

УДК 622.23.054.522 + 515.2

КІНЕМАТИЧНІ КУТИ РІЗАННЯ РІЗЦЕВОГО ІНСТРУМЕНТУ ПЛАНЕТАРНО-ТОРОВИХ ВИКОНАВЧИХ ОРГАНІВ ГІРНИЧИХ МАШИН

Довгаль Д. О., к. т. н.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Тел. (062)338-48-85

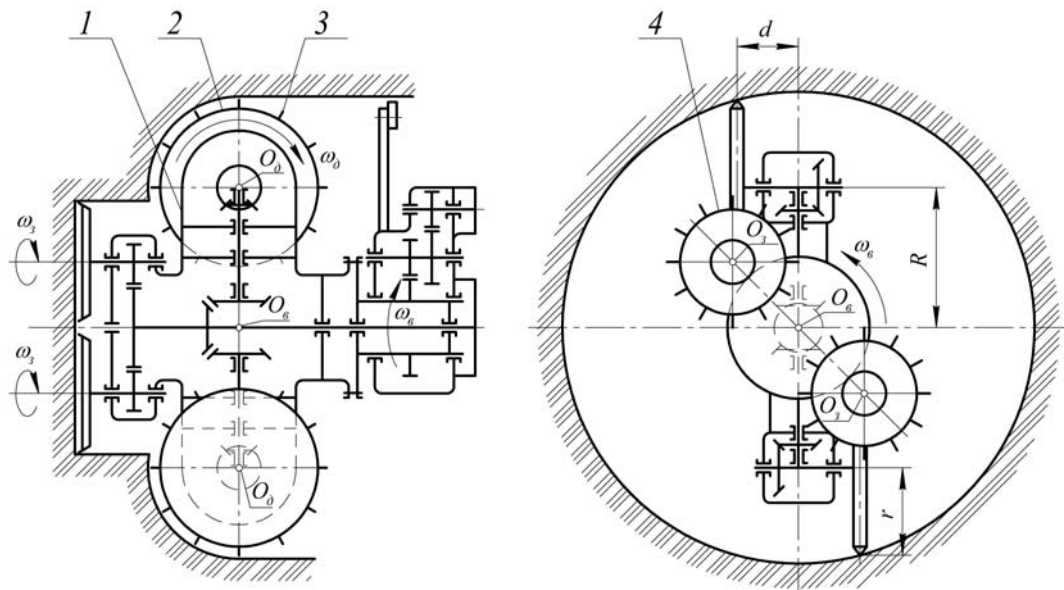
Анотація – Розглянуто робочу геометрію різцевого інструмента планетарно-торового виконавчого органу гірничого комбайна. Визначені миттєві значення та досліджена функція кінематичних змін кутів різців у залежності від конструктивних та кінематичних параметрів планетарно-торового виконавчого органа.

Ключові слова – планетарний виконавчий орган, різцевий інструмент, траєкторія руху інструмента, геометрія різання, кінематичні кути.

Постановка проблеми. Планетарно-торові виконавчі органи є високопродуктивними та мають цілу низку переваг перед іншими конструкціями органів руйнування гірничих машин (рис. 1). При певному співвідношенні конструктивних та кінематичних параметрів, з урахуванням можливостей сучасного різцевого інструмента, така конструкція виконавчого органу дозволяє реалізовувати найбільш раціональні схеми різання і режими роботи.

Траєкторія руху та геометрія різання робочого інструмента планетарно-торового виконавчого органу належить до найбільш складних. Це у свою чергу призводить до складних кінематичних розрахунків від правильності та точності яких залежить ефективність роботи виконавчого органу.

Різцевому інструменту планетарно-торового виконавчого органу у процесі роботи передаються два обертальних рухи та один поступальний, в результаті він здійснює рух у напрямках швидкостей: різання v_p , осьової подачі v_n та бічної подачі v_b . В результаті робоча геометрія різця є змінною величиною та має низку інших особливостей у порівнянні з геометрією роботи різців інших конструкцій виконавчих органів. Оскільки робоча геометрія різця прямо впливає на енергетичні показники та ефективність роботи виконавчого органу, а також умови роботи, отже і стійкість інструмента, задача її дослідження та оптимізації є актуальною.



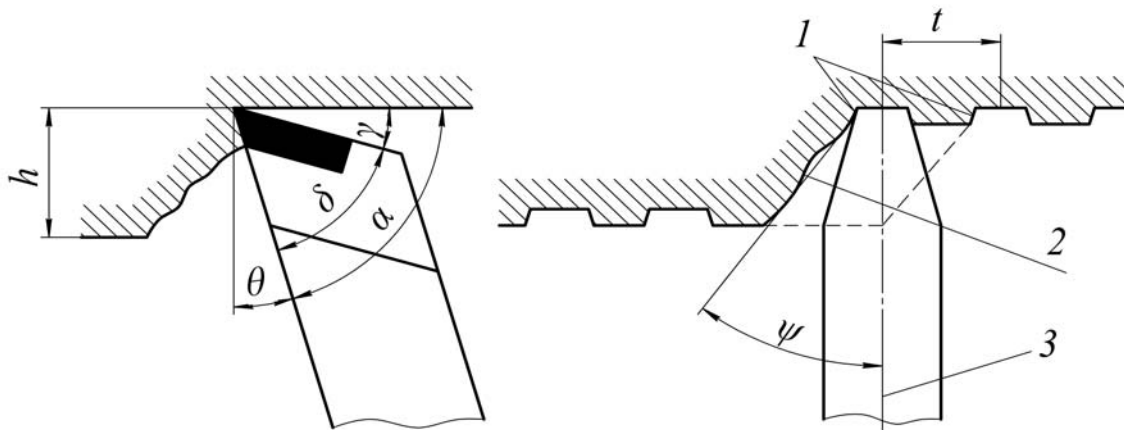
1 – водило; 2 – робочі диски; 3 – різці; 4 – диски забурювальника
 Рис. 1. Кінематична схема планетарно-торового виконавчого органа

Аналіз останніх досліджень. Питанням визначення, дослідження та оптимізації геометричних характеристик роботи інструмента планетарних виконавчих органів гірничих машин присвячено багато робіт. Автори найперших робіт з теорії планетарних виконавчих органів [1-4] розглядали спрощений узагальнений випадок планетарного виконавчого органу, а отримані результати не дають достатньо точного уявлення про дійсний характер залежностей між параметрами, що забезпечують раціональну роботу існуючих конструкцій планетарних виконавчих органів. У більш пізніх роботах [5-6], дослідження здебільшого стосувалися геометричних аспектів процесу роботи плоских, кільцевих та сферичних планетарних виконавчих органів. У роботах [7-9] процес взаємодії різцевого інструмента планетарно-торового виконавчого органу розглядався також спрощено, без урахування точної траєкторії його руху та особливостей просторового розташування різальної крайки (ліза) різця відносно поверхні забою. Усі зазначені недоліки існуючих досліджень не дають змогу використовувати їх результати для повного аналізу кінематики та точних розрахунків геометрії різання планетарно-торових виконавчих органів гірничих машин.

Постановка завдання. Метою даної роботи є визначення залежностей величин кінематичних кутів різання різцевого інструменту від конструктивних та кінематичних параметрів планетарно-торового виконавчого органу.

Основна частина. Установочні кути або кути у неробочому стані (кути першого роду), які характеризують форму робочої частини різцевого інструмента, визначають із умови, що $v_p > 0$, а $v_n = v_\delta = 0$.

Робочі або кінематичні кути (кути другого роду), які визначають фактичне положення різальних крайок та граней різця відносно поверхні забою під час роботи виконавчого органа, розглядаються з урахуванням форми траєкторії руху різальних крайок. Складний характер руху інструментів обумовлює необхідність розглядання їхньої геометрії не в одній, а у декількох площинах. Як показав аналіз, стосовно різців прохідницьких машин найбільш зручно розглядати їх геометрію відносно основної площини різця та площини різання у двох січних площинах: головної та допоміжної (рис. 2).



1 – поверхня різання; 2 – допоміжна січна площина; 3 – головна січна площина

Рис. 2. Елементи геометрії різця у процесі різання

До числа головних кутів геометрії різця відносять один кут першого роду – кут загострення різця (δ), і три кути другого роду: задній кут (γ), кут різання (α) та передній кут (θ) (рис. 2).

Сума переднього і заднього кутів та кута загострення складають прямий кут: $\theta + \gamma + \delta = 90^\circ$, а кут різання дорівнює сумі заднього кута γ та кута загострення δ : $\alpha = \gamma + \delta$.

Розглянемо визначення розглянутих кінематичних кутів різання для випадку планетарно-торового виконавчого органу.

Нехай передня грань різця, закріпленого на робочому диску, паралельна нормалі до кола диску (рис. 3), тоді кінематичні кути можна визначити так:

$$\begin{aligned}
 \theta &= \beta; \\
 \gamma &= 90^\circ - \beta - \delta; \\
 \alpha &= 90^\circ - \beta,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де β – кут між нормаллями відповідно до траєкторії n_1 та до кола робочого диска n_2 в точці A .

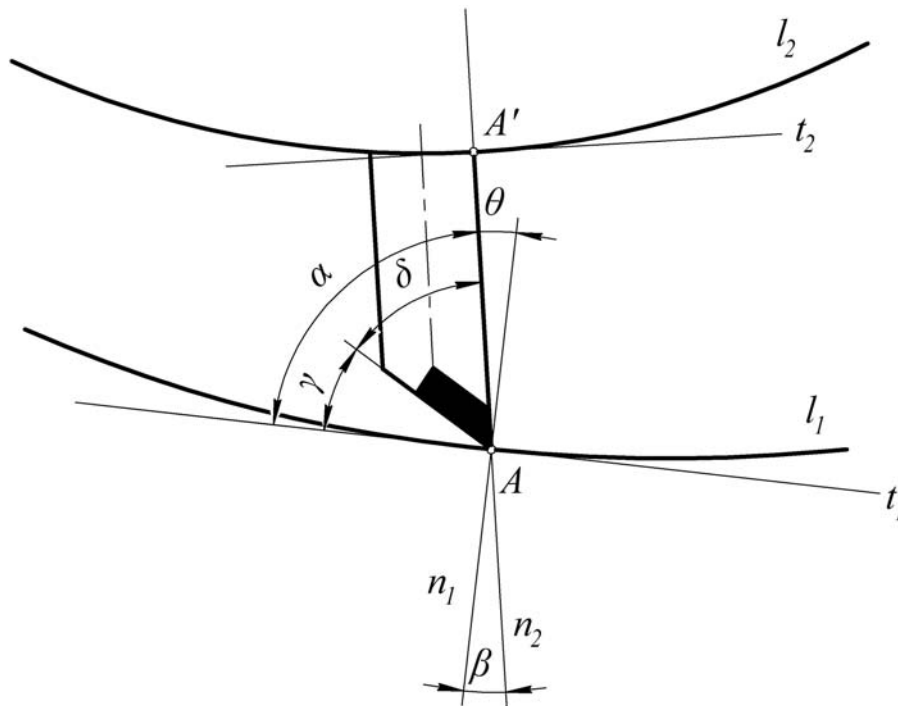


Рис. 3. Схема визначення кінематичних кутів

Отже, задача визначення кінематичних кутів різання різця зводиться до визначення кута β між векторами нормалей до траєкторії та кола робочого диску у поточній точці A .

Кут β між векторами \bar{n}_m і \bar{n}_o відповідно нормалей до траєкторії та робочого диску можна визначити за відомою формулою:

$$\cos \beta = \frac{\bar{n}_m \cdot \bar{n}_o}{|\bar{n}_m| \cdot |\bar{n}_o|},
 \tag{2}$$

У формулі (2) вектори нормалей дорівнюють:

$$\begin{aligned}\bar{n}_m &= \left(\bar{r}_m' \times \bar{r}_m'' \right) \times \bar{r}_m'; \\ \bar{n}_o &= \left(\bar{r}_o' \times \bar{r}_o'' \right) \times \bar{r}_o',\end{aligned}\quad (3)$$

де $\bar{r}_m = \{x_m; y_m; z_m\}$, $\bar{r}_o = \{x_o; y_o; z_o\}$ - відповідно радіус-вектори поточної точки A траєкторії руху різця та кола робочого диску, координати яких дорівнюють [10-11]

$$\begin{aligned}x_m &= [R - r \cos(\varphi i)] \cos \varphi - d \sin \varphi; \quad y_m = [R - r \cos(\varphi i)] \sin \varphi + d \cos \varphi; \\ z_m &= \frac{h \varphi}{2\pi} - r \sin(\varphi i),\end{aligned}\quad (4)$$

$$x_o = R + \frac{r \cos(\varphi i)}{\sqrt{\frac{d^2}{R^2} + 1}}; \quad y_o = \frac{dr \cos(\varphi i)}{R \sqrt{\frac{d^2}{R^2} + 1}}; \quad z_o = r \sin(\varphi i),$$

де R – радіус водила; r – радіус робочого диска; φ – кут повороту водила від початкового положення ($0 \leq \varphi < \pi$); i – передаточне число планетарного механізму; d – величина зміщення центра робочого диска від площини пучка обертання водила; h – величина подачі виконавчого органу на забій за один робочий цикл.

Отже, підставивши координати радіус-векторів \bar{r}_m і \bar{r}_o (4) у (3), а потім вектори нормалей \bar{n}_m і \bar{n}_o у формулу (2) отримаємо миттєве значення кута β (рис. 4). Відповідно, маючи значення кута β , за рівняннями (1) можна визначити миттєві значення кінематичних кутів різання θ , γ , α .

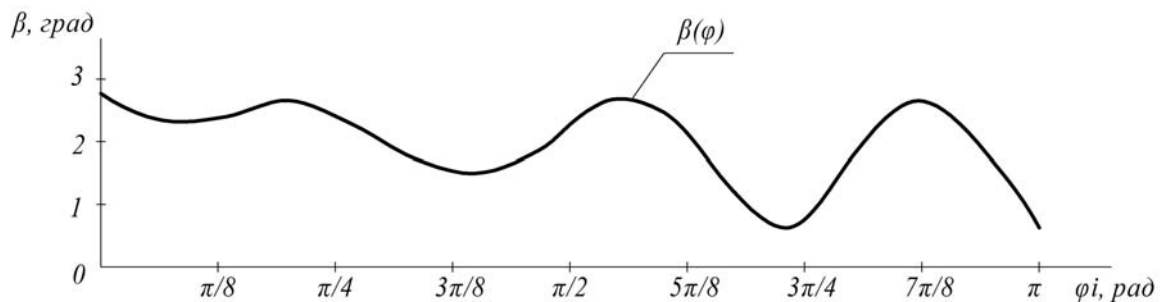


Рис. 4. Графік залежності функції кута $\beta(\varphi)$

Графоаналітичне дослідження характеру зміни функції $\beta(\varphi)$ показало, що величина кута β у кожному положенні різця у процесі його руху неоднакова і в залежності від значень конструктивних та кінематичних параметрів виконавчого органа змінюється практично від 0 до 3°. Функція $\beta(\varphi)$ змінюється за синусоїдальним законом, локальні максимуми якої зростають зі збільшенням кута повороту робочого диска від 0 до його максимального значення $\varphi_{\max} = 180^\circ$, а період збурень зі збільшенням значення передаточного числа i зменшується. Залежності максимального значення функції кута β від значень параметрів виконавчого органа i , k та d не спостерігається.

Висновки. У результаті аналізу кінематики руху різцевого інструмента планетарно-торового виконавчого органу відносно поверхні забою розроблено методика визначення кінематичних кутів різців у процесі різання. При цьому встановлено, що:

- кінематичні зміни головних кутів геометрії різця залежать від миттєвого значення кута β відхилення осі різця від нормалі до траєкторії його руху, який у загальному випадку дорівнює передньому куту θ ;

- функція кута $\beta(\varphi)$ змінюється за синусоїдальним законом із квазі-сталими максимумами та мінімумами, що убувають зі збільшенням значень передаточного числа i планетарного механізму;

- максимальні значення кута β практично не залежать від значень конструктивних та кінематичних параметрів планетарно-торового виконавчого органу та при будь-яких практично прийнятних їх значеннях не перевищують 3°.

Встановлена залежність кута β від параметрів планетарно-торового виконавчого органа дає змогу, у подальшому, обґрунтовувати геометричні параметри різців, що застосовуються на даній конструкції виконавчого органу та встановити закономірності енергоємності процесу руйнування з метою її зниження й підвищення надійності гірничих комбайнів.

Література

1. Архангельский А. С. Некоторые вопросы теории планетарных исполнительных органов проходческих комбайнов / А. С. Архангельский // Расчеты, конструирование и испытание горных машин. – 1955. - №2. – С. 143-210.
2. Еремеев Г. Г. Необходимое условие рациональной работы планетарных исполнительных органов горных машин / Г. Г. Еремеев // Сб. «Горные машины». – 1959. - №5. – С. 39-42.
3. Унгефуг В. Г. Кинематические углы резания резцового инструмента планетарных рабочих дисков исполнительных органов горных машин /

- В. Г. Унгефуг // Изв. ВУЗов. Горн. журнал. – 1965. - №7. – С. 116-123.
4. Барон Л. И. Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Научно-методические основы. Разрушение резцовым инструментом / Барон Л. И., Глатман Л. Б., Губенков Е. К. – М.: Наука, 1968. – 216 с.
 5. Кизилев В. В. Исследование и выбор рациональных конструктивных и режимных параметров планетарных исполнительных органов проходческих комбайнов: дис... канд. техн. наук: 05.05.06 / Кизилев Василий Васильевич. - М., 1982. - 176 с.
 6. Рогожин А. Г. Геометрическое моделирование процесса работы резцового инструмента планетарных исполнительных органов породоразрушающих машин: дис... канд. техн. наук: 05.01.01: Рогожин Анатолий Григорьевич. – К., 1988. – 162 с.
 7. Семенов В. В. Обоснование рациональных параметров режущих органов комбайнов типа "Урал" / Семенов В. В., Шмакин И. Г. // Горное оборудование и электромеханика / Нов. технол. - М., 2008. – Вип. 4. – С. 49-52.
 8. Семенченко А. К. Закономерности формирования параметров стружки и кинематических изменений углов резца планетарного исполнительного органа / Семенченко А. К., Семенченко Д. А., Чаплик Н. М. // Наукові праці ДонНТУ. – Донецьк, 2008. – С. 250-256. – (Серія «Гірничо-електротехнічна»; Вип. 8 (142).
 9. Семенов В. В. Обоснование параметров и выбор резцов исполнительного органа проходческо-очистного комбайна для добычи калийных руд "Урал-61" / Семенов В. В., Шмакин И. Г., Жабин А. Б., Чеботарев П. Н. // Горное оборудование и электромеханика / Нов. технол. - М., 2010. – Вип. 4. – С. 6-9.
 10. Скідан І. А. Рівняння кінематики руху робочого інструмента планетарно-торового виконавчого органу гірничого комбайна / І. А. Скідан, Д. О. Довгаль // Прикладна геометрія та інженерна графіка: міжвідомчий науково-технічний збірник (спецвипуск) / КНУБА. – К., 2011. – Вип. 87. – С. 336-341.
 11. Довгаль Д. О. Визначення кута відхилення ріжучої крайки різцевого інструменту від напрямку різання при роботі планетарно-торових виконавчих органів гірничих машин / Д. О. Довгаль // Прикладна геометрія та інженерна графіка: праці / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Мелітополь, 2010. – Вип. 4, т. 47. – С. 112-117.

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ УГЛЫ РЕЗАНИЯ РЕЗЦОВОГО ИНСТРУМЕНТА ПЛАНЕТАРНО-ТОРОВЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ГОРНЫХ МАШИН

Д. А. Довгаль

Аннотация - Рассмотрена рабочая геометрия резцового инструмента планетарно-торового исполнительного органа горного комбайна. Определены мгновенные значения и исследована функция кинематических изменений углов резцов в зависимости от конструктивных и кинематических параметров планетарно-торового исполнительного органа.

WORKING KINEMATICAL ANGLES OF CUTTING TOOLS OF THE TORAHS-PLANETARY EXECUTIVE UNITS OF MINING MACHINES

D. A. Dovgal

Summary

Considered by the working geometry cutting tools of the torahs-planetary executive units of mining machines. Are defined instantaneous kinematic angles and investigated the function of the kinematic angle cutting tools, depending from constructive and kinematic parameters of the torahs-planetary executive units.