

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ РІЗАННЯ ТОРОВИХ ПЛАНЕТАРНИХ ВИКОНАВЧИХ ОРГАНІВ ПРОХІДНИЦЬКИХ КОМБАЙНІВ

Рогожин А. Г., Довгаль Д. О., Уткіна Р. В.
Автомобільно-дорожній інститут
Донецького національного технічного університету

В роботі визначені аналітичні залежності миттєвого та екстремальних значень швидкості різання від конструктивних та кінематичних параметрів торового планетарного виконавчого органу. Досліджено залежність показника нерівномірності швидкості різання від передаточного числа планетарного механізму виконавчого органу впродовж одного оберту.

Теоретичні дослідження та досвід промислового застосування планетарного способу руйнування гірничих порід при видобутку вугілля довели, що цей спосіб є найбільш ефективним та раціональним при проведенні гірничих виробок по вугіллю та породам з коефіцієнтом міцності $f < 5$ [1-3]. Подальше удосконалення та розширення області застосування планетарних виконавчих органів передбачає глибокий і детальний аналіз процесу їх роботи, а це у свою чергу не можливе без дослідження кінематики руху різцевого інструменту встановленого на робочих дисках.

Одним із критеріїв, що визначають показники ефективності процесу руйнування гірничого масиву планетарними виконавчими органами є швидкість руху різцевого інструменту відносно забою (швидкість різання), а саме показник її нерівномірності, значення якого суттєво впливає на силові показники роботи виконавчого органу [4].

Дослідження швидкості різання планетарних виконавчих органів проводилися багатьма авторами [2, 4, 5], однак всі дослідження стосувалися планетарних виконавчих органів з пересічними осями обертання (плоскі, кільцеві, ортосферичні). Однак, що стосується торових планетарних виконавчих органів, які належать до планетарних виконавчих органів з перехресними осями обертання, то дослідження швидкості різання цих виконавчих органів раніше не проводилося.

Завданням даної роботи є визначення основних аналітичних залежностей швидкості різання торового планетарного виконавчого ор-

гану від його конструктивних та кінематичних параметрів та дослідити вплив основних кінематичних параметрів на швидкісний режим роботи виконавчого органу.

Різцевий інструмент торового виконавчого органу здійснює щодо забою планетарний рух, описуючи при цьому складні просторові то-роїдальні траєкторії. У роботі [6] були отримані параметричні рівняння руху різцевого інструменту, встановленого на робочих дисках торового планетарного виконавчого органу, які мають вигляд

$$\begin{aligned} x &= [R + r \cos(\varphi i + \psi)] \cos \varphi; \quad y = [R + r \cos(\varphi i + \psi)] \sin \varphi; \\ z &= \frac{h}{2\pi} \varphi \pm r \sin(\varphi i + \psi), \end{aligned} \quad (1)$$

де R – радіус водила виконавчого органу; r – радіус фрезеруючого диска; i – передатне число планетарного механізму; φ – кут повороту водила від деякого початкового положення; ψ – кут, що визначає положення інструмента на диску відносно початкового положення; h – величина подачі виконавчого органу на забій за один оберт водила.

Функція швидкості руху інструменту за прийнятим параметром φ є похідною функції шляху, що визначаються рівняннями руху (1).

Якщо одиничний різцевий інструмент прийняти за точку A , то його швидкість буде визначатися в функції часу t відомою залежністю:

$$V_A = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2}, \quad (2)$$

Переходячи до параметру φ та маючи на увазі, що кутова швидкість обертання водила ω_e є величиною постійною, маємо:

$\varphi = \omega_e t$, відкіля $dt = \frac{d\varphi}{\omega_e}$, а похідні за параметром t :

$$\frac{dx}{dt} = \omega_e \frac{dx}{d\varphi}; \quad \frac{dy}{dt} = \omega_e \frac{dy}{d\varphi}; \quad \frac{dz}{dt} = \omega_e \frac{dz}{d\varphi}.$$

Тоді, рівняння (2) прийме вигляд

$$V_A = \omega_e \sqrt{\left(\frac{dx}{d\varphi}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\varphi}\right)^2 + \left(\frac{dz}{d\varphi}\right)^2}, \quad (3)$$

Диференціюючи рівняння (1), піднісши похідні до квадрату, підставляючи у рівняння (3) та перетворюючи, отримаємо

$$V = \omega_e \left\{ R^2 + r^2 i^2 + 2Rr [i \sin(\varphi i + \psi) \sin \alpha + \cos(\varphi i + \psi) \cos \alpha] + r^2 \cos^2(\varphi i + \psi) + \frac{hri \cos(\varphi i + \psi)}{\pi} - \frac{h^2}{4\pi^2} \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

Рівняння (4) дає змогу визначити миттєве значення швидкості руху інструменту торового виконавчого органу від куту повороту водила при заданих конструктивних та кінематичних параметрах.

На рис. 1 зображено епюру швидкості руху ріжучого інструмента відносно масиву, що руйнується. Звідси видно, що швидкість руху інструмента коливається в незначних межах, що обумовлює відсутність зони малих швидкостей та великих зусиль подачі, яка має місце при роботі виконавчих органів роторного типу [1].

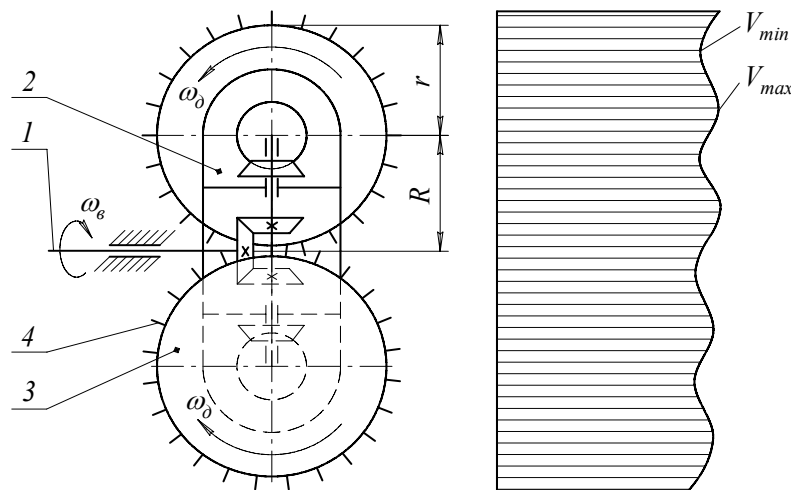


Рис. 1. Розподіл швидкостей різання торового планетарного виконавчого органу впродовж одного оберту водила

Для визначення показника нерівномірності швидкості різання, знайдемо екстремальні значення швидкості $V(\varphi)$.

Беручи до уваги те, що для планетарного виконавчого органу, який розглядається, прийняте передаточне число i у процесі роботи не

змінюється й, для кожного робочого диска ω_g , R та r - є постійними величинами, то швидкості руху інструмента залежить тільки від φ .

Аналіз рівняння (4) показує, що при будь-яких практично прийнятних співвідношеннях конструктивних і кінематичних параметрів виконавчого органу, закон зміни функції $V(\varphi)$, досить близький до косинусоїдального, тому рівняння, що зв'язують екстремальні значення швидкості різання з основними параметрами торового виконавчого органу можна одержати, з достатньою для практичних розрахунків точністю, виходячи з умови періодичності функції кута повороту робочого диска. Період її зміни дорівнює 2π . За цей період швидкість різання досягає мінімальної величини при значенні $\cos(\varphi i + \psi) = -1$, тобто при $(\varphi i + \psi) = \pi + 2\pi n$. Максимальному значення швидкості різання відповідає кут повороту водила, при якому $(\varphi i + \psi) = \pi/2 + 2\pi n$. Ці екстремальні значення визначаються наступними рівняннями:

$$V_{\min} = \omega_g \sqrt{R^2 + r^2 i^2 - 2Rr \cos \alpha + r^2 - \frac{h^2}{4\pi^2} - \frac{hri}{\pi}}, \quad (5)$$

$$V_{\max} = \omega_g \sqrt{R^2 + r^2 i^2 + 2Rri \sin \alpha - \frac{h^2}{4\pi^2}}, \quad (6)$$

Рівняння (5) та (6) дають змогу встановити величину показника нерівномірності абсолютної швидкості руху інструменту відносно поверхні забою за один оберт робочого диска, цей показник дорівнює

$$\Delta V = \frac{V_{\max}}{V_{\min}}, \quad (7)$$

Графіки залежності функції ΔV від передаточного числа i планетарного механізму показані на рис. 2 (де k – відношення радіуса водила R до радіусу робочого диска r).

Із рис. 2 видно, що функція ΔV має гіперболічний характер та зі зростанням величини передаточного числа i зменшується від деякої максимальної величини до граничної мінімальної, яка дорівнює 1.

Таким чином, на підставі викладеного можна зробити висновок, що торові планетарні виконавчі органи мають досить рівномірний швидкісний режим руху різцевого інструменту, що у свою чергу призводить до рівномірного навантаження на інструмент упродовж одного обертну робочого диска. Отже, даний факт дозволяє стверджувати,

що торові планетарні виконавчі органи є більш раціональними та технологічно вигідними ніж роторні та є перспективними для застосування на прохідницьких комбайнах.

Результати даного дослідження можуть бути використані при створенні науково обгрунтованої комплексної методики визначення оптимальних параметрів торових планетарних виконавчих органів прохідницьких комбайнів.

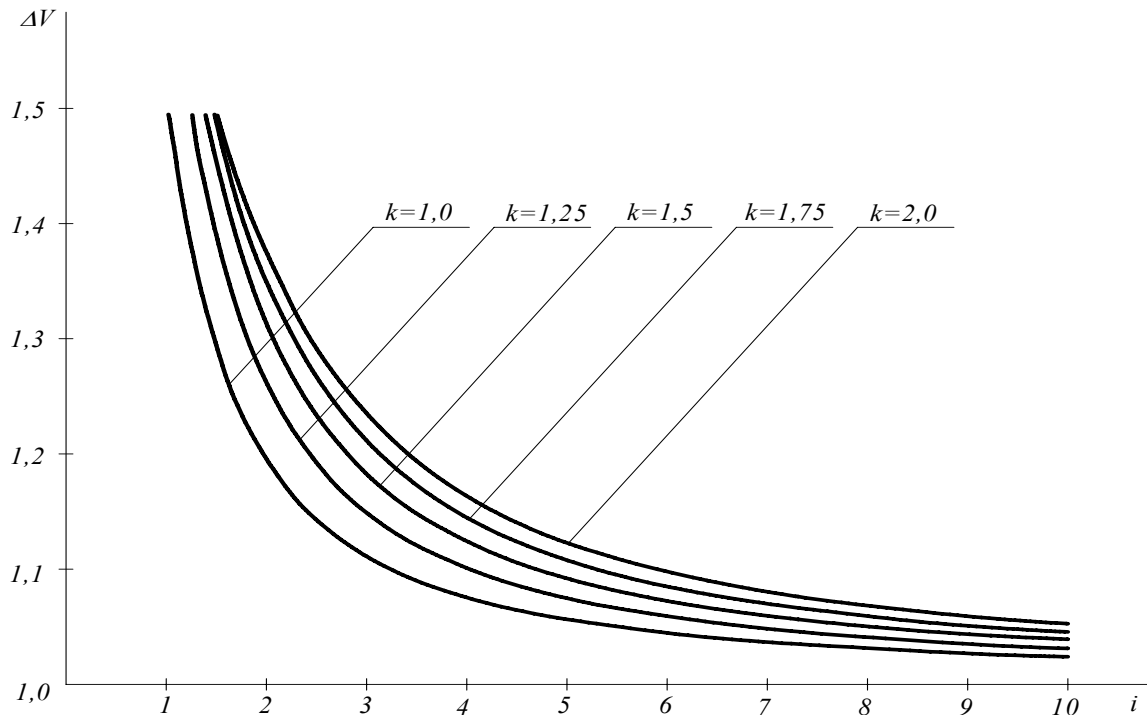


Рис. 2. Графіки залежності функції ΔV від передаточного числа i при різних значеннях коефіцієнта k

Література:

1. Рогожин А. Г., Довгаль Д. О., Уткіна Р. В. До питання щодо раціональної конструкції різцевих виконавчих органів породоруйнівальних машин // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Динаміка наукових досліджень `2005». Том 67. — Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. — с. 44-48.
2. Архангельский А. С. Некоторые вопросы теории планетарных исполнительных органов проходческих комбайнов // Расчеты, конструирование и испытание горных машин. Сборник статей. — 1955. — №2. — с. 143-208.
3. Трохимец Н. Я., Кучеренко С. А., Уколова Т. М. Рабочий орган проходческого комбайна для расширения скважин в крепких горных породах // Геотехническая механика: Межведомств. сб. научных трудов, Днепропетровск: ИГТМ НАНУ. — 2005. — Вып. 56. — с. 72-77.

4. Кизилев В. В. Исследование и выбор рациональных конструктивных и режимных параметров планетарных исполнительных органов проходческих комбайнов: Дис... канд. техн. наук: 05.05.06. – М., 1982. – 176 с.
5. Унгефуг В. Г. Общие уравнения кинематики движения инструмента планетарных рабочих дисков исполнительных органов горных машин // Изв. вузов. Горный журнал, 1962. - №5. – с. 92-101.
6. Рогожин А. Г., Довгаль Д. О. Визначення рівнянь кінематики руху різцевого інструменту торкових планетарних виконавчих органів породоруйнівальних машин // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Дні науки ‘2005”. Том 37. Техніка. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – с. 9-11.