

## РІВНЯННЯ КІНЕМАТИКИ РУХУ РОБОЧОГО ІНСТРУМЕНТУ ПЛАНЕТАРНО-ТОРОВОГО ВИКОНАВЧОГО ОРГАНУ ГІРНИЧОГО КОМБАЙНА

*ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»*

Розглянуто характер та закономірності просторового руху різця, встановленого на робочому диску планетарно-торового виконавчого органу, в процесі його роботи. Отримано точні параметричні рівняння траєкторій, віднесених до правої ортогональної системи декартових координат.

**Постановка проблеми.** Основним визначальним чинником умов взаємодії ріжучого інструменту з гірничим масивом є характер його руху, тобто форми траєкторій, за якими точки інструменту здійснюють свій рух. Для визначення можливих форм траєкторій, дослідження кінематики руху, параметрів різання, характеру взаємодії з забоем, а також елементів геометрії робочого інструменту планетарно-торового виконавчого органу необхідно, перш за все, знати точні параметричні рівняння його руху.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Загальні параметричні рівняння кінематики руху ріжучого інструменту планетарних виконавчих органів були отримані в роботі [1] та уточнені для існуючих конструкцій планетарних виконавчих органів у роботі [2], де у вже існуючі рівняння були внесені корективи, що пов'язані з деякими конструктивними особливостями виконавчих органів. Однак, рівняння кінематики руху інструменту, отримані у вищезгаданих роботах, були визначені за умов віднесення до лівої декартової системи координат, що у подальших дослідженнях неминуче викликає плутанину у визначенні знаків. Тому проблема складання параметричних рівнянь траєкторій, віднесених до правої ортогональної системи декартових координат є актуальною.

**Формулювання мети та завдань.** Метою даної роботи є складання параметричних рівнянь траєкторії руху точок, що належать ріжучому інструменту, за умов віднесення цих траєкторій до правої прямокутної декартової системи координат.

**Основна частина.** Складемо відповідні параметричні рівняння руху одиничного різцевого інструменту для випадку планетарного виконавчого органу з двома мимобіжними осями обертання.

При складанні рівнянь траєкторії руху інструменту будемо вважати робочі диски колами радіуса  $r$ , а робочі інструменти – точками, розташованими на цих колах. Напрямок обертання робочого диска приймаємо за напрямком руху годинникової стрілки [1].

Розглянемо перший випадок, коли робочий диск закріплений безпо-

середньо на водилі виконавчого органу, тобто коло робочого диску, у його початковому положенні, розташоване у площині  $XOZ$ . Схема руху інструменту, показана на рис. 1-2.

Відповідно до рис. 1 осі координат системи  $OXYZ$  мають напрямки:

а) вісь  $OZ$  збігається з напрямком руху комбайну та напрямком подачі виконавчого органу на забій;

б) вісь  $OX$  збігається з напрямком водила радіусу  $R$ , що знаходиться у деякому положенні, яке прийняте за нульове, а вісь  $OY$ , відповідно перпендикулярна до радіуса водила.

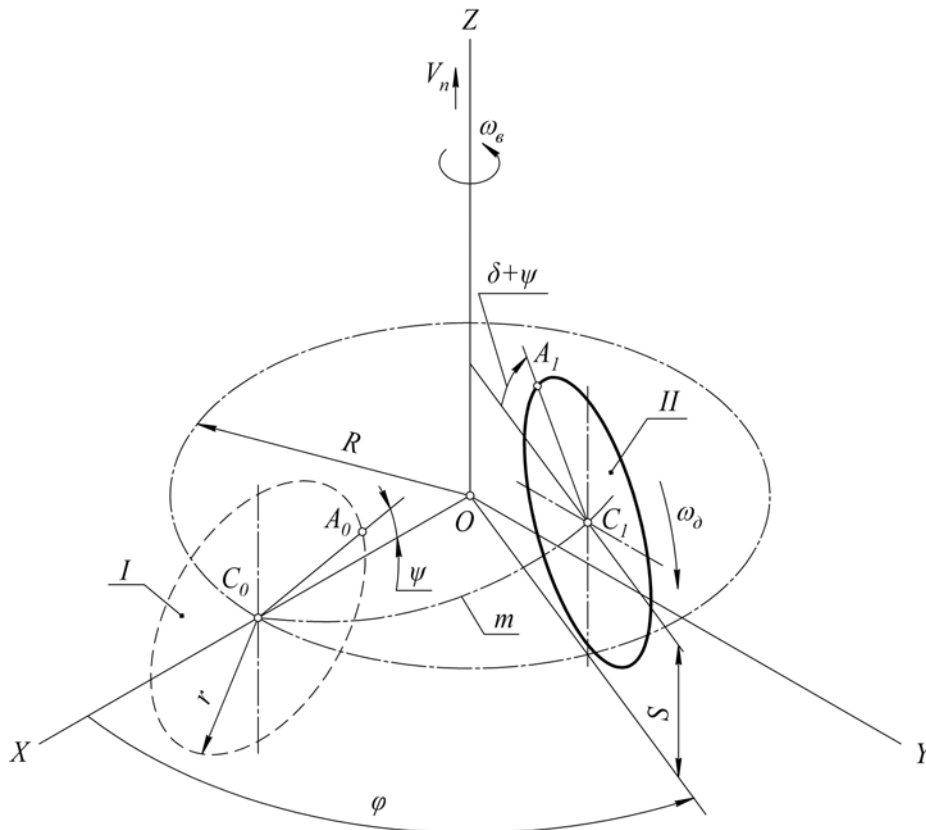


Рис. 1. Схема параметрів руху планетарного виконавчого органу з двома мимобіжними осями обертання

Площина робочого диску належить пучку з віссю  $OZ$ . Робочий диск разом з водило беруть участь у поступальному русі з параметром  $S$  уздовж осі  $OZ$  і в обертальному русі з параметром  $\varphi$ . Крім того, робочий диск здійснює обертальний рух з параметром  $\delta$  навколо осі, що мимобіжна з віссю  $OZ$  і утворює з нею прямиий кут. Усі рухи рівномірні.

На рис. 1 зображено початкове положення I; точкою  $A_0$  позначено один з робочих інструментів (різець), а точкою  $C_0$  – центр робочого диску. Початкове положення інструменту (точки  $A_0$ ) на робочому диску визначається установлюваним кутом  $\psi$ , утвореним віссю  $OX$  й прямою  $C_0A_0$ , що з'єднує інструмент з центром його обертання у відносному русі. Напрямок відліку кута  $\psi$  прийнятий у напрямку обертання робочого диска.

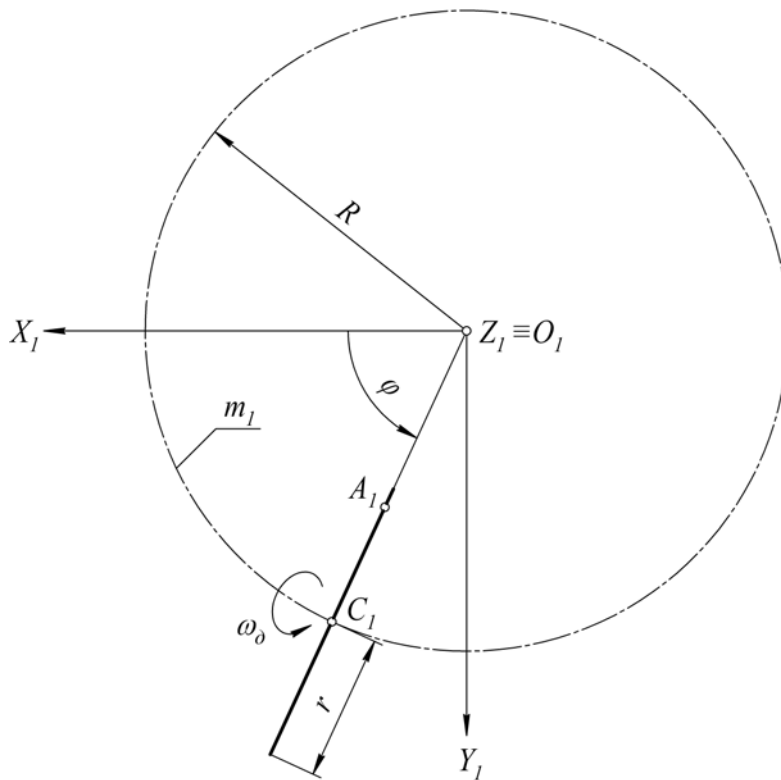


Рис. 2. Схема параметрів руху планетарного виконавчого органу з двома мимобіжними осями обертання у горизонтальній проекції

Відстань  $OC_0$  від осі  $OZ$  переносного обертального руху виконавчого органу до центра  $C_0$  відносного обертання інструменту, закріпленого на робочому диску, у першому наближенні, будемо вважати такою, що дорівнює радіусу водила  $R$ . При повороті водила, закріпленого на головному валу, який збігається з віссю  $OZ$ , на кут  $\varphi$ , робочий диск з положення I переміститься у положення II, а його центр  $C_0$ , повернувшись навколо осі  $OZ$  переміщується уздовж циліндричної гвинтової лінії  $m$  в положення  $C_1$ . Виходячи з того, що кутова швидкість робочого диску зв'язана з кутовою швидкістю водила залежністю  $\omega_\delta = i\omega_\phi$ , де  $i$  – передаточне число планетарного механізму, то робочий диск при цьому повернеться на кут  $\varphi i$ , тобто

$$\delta = \varphi \cdot i, \quad (1)$$

Інструмент з точки  $A_0$  переміститься у точку  $A_1$ . При цьому параметр  $S$  буде виражатися наступною залежністю

$$S = \frac{h}{2\pi} \varphi, \quad (2)$$

де  $h$  – крок гвинтового руху (величина подачі за один оберт водила). Отже, параметричні рівняння руху точки  $A$ , матимуть вигляд

$$x = [R - r \cos(\delta + \psi)] \sin \varphi; y = [R - r \cos(\delta + \psi)] \sin \varphi; z = \frac{h}{2\pi} \varphi + \sin(\delta + \psi), \quad (3)$$

де  $0 \leq \varphi < 2\pi, 0 \leq \delta < 2\pi$ .

Зважаючи на те, що при виведенні рівнянь (3) використовувалася, конструктивно спрощена схема виконавчого органу, для моделювання процесу роботи різцевого інструменту планетарних виконавчих органів з мобіжними осями обертання, слід враховувати їх конструктивні особливості при призначенні деяких конструктивних параметрів. Ці особливості обумовлені наявністю редуктора, що передає обертальний момент від роздавального валу до робочого диску.

Розглянемо другий випадок, який, у порівнянні з першим, відрізняється тим, що центр робочого диску зміщено відносно площини пучка на відстань  $d$ , що обумовлена, як зазначалося наявністю редуктора, при паралельності площини диска площині пучка [2].

В проекції на площину  $XOY$  схема має вигляд (рис. 3).

На рис. 3 наведена схема, що відповідає схемі планетарно-торового виконавчого органу, в якій враховані усі параметри, які визначають траєкторію руху одиничного інструменту, закріпленого на його робочому диску.

Користуючись проекціями ламаної  $OMCA$  і враховуючи, що точка  $A$ , крім гвинтового переміщення додатково здійснює обертання навколо осі  $MC$ , запишемо:

$$x_A = O_1M_1 \cos \varphi - M_1C_1 \sin \varphi - C_1A_1 \cos \varphi; y_A = O_1M_1 \sin \varphi + M_1C_1 \cos \varphi - C_1A_1 \sin \varphi, \quad (4)$$

Підставивши до (4)  $OM = R, MC = d, CA = r \cos(\delta + \psi)$  і взявши до уваги, що апліката  $Z_A$  складається з компоненти осьового переміщення у гвинтовому русі і з компоненти обертання навколо осі  $MC$ , отримаємо параметричні рівняння траєкторії руху точки  $A$ :

$$x = [R - r \cos(\delta + \psi)] \cos \varphi - d \sin \varphi; y = [R - r \cos(\delta + \psi)] \sin \varphi + d \cos \varphi; \\ z = \frac{h\varphi}{2\pi} \pm r \sin(\delta + \psi), \quad (5)$$

Якщо напрямок обертання робочих дисків змінити на зворотній при незмінному напрямку обертання водила, то в останньому випадку, відповідно, зміниться знак кута  $\delta + \psi$ , що у свою чергу, викличе зміну знаку перед окремими членами рівнянь. Враховуючи це у формулі (5) та в подальшому у всіх інших формулах перед деякими членами рівнянь поставлено по два знаки. Верхній знак (мінус або плюс) відповідає напрямку обертання робочого диску в напрямку руху годинникової стрілки (підсумовуюча схема). Нижній знак відповідає зворотному напрямку обертання диску.

Виконаємо подвійну перевірку параметричних рівнянь (5). По-перше, при  $d = 0$ , схема 2 переходить у схему 1 і рівняння (5) переходять у



такими, що враховують усі кінематичні та конструктивні параметри виконавчого органу, що впливають на характер просторового руху інструменту. Отримані за допомогою узагальнених циліндричних координат, рівняння відповідають правій декартовій системі координат та мають декілька спрощений вигляд, ніж рівняння, отримані у попередніх роботах за допомогою перетворення координат. Параметричні рівняння траєкторій дозволяють залучити до дослідження комп'ютерні зображення як самих траєкторій, так і поверхонь-носіїв траєкторій.

**Перспективи подальших досліджень.** Аналіз диференціально-геометричних характеристик траєкторій руху різцевого інструменту, встановленого на робочих дисках планетарно-торового виконавчого органу та їх зіставлення з фізичними умовами процесу руйнування гірничого масиву, що планується зробити у наступних роботах, дадуть можливість створити науково обґрунтовану методику призначення параметрів таких виконавчих органів, які забезпечують найбільш раціональні умови взаємодії різцевого інструменту з гірничим масивом, що у свою чергу, призведе до підвищення техніко-економічних показників гірничих машин в цілому.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Рогожин А. Г., Кізілов В. В., Довгаль Д. О. Визначення загальних рівнянь кінематики руху різцевого інструменту планетарних виконавчих органів породоруйнувальних машин // Вісник Хмельницького національного університету (Вісник Технологічного університету Поділля). Технічні науки. Том 1. - 2005. - №6. - с. 142-147.
2. Довгаль Д. О. Визначення основних характеристик руху різцевого інструменту при роботі торових планетарних виконавчих органів породоруйнувальних машин // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – Вип. 31. – С. 103-111.
3. Скидан И. А. Обобщенные цилиндрические коэффициенты и их приложения в прикладной геометрии / И. А. Скидан // Прикладная геометрия и инженерная графика. – К.: Будівельник. – 1971, вып. 15. – С. 15-20.

### THE EQUATIONS OF KINEMATICS MOTION FOR WORKING INSTRUMENT OF TORAHS-PLANETARY EXECUTIVE UNITS OF MOUNTAIN MACHINES

**I. A. Skidan, D. A. Dovgal**

The character and pattern of spatial motion working instrument is installed on the desktop drive torahs-planetary executive units, in its work. Obtain precise parametric equations of the trajectories assigned to the right orthogonal system of cartesian coordinates.