

## КОЛІСНИЙ БІ-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ НАКОПИЧУВАЧ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

**Петров Л.М., к.т.н., Борисенко Т.М., аспірант**

*Одеський державний аграрний університет*

*Аналіз досліджень вітчизняних та зарубіжних авторів на даний час, дозволяє стверджувати, що в колісних рушіях не використовувалося накопичення енергії. Авторами розроблено метод накопичення такої енергії в пружному елементі. З цією метою було створено лабораторну установку.*

Світова тенденція світових виробників транспортних засобів спрямована на вдосконалення тягово-транспортних засобів з метою підвищення тягових можливостей колісних рушіїв. Нами, вперше, силовий потік між енергетичною установкою та опорною поверхнею здійснено за допомогою колісного рушія, при цьому силовий потік умовно виконаний у вигляді покриття змінної геометрії з обертанням по фазі якого накладають динамічне навантаження можливих нерівностей опорної поверхні.

**Актуальність проблеми.** Підвищення працездатності та забезпечення високого ККД мобільних енергетичних засобів, які працюють у важких умовах, світова тенденція пропонує застосовувати додаткові технологічні знаряддя. Методу застосування такого технологічного знаряддя, його розробки не існує, тому рішення проблеми являється актуальною.

**Методика дослідження.** Запропонований колісний рушії підпадає під дію двох енергій: кінетичної та потенціальної.

Кінетична енергія складається з двох складових:

$T_1$  – кінетична енергія пов'язаної з поворотом пружного важеля 1;

$T_2$  – кінетична енергія пов'язаної з рухом динамічної ваги 2.

$$T_1 = \frac{1}{2} \cdot I_1 \cdot \dot{\phi}_1^2, \quad (1)$$

де  $I_1 = m_1 \cdot i_x^2$  – момент інерції пружного важеля відносно осі обертання;  
 $m_1$  – вага стержня;  $i_x$  – радіус інерції стержня.

Динамічна вага здійснює плоский рух. При цьому миттєвий осередок швидкостей знаходиться у точці контакту з гребінкою

$$T_2 = \frac{m_2 \cdot \dot{S}^2}{2} + \frac{1}{2} \cdot I_2 \cdot \omega_2^2, \quad (2)$$

де  $\omega_2 = \frac{\dot{S}}{R}$  – кутова швидкість динамічної ваги;

$I_2 = \frac{m_2 \cdot R^2}{2}$  – момент інерції динамічної ваги.

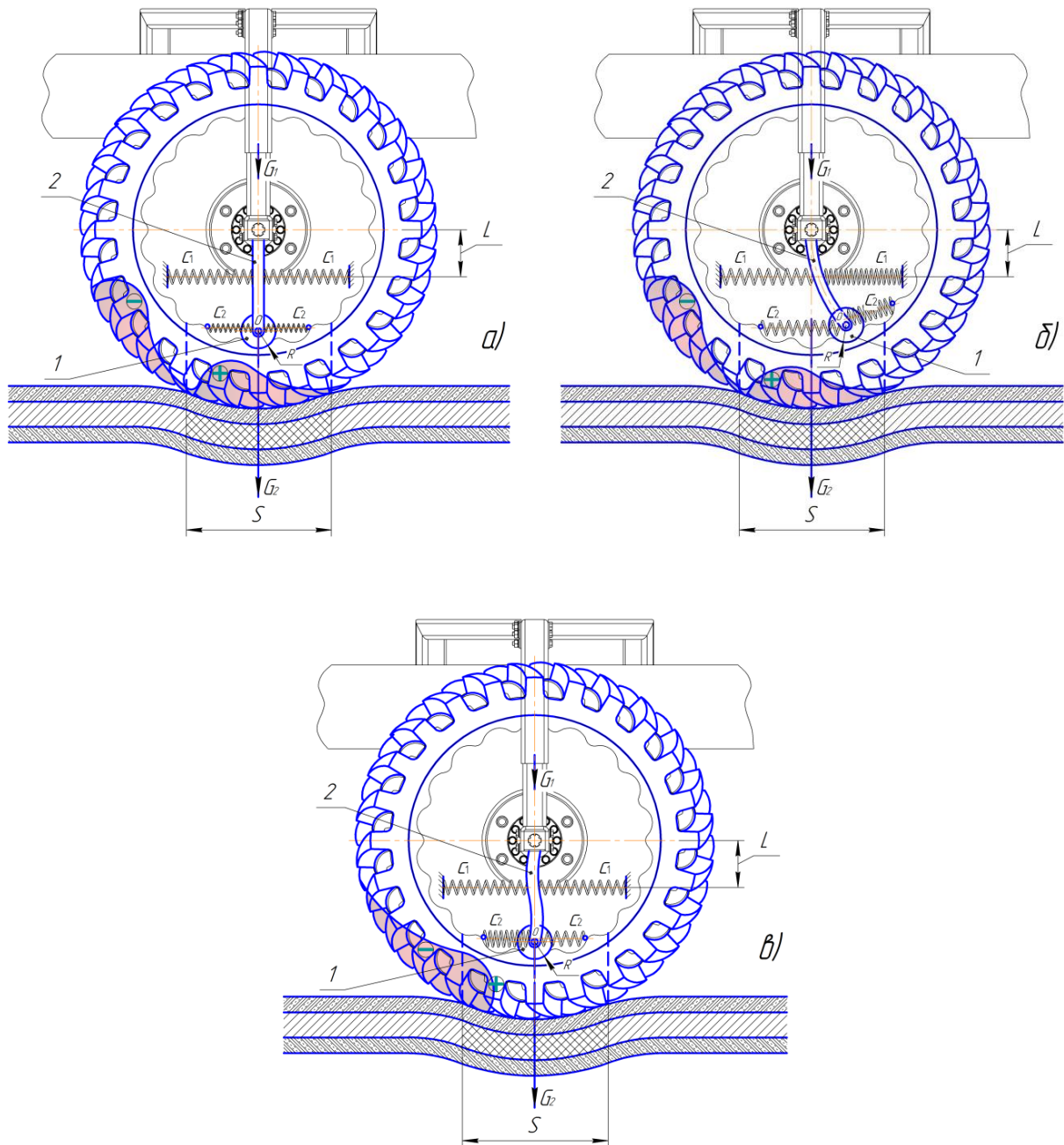


Рис. 1 – Колісний рушій з бі-енергетичним накопиченням, що має дві степені вільності – (а) положення з нульовим потенціалом енергії; (б) процес накопичення потенціальної енергії; (в) процес вивільнення потенціальної енергії: 1 – пружний важіль; 2 – динамічна вага.

За узагальнені координати приймемо:

$\varphi$  – кут повороту пружного важеля 1;

$c_1$  – жорсткість пружного елемента;

$c_2$  – жорсткість взаємодії гребінки з динамічною вагою;

$G_1$  – гравітаційна вага від експлуатаційної ваги;

$G_2$  – гравітаційна вага від динамічної ваги;

$S$  – переміщення центра колеса динамічної ваги 2 по дузі  $S$ .

Потенційна енергія бі-енергетичного колісного рушія обчислюємо як суму:

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2, \quad (3)$$

де  $\Pi_1$  – потенційна енергія сил ваги;  
 $\Pi_2$  – потенційна енергія деформованого важеля.

$$\Pi_1 = G_1 + h_1, \quad (4)$$

де  $h_1 = L - L \cdot \cos \varphi$  – вертикальне переміщення осередків ваги стрижня 1, так як коливання малі, тому розкладаючи  $\cos \varphi$  у ряд:

$$\cos \varphi = 1 - \frac{\varphi^2}{2} + \frac{\varphi^4}{4} - \dots \text{ обмежуємося двома першими членами:}$$

$$\cos \varphi \approx 1 - \frac{\varphi^2}{2}. \quad (5)$$

Тоді отримуємо

$$h_1 = L \left( \frac{\varphi^2}{2} \right) = \frac{L \cdot \varphi^2}{2}. \quad (6)$$

$h_2 = R - R \cdot \cos \left( \frac{S}{R} \right)$  – вертикальне переміщення осередку О, динамічної ваги 2.

$$\cos \left( \frac{S}{R} \right) \approx 1 - \frac{S^2}{R^2 \cdot 2}; \quad (7)$$

$$h_2 = R_p \left( 1 - 1 + \frac{S^2}{R^2 \cdot 2} \right) = n \cdot \frac{S^2}{2R}; \quad (8)$$

$$\Pi_1 = G_1 \cdot \frac{L \cdot \varphi^2}{2} + G_2 \cdot \frac{S^2}{2R}. \quad (9)$$

Знаходимо потенційну енергію пружних елементів. Враховуючи, що в положенні покою пружні елементи не деформовані, отримуємо залежність.

$$\Pi_2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot c_1 \cdot \lambda_1^2 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot c_2 \cdot \lambda_2^2, \quad (10)$$

де  $\lambda_1 = L \cdot \varphi$  – деформація пружини жорсткості  $c_1$ ;  
 $\lambda_2 = 2 \cdot R \cdot \varphi - S$  – деформація пружини жорсткості  $c_2$ .

$$\begin{aligned} \Pi_2 = & \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot c_1 \cdot L^2 \cdot \varphi^2 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot c_2 \cdot (2R \cdot \varphi - S)^2 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot c_2 \cdot S^2 + \\ & + 4 \cdot c_2 \cdot R \cdot \varphi \cdot S + c_2 \cdot S^2. \end{aligned} \quad (11)$$

Для бі-енергетичного колісного рушія рівняння Лагранжа II роду мають вигляд:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = - \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi}; \quad (12)$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{S}} \right) - \frac{\partial T}{\partial S} = - \frac{\partial \Pi}{\partial S}. \quad (13)$$

Обчислюємо похідні

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = 0; \quad \frac{\partial T}{\partial S} = 0;$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = a_{11} \dot{\varphi} + a_{12} \cdot \dot{S}^2; \quad \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) = a_{11} \cdot \ddot{\varphi} + a_{12} \cdot \ddot{S}; \quad \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} = c_{11} \cdot \varphi + c_{12} \cdot S;$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{S}} = a_{22} \cdot \dot{S} + a_{12} \cdot \dot{\varphi}; \quad \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{S}} \right) = a_{22} \cdot \ddot{S} + a_{12} \cdot \ddot{\varphi}; \quad \frac{\partial \Pi}{\partial S} = c_{22} \cdot S + c_{12} \cdot \varphi.$$

Шляхом складних математичних перетворень отримуємо часне рішення рівнянь у вигляді:

$$\varphi = A_{\varphi} \cdot \sin(kt + \beta); \quad (12)$$

$$S = A_S \cdot \sin(kt + \beta). \quad (13)$$

де  $a_{11}, a_{12}, a_{22}$  – конструктивні параметри;  
 $A_{\varphi}, S_{\varphi}$  – амплітуди головних коливань;  
 $k$  – частота вільних коливань;  
 $\beta$  – початкова фаза коливань.

Рівняння, які визначають перше головне коливання:

$$\varphi_1 = A_{\varphi_1} \cdot \sin(kt + \beta_1); \quad (14)$$

$$S_1 = A_{S_1} \cdot \sin(kt + \beta_1). \quad (15)$$

Рівняння, які визначають друге головне коливання:

$$\varphi_2 = A_{\varphi_2} \cdot \sin(kt + \beta_2); \quad (16)$$

$$S_2 = A_{S_2} \cdot \sin(kt + \beta_2). \quad (17)$$

Загальне рішення диференціальних рівнянь представляє собою суму часних рішень:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = A_{\varphi_1} \cdot \sin(kt + \beta_1) + A_{\varphi_2} \cdot \sin(kt + \beta_2); \quad (18)$$

$$S = S_1 + S_2 = A_{S_1} \cdot \sin(kt + \beta_1) + A_{S_2} \cdot \sin(kt + \beta_2). \quad (19)$$

**Результати досліджень.** Згідно цих досліджень нами був розроблений та побудований для проведення експериментальних досліджень лабораторна установка транспортного засобу з колісним рушієм довантажений динамічною вагою рис. 2, 3.

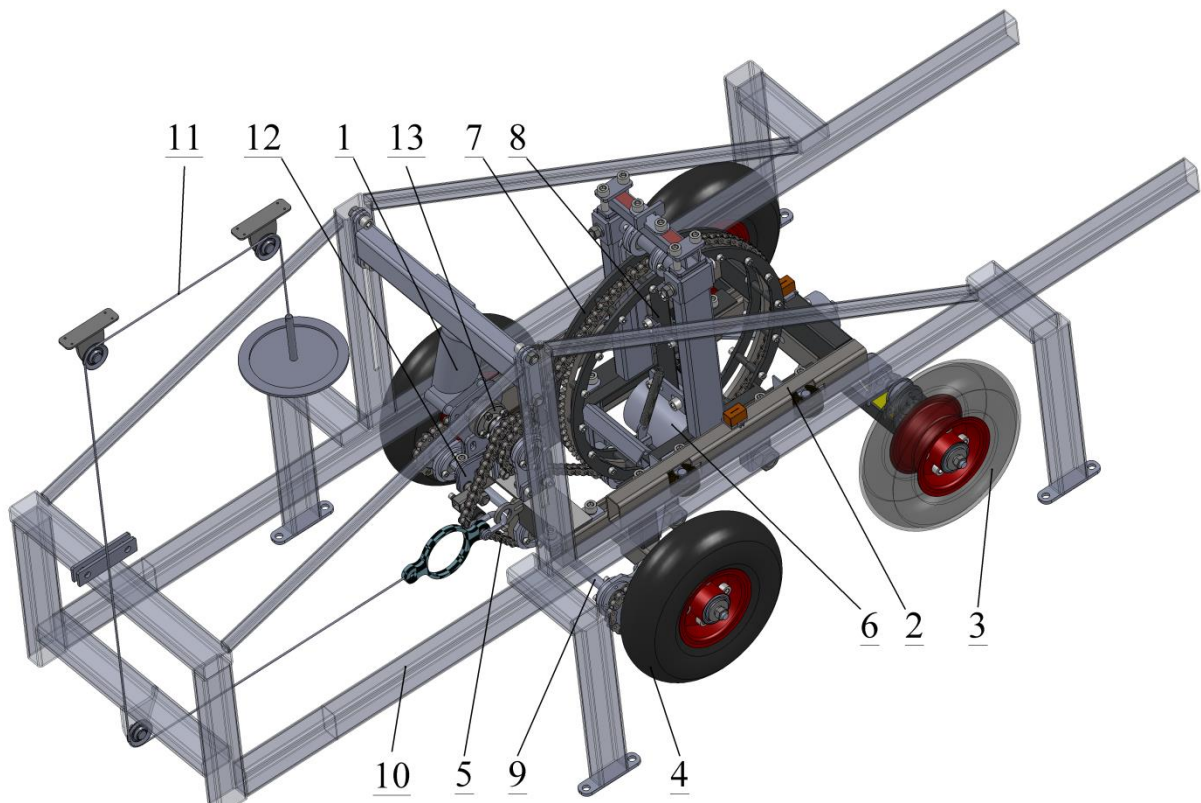


Рис. 2 – Макет лабораторної установки з колісним рушієм довантажений динамічною вагою: 1 – електродвигун; 2 – рама теліжки лабораторної установки; 3 – колесо відоме; 4 – привідне колесо; 5 – ланцюг; 6 – ваги динамічні; 7 – диск шаблон з імітаційними нерівностями; 8 – пружний елемент; 9 – привідна вісь коліс; 10 – направляюча рама лабораторної установки для підтримання прямолінійного руху; 11 – натяжна станція; 12 – натяжна станція привідного ланцюга лабораторної теліжки; 13 – напівмуфта приводу лабораторної теліжки.

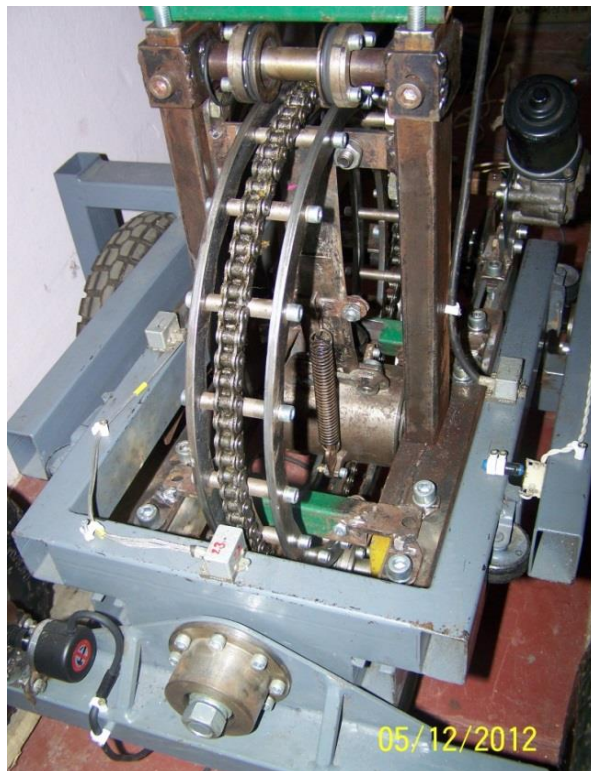


Рис. 3 – Загальний вигляд теліжки лабораторної установки з начіпним обладнанням для випробування ходової системи автомобіля

## **Список використаних джерел**

1. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Часть 2. Динамика. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. школа, 1966. – 411 с.
2. Яблонский А.А., Норейко С.С. Курс теории колебаний. – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2003. – 256 с.

## **Аннотация**

### **КОЛЕСНЫЙ БИ-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ НАКОПИТЕЛЬ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

Петров Л.Н., Борисенко Т.Н.

*Анализ исследований отечественных и зарубежных авторов в настоящее время, позволяет утверждать, что в колесных движителях не использовалось накопления энергии. Авторами разработан метод накопления такой энергии в упругом элементе. С этой целью было создано лабораторную установку.*

## **Abstract**

### **WHEEL BI-ENERGY DRIVE VEHICLE**

L. Petrov, T. Borisenco

*Analysis of studies of national and international authors to present, suggests that the paddle wheels not used energy storage. The authors have developed a method of accumulation of energy in the elastic element. For this purpose he established a laboratory setting.*