \frac{r}{R} \right) / \left( m + \frac{y}{R^2} \right)$

На рис. 10. показаний колісний рушій з подвійним пружним накопичувачем.

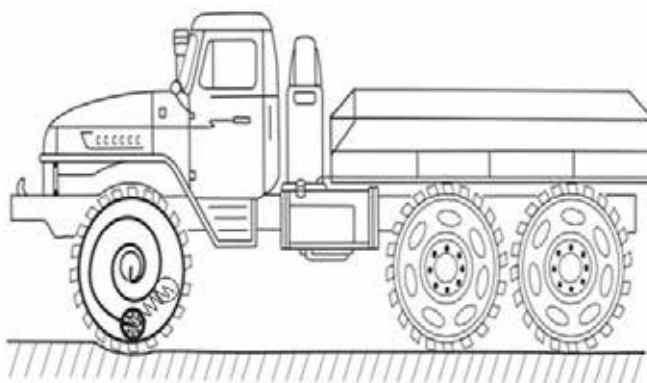


Рис. 10. Колісний рушій з подвійним пружним накопичувачем

На графіку показаний шлях, який буде пройдено автомобільною системою (рис. 11).

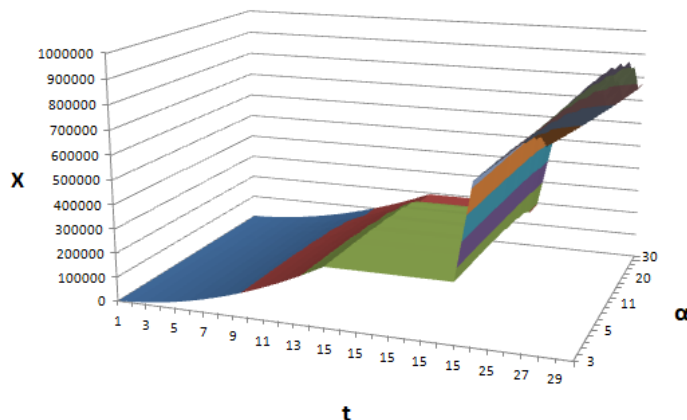


Рис. 11. Шлях, який буде пройдено автомобільною системою

### Висновки

1. Аналіз та розрахунки теоретичних можливостей до підвищенню параметрів руху автомобіля з накопичувачем потенційної енергії в осередку контакту колісного рушія з опорною поверхнею вантажного автомобіля дозволили виявити додатковий шлях, який пройде цей автомобіль з- за вільнення потенційної енергії в зоні плями контакту.

### Список використаної літератури

1. Бейгул О.О. Б 41 Динаміка та міцність машин: Навч. посібник / Бейгул О.О., Колесник І.А. Дніпродзержинськ: ДДТУ. 2011. 120 с.
2. Петров Л.М. Теорія оптимізації якісних показників колісного рушія. *Праці Одеського політехнічного університету. Вип. № 1.*(33) 2(34). 2010 С. 65–69.
3. Лобас Л. Лобас Л. Теоретична механіка: Підручник для студентів вищих технічних навчальних закладів. К.: ДЕТУТ. 2008. 331-335 с.
4. Петров Л.М. «Спосіб удосконалення обертального руху колісного рушія автомобіля [Метод вдосконалення обертального моменту колісного приводу автомобіля]. Київ: Патент № 42929, Бюл. № 7. 2009. С. 1-3.
5. Петров Л. М. «Спосіб переміщення мобільного джерела енергії» Київ: Патент 86825, Бюл. № 1 2014. С. 1-3.

### References

1. Beygul O.O. (2011) B41 Dynamics and strength of machines. manual / Beygul O.O., Kolesnyk I.A. Dniprodzerzhinsk: DGTU-2011. 120 p.
2. Petrov L.M. (2010) Theory of optimization of qualitative indicators of wheel propulsion. Proceedings of the Odessa Polytechnic University. Vyp. № 1. (33) – 2(34). pp. 65–69.
3. Lobas L., Lobas L. (2008) Theoretical Mechanics: Textbook for Students of Higher Technical Educational Institutions. K.: DETUT. 331-335 p.
4. Petrov L.M. (2009) "Method of improving the rotational motion of the wheel drive of the car [Method of improving the torque of the wheel drive of the car]. Kyiv: Patent No. 42929, Bull. № 7. P. 1-3.
5. Petrov L. M. (2014) "Method of moving a mobile energy source" Kyiv: Patent 86825, Bull. № 1. P. 1-3.