



$$d_{f2} = z_2 m - 2,5m = 18 \cdot 0,8 - 2,5 \cdot 0,8 = 12,4 \text{ мм},$$

що дозволяє розташувати на ньому деталі, що будуть оброблятися.

На цьому кінематичний синтез механізму AI завершено.

#### *Висновки*

1. Розроблено умови, що дозволяють отримати планетарний простий механізм AI, в якому сателіти роблять цілу кількість обертів на один оберт водила.
2. Розроблено послідовність кінематичного синтезу таких механізмів для подальшого використання у технологічних процесах отримання вакуумно-дугових покриттів.
3. Заплановано у подальшому проведення силового розрахунку і розрахунку на міцність.
4. Необхідно розробити способи використання поверхні центрального колеса у технологічних цілях.

#### **Перелік посилань**

1. Sysoiev, I. System for measurement the product surface temperature for vacuum-arc coatings [Text] / I. Sysoiev, Y. Shyrokyi, K. Fesenko // Problems of Atomic Science and Technology. - 2025. - №2(156). – P. 171-176.
2. Усік, В. В. Курс теорії механізмів і машин [Текст] : навч. посіб. / В. В. Усік, В. О. Меньшиков. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 320 с.
3. Ткаченко, В. А. Планетарні механізми (оптимальне проєктування) [Текст] / В. А. Ткаченко. - Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2003. – 446 с.

### **КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ КОЛІСНО-КРОКУЮЧОГО РУШІЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ КАМ'ЯНИСТИХ ПЛАНЕТ ТА СУПУТНИКІВ**

***О. Ю. Кладова, А. С. Сорока***

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»*

В сучасних умовах є актуальним створення транспортних засобів, що мають можливість переміщатися по перетятій місцевості, переміщуючи вантажі і, навіть, пасажирів. Розробка таких засобів може базуватися на рішеннях, що було запропоновано для планетоходів [1]. У роботі описана кінематична схема перспективного колісно-крокуючого рушія для ровера, призначеного для пересування по нерівній або сипкій поверхні, який поєднує переваги традиційного колісного руху з можливістю реалізації крокового механізму для подолання складного рельєфу, зменшення пробуксовки та підвищення прохідності (рис. 1).

Запропонована структура може бути використана як основа для дослідження кам'янистих планет та супутників, а в земних умовах – для створення



мобільних роботів нового покоління, зокрема для дослідницьких або рятувальних місій.

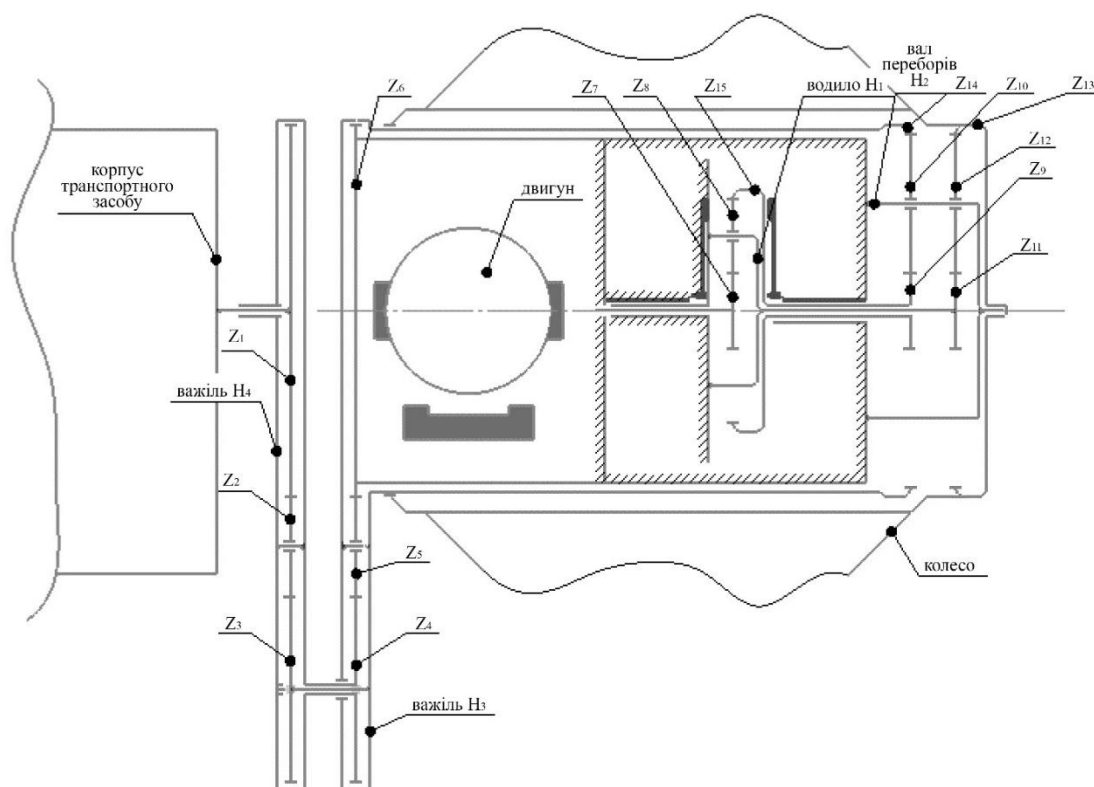


Рис. 1 – Кінематична схема колісно-крокуючого рушія

Виконано дослідження кінематики механізму, який має забезпечувати три режими:

- 1 колісний – коли важелі Н4 і Н3 нерухомі один відносно іншого, вся потужність двигуна передається на колесо;
- 2 крокуючий – коли обертання колеса не відбувається, вся потужність двигуна витрачається на виніс корпусу транспортного засобу вперед;
- 3 колісно-крокуючий – коли потужність двигуна розподіляється між колесом і важелями Н4, Н3, відбувається виніс колеса вперед при нерухомому корпусі.

Для забезпечення розподілу потужності двигуна між двома користувачами (колесо і важільна система) використовується диференціальний механізм  $D.\overline{A\Gamma}$ , що складається з сонячної шестерні  $z_7$ , сателіта  $z_8$ , коронного колеса  $z_{15}$  і водила  $H_1$ .

Гальма дозволяють зупиняти або рух водила  $H_1$  (ліве гальмо), або рух коронного колеса  $z_{15}$  (праве гальмо).

*Колісний режим.* При зупиненому правим гальмом колесі  $z_{15}$  диференціальний механізм  $D.\overline{A\Gamma}$  перетворюється на планетарний простий. Рух від сонячної шестерні  $z_7$  передається на водило  $H_1$ , далі на колесо  $z_{11}$ , що жорстко пов'язано з водилом  $H_1$ , і через перебори  $z_{12}$  на колесо  $z_{13}$ , що жорстко з'єднано з колесом.



Реалізується колісний режим. Структурна формула механізму в такому випадку  $\overline{AI} - (\overline{AI})$ .

Передатне відношення механізму в колісному режимі:

$$u_{7,13} = u_{7H_1}^{(15)} u_{11,13} = \left(1 + \frac{z_{15}}{z_7}\right) \left(-\frac{z_{13}}{z_{11}}\right). \quad (1)$$

Відповідно до [2]  $u_{7H_1}^{(15)}$  змінюється в інтервалі [2,4; 14], відповідно  $u_{11,13}$  в інтервалі [-13; -1,4]. Модулі, кількість сателітів  $k$  і переборів  $k_n$  визначаються з умов міцності [3]. Розміри механізму обмежено розмірами корпусу двигуна.

Оскільки передатне відношення від'ємне, обертання колеса відбувається у напрямку, протилежному до напрямку обертання валу двигуна.

*Крокуючий режим (виніс корпусу вперед).* При зупиненому лівим гальмом водилі  $H_1$  на колесо рух не передається, а диференціальний механізм  $D.\overline{AI}$  перетворюється на рядовий з переборами. Рух від сонячної шестерні  $z_7$  передається на колесо  $z_{15}$ , далі на колесо  $z_9$ , що жорстко пов'язано з колесом  $z_{15}$ , і через перебори  $z_{10}$  на колесо  $z_{14}$ , що жорстко з'єднано з корпусом двигуна-важелем  $H_3$ . Через важіль  $H_3$  і редуктор  $z_6 - z_5 - z_4$  рух передається на важіль  $H_4$  і корпус транспортного засобу. Реалізується крокуючий режим. Структурна формула механізму в такому випадку  $\overline{AI} - (\overline{AI})$ .

Передатне відношення від двигуна на важіль  $H_3$

$$u_{7,14} = u_{7,15}^{(H_1)} u_{9,14} \cdot 1 = \left(-\frac{z_{15}}{z_7}\right) \left(-\frac{z_{14}}{z_9}\right). \quad (2)$$

Оскільки  $u_{7,14} > 0$  важіль  $H_3$  обертається відносно осі двигуна в той самий бік, куди і вихідний вал двигуна.

Для забезпечення поступального прямолінійного руху корпусу відносно осі колеса необхідно, щоб кінематичний зв'язок між важелями  $H_3$  і  $H_4$  (рис. 1) забезпечував наступну умову:

$$u_{6,4}^{(H_3)} = -\frac{1}{u_{3,1}^{(H_4)}}, \text{ або } u_{6,4}^{(H_3)} u_{3,1}^{(H_4)} = -1 \quad (3)$$

і довжини важелів мають бути однаковими  $l_{H_3} = l_{H_4}$ .

Швидкість поступального виносу корпусу транспортного засобу залежить від передатне відношення  $u_{7,14}$  і довжини важелів  $H_3, H_4$ :

$$v_{\text{vehicle}} = 2l_{O_6O_4} \frac{\omega_7}{u_{7,14}} \cos \varphi \quad (4)$$



де  $l_{O_6O_4}$  – відстань між осями обертання коліс  $z_4 - z_6$ ,  $l_{O_6O_4} = l_{O_1O_3}$ ,  
 $\varphi$  – кут між вертикаллю і важелем  $H_4$ .

Довжина важеля взаємопов'язана з радіусом колеса:

$$l_{O_6O_4} + r_4 < R. \quad (5)$$

*Колісно-крокуючий режим (виніс колеса вперед).* При колісно крокуючому режимі обидва гальма виключено. В такому режимі встановлюється зв'язок між рухом коронного колеса  $z_{15}$  і водилом  $H_1$ , а також між з'єднаними з цими ланками важелем  $H_3$  і колесом, які обидва стають рухомими. Колесо переміщується під дією моменту, що передається на нього через кінематичний ланцюг  $z_7 - H_1 - z_{11} - z_{12} - z_{13}$ , а також під дією сили штовхання на кінці важеля  $H_3$  (кінематичний ланцюг  $z_7 - z_{15} - z_9 - z_{10} - z_{14} - H_3$ ).

Для диференціальної ступені  $z_7 - z_8 - z_{15}$  зв'язок між кутовими швидкостями сонячної шестерні  $z_7$ , коронного колеса  $z_{15}$  і водила  $H_1$  визначається відповідно до [4], а саме

$$\omega_7 = i_{7,15}^{(H)} \omega_{15} + i_{7,H_1}^{(15)} \omega_{H_1}.$$

Отримані залежності мають бути використані для геометричного синтезу механізму, подальшого силового аналізу механізму і розрахунку на міцність.

### Перелік посилань

1. Планетоходи [Текст] / А. Л. Кемурджіан, В. В. Громов, І. Ф. Кажукало та ін. ; Під ред. А. Л. Кемурджіана. – 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Машинобудування, 1993. – 400 с.
2. Ткаченко, В. А. Планетарні механізми (оптимальне проєктування) [Текст] / В. А. Ткаченко. - Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2003. – 446 с.
3. Курмаз, Л. В. Основи конструювання деталей машин [Текст] : навч. посібник / Л. В. Курмаз. - Харків: Видавництво «Підручник НТУ «ХПІ», 2010. – 532 с.
4. Усік, В. В. Курс теорії механізмів і машин [Текст] : навч. посіб. / В. В. Усік, В. О. Меньшиков. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 320 с.

### МОДЕЛЬ ПЕРЕДАЧІ СТАТИЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ У ТЕНЗОМЕТРИЧНОМУ ПРИСТРОЇ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

**С. С. Кригін, Ю. О. Гусєв, Ю. І. Торба**

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»*

Розвиток газотурбінних двигунів (ГТД) різного призначення нерозривно пов'язане з підвищенням їх основних характеристик. При цьому зростають параметри робочого тіла, зокрема температура газового потоку і інтенсивність