

Petrov L.M.

Odesa Military Academy

Kishianus I.V.

Odesa Military Academy

Verpivskiy S.M.

Odesa Military Academy

Malinovskyi O.A.

Odesa Military Academy

Nikishyn V.A.

Odesa Military Academy

Sheluhin S.V.

Odesa Military Academy

CONSTRUCTION POSSIBILITIES WITH VARIABLE UNDERCARRIAGE GEOMETRY

The article deals with the research of elements of the theory of a car with a variable chassis geometry. The study of a car with a variable chassis geometry was connected with the application of the Lagrange equation. As a generalized coordinate, the angular displacement of the moving wheel from its position with the contact in the support surface was accepted – φ .

The purpose of the study is to create a technological diagram of a mobile wheel drive when transferring the energy of the wheel drive's oscillating motion due to the "transition" of kinetic energy into potential energy and vice versa due to elastic elements made according to a special geometry with the creation of a transfer force that acts on the frame of a car with a variable chassis geometry and is an auxiliary factor to the innovative technology of its movement.

The scientific and practical direction of the work consists in the fact that for the first time a technology for a car with a variable chassis geometry is proposed, in which its movement along the road is applied by the "transition" of potential energy into kinetic energy by the oscillating movement of the wheel, connected to the frame of a car with a variable chassis geometry parts with elastic elements made according to a special geometry.

The result of the research is the development of elements of the theory of a car with a variable chassis geometry with a movable wheel, which allows to create a design of a promising car with a variable chassis geometry with an oscillating wheel, and thereby offer increased mobility for the car.

The proposed car model with oscillating wheel movement is suitable for use in difficult conditions.

Key words: *physical-mathematical model, force, oscillatory motion, potential energy, kinetic energy.*

Formulation of the problem. The energy of forward movement of a car with a variable chassis geometry can be an indicator of its energy level. When used in difficult conditions, more advanced technologies are used to use its energy to support gradual movement. To maintain the established movement of a vehicle with a variable chassis geometry, its speed must be supported by the "transition" of kinetic energy into potential energy and vice versa [1, 2, pp. 1–3].

Highlighting previously unresolved parts of the overall problem.

Modern cars with variable chassis geometry use a higher level of tangential traction force to perform the process of gradual movement, which occurs when the wheel driver contacts the supporting surface and acts directly on the wheel driver. In the absence of reaction of the support surface, there is no tangential traction force. For its restoration, more detailed structural improvements of the wheel drive are needed in order to forcibly create the reaction of the support surface, and thereby the tangential traction force.

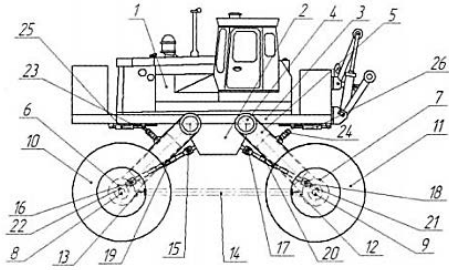


Fig. 1. The mobile device is made according to the declarative patent "Frog" method of moving a mobile energy device designed by L.M. Petrova": 1 – wheeled motor; 2 – toothed protector; 3 – hub; 4,5 – clamps; 6 – control cylinder; 7 – body; 8 – piston; 9, 10 – rods; 11, 12 – springs; 13,14 – tread joints; 15, 16, 19, 21 – teeth; 17, 18, 20, 22 – depressions; 23, 24 – hinges; 25, 26 – cavities; 27, 28 – holes; 29 – wire

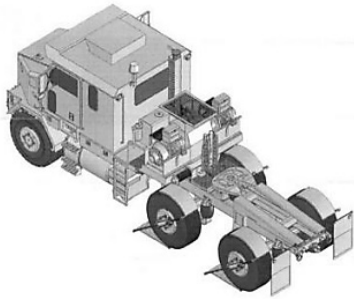


Fig. 2. General appearance of a car with advanced wheel drives

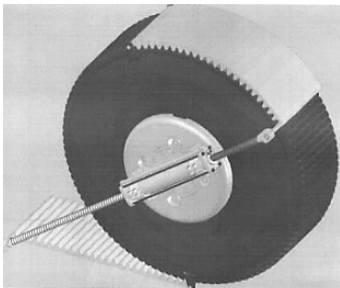


Fig. 3. The general appearance of the wheel drive according to the declarative patent “Petrov-Borysenko method of increasing the patency of the traction and transport system”

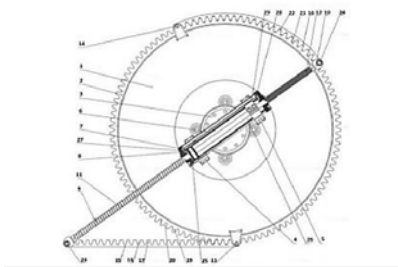


Fig. 4. Drawing according to the Petrov-Borysenko method, regarding the improvement of the traversability of the traction and transport system

We have proposed constructive improvements of a car with a variable chassis geometry, where a moving wheel is proposed in the chassis, the purpose of which is to convert potential energy into kinetic energy and vice versa, and thus the wheels of a car with a variable chassis geometry roll over the support surface (Fig. 5) [3, pp. 125–136], [4, pp. 85–94].

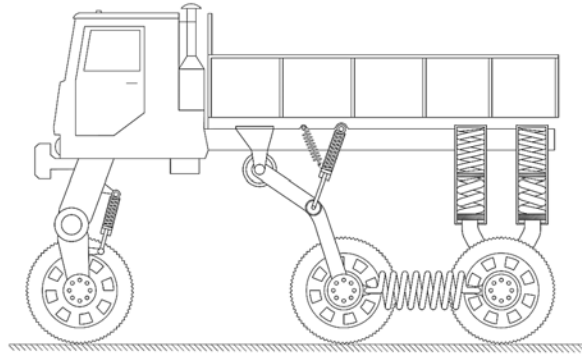


Fig. 5. Model model of a car with variable chassis geometry

Setting objectives

The task of creating the proposed car with a variable chassis geometry is the selection and justification of the deflection angles of the movable wheel of the chassis, the deflection angle of which affects the realization of the energy indicators of the technical capabilities of the car with a variable chassis geometry.

Presentation of the main research material. We conducted theoretical studies of the oscillating motion of the free wheel of the chassis of a car with variable geometry of the chassis (Fig. 6) in order to identify the motion parameters of the proposed structure in any operating conditions.

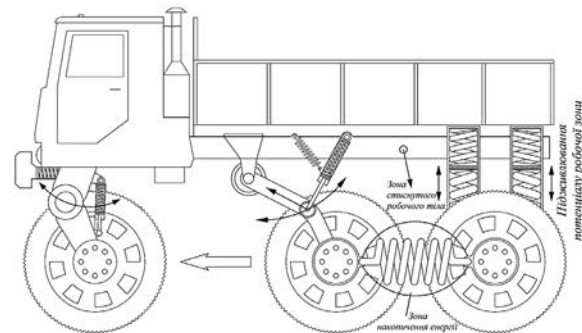


Fig. 6. Physical model of a car with variable chassis geometry

In order to simplify the theoretical studies of the oscillatory motion of the free wheel of the chassis, we present a simplified physical model of a car with a variable geometry of the chassis (Fig. 7).

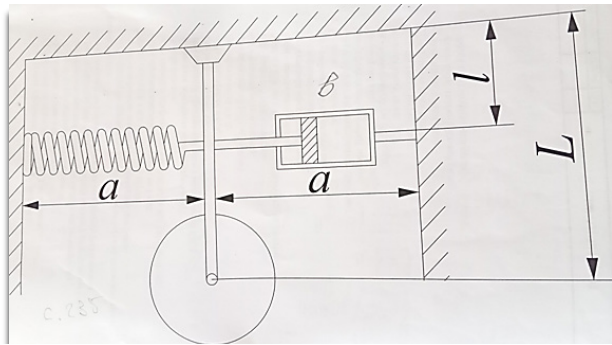


Fig. 7. A simplified physical model of a car with a variable chassis geometry

As a generalized coordinate, we take the angular deviation of the moving wheel (Fig. 8) from its position with contact in the support surface – φ . As an excess coordinate, we use the amount of lifting the wheel up to the frame by the amount – y .

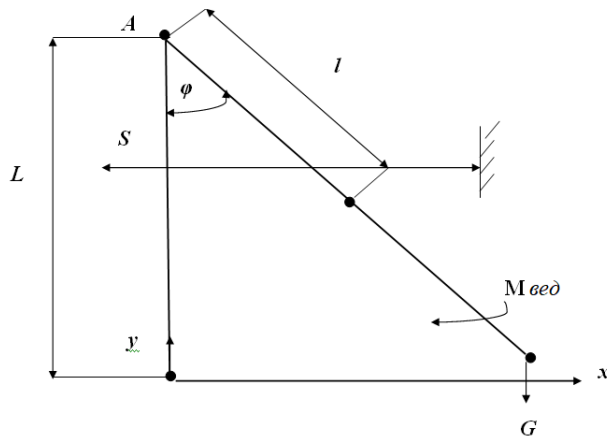


Fig. 8. Drawing for calculating the generalized coordinate of the angular deviation of the moving wheel

Let's write the equation of moments relative to hinge A, which is a fixed point of the system – the point of suspension to the frame of the moving wheel:

$$M_{вїдн} + M_{кол} + M_{їнер} = 0$$

$$M_{вїдн} = -mg \cdot l \cdot \sin \varphi$$

We will take into account that the angle is small, then

$$M_{вїдн} = -mg \cdot l \cdot \varphi$$

Moment of the wheel – $M_{кол}$ we will neglect

$$M_{кол} = 0$$

The moment of inertia of the moving wheel together with the suspension:

$$M_{їнер} = -I \cdot \varphi'' = -m l^2 \cdot \varphi''$$

The equation of motion of the wheel together with the suspension will look like this

$$mg l \cdot \varphi - m l^2 \cdot \varphi'' = 0$$

To check the created mathematical model, we use the Lagrange equation, the components of the energy of the suspension wheel will have the form:

– kinetic energy

$$T = y \cdot \frac{(\varphi'')^2}{2} = m l^2 \cdot \frac{(\varphi')^2}{2}$$

– potential energy

$$\Pi = mg \cdot h = mg \cdot y,$$

where y – is the lifting height of the wheel (excessive coordinate)

$$y = l - l \cdot \sin(\varphi) = 2l \cdot \sin^2\left(\frac{y}{2}\right)$$

At small angles

$$y = l \cdot \frac{\varphi^2}{2}$$

Then the expression for the potential energy will have the form

$$\Pi = mg \cdot l \cdot \frac{\varphi^2}{2}$$

The general Lagrange equation has the form

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} + \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} + \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi} = Q_{зовн} \quad (1)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = m l^2 \cdot \varphi';$$

$$\frac{\partial L}{\partial t} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) = m l^2 \cdot \varphi''$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \varphi} = 0$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} = m \cdot g \cdot l \cdot \varphi$$

Then the equation of motion will have the form:

$$m \cdot g \cdot l \cdot \varphi - m \cdot l^2 \cdot \varphi'' = 0$$

Changing the position of the wheel relative to the support surface:

$$y = L(1 - \cos \varphi)$$

at small deviation angles

$$y = L \cdot \frac{\varphi^2}{2}$$

The amount of displacement of the point of attachment of the elastic element and the damper $l_g = l \cdot \sin \varphi$ at small angles φ : $l_g \cong l \cdot \varphi$

Within the limits of small deviations, the deformation of the elastic element will be considered to be close to the amount of displacement, l_g

As a basis for calculations, we will use the Lagrange equation (1) Kinetic energy of the proposed system:

and potential energy of the system

$$T = \frac{Укол \cdot (\varphi')^2}{2} = \frac{ml^2 \cdot (\varphi')^2}{2} \quad (2)$$

$$\Pi = m \cdot g \cdot y + \frac{cl_z}{2} = \frac{m \cdot g \cdot L \cdot \varphi^2}{2} + \frac{c \cdot l^2 \cdot \varphi^2}{2} = (m \cdot g \cdot L + c \cdot l^2) \cdot \frac{\varphi^2}{2} \quad (3)$$

Energy of the generalized deflection angle of the moving wheel:

$$\Phi = \frac{\sigma \cdot l^2 (\varphi')^2}{2} \quad (4)$$

The derivatives of (2, 3, 4) would have the form

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \varphi'} &= mL^2 \varphi' \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \varphi'} \right) &= mL^2 \cdot \varphi'' \\ \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} &= 0, \end{aligned}$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} = (m \cdot g \cdot L + c \cdot l^2) \cdot \varphi$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \varphi'} = \sigma \cdot l^2 \cdot \varphi'$$

The equation of motion of the car will look like this:

$$m \cdot L^2 \cdot \varphi'' + \sigma \cdot l^2 \cdot \varphi' + (m \cdot g \cdot L + c \cdot l^2) \varphi = 0$$

The canonical form of this equation has the form

$$\varphi'' + 2n \cdot \varphi' + p^2 \cdot \varphi = 0;$$

where $2n = \frac{\sigma \cdot l^2}{m \cdot L}$ – relative damping coefficient;

$p^2 = \frac{(m \cdot g \cdot L + c \cdot l^2)}{m \cdot L^2}$ – natural frequency of the system.

If the coefficients n i p are permanent, and $n > p$ then

$$\varphi(x) = c_1 e^{-(n+i\sqrt{n^2-p^2})x} + c_2 e^{-(n-i\sqrt{n^2-p^2})x}$$

If $n < p$, then $i = \sqrt{-1}$

$$\varphi(x) = c_1 e^{-(n+i\sqrt{p^2-n^2})x} + c_2 e^{-(n-i\sqrt{p^2-n^2})x}$$

or

$$\varphi(x) = c_1 e^{-nx} (\cos \beta x - \sin \beta x) + c_2 e^{-nx} (\cos \beta x + \sin \beta x),$$

where $\beta = \sqrt{p^2 - n^2}$ – generalized damping coefficient, natural frequency of the system.

$$\varphi(x) = e^{-nx} (c_3 \cos \beta x + c_4 \sin \beta x),$$

де $\beta = \sqrt{p^2 - n^2}$, де c^1, c^2, c^3, c^4 – невідомі коефіцієнти, що визначаються початковими умовами.

If $\varphi(x)=0$, then

$$\varphi(x) = c_1 \left(e^{-(n+\sqrt{n^2-p^2})x} - e^{-(n-\sqrt{n^2-p^2})x} \right)$$

$$\varphi(x) = c_2 e^{-nx} \sin \beta x, \text{ where } \beta = \sqrt{p^2 - n^2}$$

Conclusions

1. The design of an improved car with variable undercarriage geometry is proposed, with the undercarriage of an additional movable wheel, the purpose of which is to convert potential energy into kinetic energy and vice versa, and thus the wheels of a car with a changed undercarriage geometry roll over a support surface.

2. The substantiation of the angles of deviation of the movable wheel of the chassis, the angle of deviation of which affects the implementation of the energy indicators of the technical capabilities of the car with a changed geometry of the chassis, has been substantiated.

3. The deviation angle φ of the movable wheel is more influenced by the natural frequency of oscillation of the movable wheel than the relative damping coefficient.

Bibliography:

1. Петров Л.М. «Спосіб удосконалення обертального 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. Колпахчан 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.

Петров Л.М., Кішянус І.В., Верпівський С.М., Малиновський О.А., Нікішин В.А., Шелухін С.В. КОНСТРУКТИВНІ МОЖЛИВОСТІ З ПЕРЕМІННОЮ ГЕОМЕТРІЄЮ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ

У статті розглянуті питання дослідження елементів теорії військового автомобіля для автомобіля з перемінною геометрією ходової частини зі змінням колісної формули ходової частини. Дослідження автомобіля з перемінною геометрією ходової частини було пов'язано з застосуванням рівняння Лагранжа В якості узагальненої координати було прийнято кутівий зсув рухливого колеса від його положення з контактом у опорній поверхні – φ . В якості надлишкової координати було використано величину підйому колеса вгору до рами на величину – y . Також, було складено рівняння моментів відносно шарніра, який є нерухомою точкою системи – точкою підвісу до рами рухливого колеса. Для

рішення рівняння Лагранжа було використано теореми про зміну кінетичної та потенційної енергії такого рухливого колісного рушія.

Метою дослідження є створення технологічної схеми рухливого колісного рушія при передачі енергії коливального руху колісного рушія за рахунок «переходу» кінетичної в потенційну енергію та навпаки за рахунок пружних елементів виконаних по спеціальній геометрії зі створенням переносної сили, яка діє на раму автомобіля з перемінною геометрією ходової частини і є допоміжним фактором до інноваційної технології його переміщення.

Науковий та практичний напрям роботи полягає в тому, що вперше запропоновано технологія для автомобіля з перемінною геометрією ходової частини, в якій його переміщення по дорозі застосований «перехід» потенційної енергії в кінетичну шляхом коливального руху колеса, зв'язаний з рамою автомобіля з перемінною геометрією ходової частини пружними елементами виконаних по спеціальній геометрії.

Результатом дослідження є розробка елементів теорії автомобіля з перемінною геометрією ходової частини з рухливим колесом що дозволяє створити конструкцію перспективного автомобіля з перемінною геометрією ходової частини з коливальним колесом, а тим самим запропонувати підвищену рухливість для автомобіля з перемінною геометрією ходової частини.

Дослідження дозволять зробити внесок в галузь автомобільного виробництва.

Запропонована модель автомобіля з перемінною геометрією ходової частини з коливальним рухом колеса придатним для використання в складних умовах.

Ключові слова: фізико-математична модель, сила, коливальний рух, потенційна енергія, кінетична енергія.