

УДК 622.23.054.522 + 515.2

ДО ПИТАННЯ ЩОДО ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗРІЗУОУТВОРЕННЯ ПРИ РУЙНУВАННІ ГІРНИЧОГО МАСИВУ ПЛАНЕТАРНО-ТОРОВИМИ ВИКОНАВЧИМИ ОРГАНАМИ ГІРНИЧИХ МАШИН

Довгаль Д. О., к. т. н.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Тел. (062)338-48-85

Анотація – В роботі встановлена та досліджена залежність миттєвої товщини зрізу, що утворюється у процесі руйнування гірничого масиву, від конструктивних та кінематичних параметрів планетарно-торових виконавчих органів гірничих машин.

Ключові слова – прохідницький комбайн, планетарний виконавчий орган, робочий інструмент, траєкторія руху інструмента, зріз.

Постановка проблеми. На сьогодні при розробці родовищ кам'яної солі на підприємствах України та країн СНД переважно застосовують солевидобувні комбайни типу «Урал» (Урал-10КС, Урал-20КС), які виготовляють на Копейському машинобудівному заводі (Росія). Комбайни цієї серії оснащені планетарно-дисковими (планетарно-торовими) виконавчими органами, які реалізують планетарний спосіб руйнування та мають цілу низку переваг у порівнянні з іншими конструкціями виконавчих органів [1]. Однак, як показали наукові дослідження та досвід промислової експлуатації [2-4], поряд із перевагами, планетарно-торовим виконавчим органам притаманна низка факторів, що знижують ефективність їх використання. Серед цих факторів – змінна товщина зрізу, тобто обсягу (відповідної форми) матеріалу в масиві, що підлягає відокремленню різцем у черговому циклі його роботи.

Планетарно-торові виконавчі органи знімають зрізи, форма яких близька до серпоподібної. Отже, поточні значення відношення кроку різання t_i до товщини зрізу h_i , яке визначає ефективність процесу руйнування, змінні та можуть значно відрізнятися від раціональних значень, розрахованих за середньою товщиною зрізу. У кінцевому рахунку це негативно впливає на економічні показники процесу видобування корисних копалин та підприємства в цілому. Отже, проблема підвищення технічного рівня гірничих комбайнів, оснащених планетарно-торовими вико-

навчими органами, за рахунок оптимізації форм зрізів, є актуальною, а її розв'язання має важливе практичне значення.

Аналіз останніх досліджень. Для планетарно-торових виконавчих органів точний аналітичний опис зрізів і їхнє дослідження вкрай складне, що в першу чергу, обумовлено великою кількістю параметрів, які впливають на форму зрізів, що у свою чергу знаходяться в складному взаємозв'язку між собою. У раніше виконаних роботах [2, 5-7], що стосуються дослідження та оптимізації процесу зрізоутворення при роботі планетарних виконавчих органів, кінематика їх роботи розглядалася досить спрощено, без урахування усіх конструктивних та кінематичних параметрів, що впливають на форму зрізів. Такий підхід є досить неточним, а отже, отримані результати достатньо точно не відображають дійсний характер залежностей між параметрами планетарно-торового виконавчого органу, що забезпечують раціональні значення відношення t/h .

Для більш точного аналітичного опису форм зрізів, утворюваних при роботі різцевого інструмента, закріпленого на робочих дисках планетарно-торового виконавчого органа, у роботі [8] були складені відповідні параметричні рівняння нарисових контурів зрізів. При цьому були враховані усі конструктивні та кінематичні параметри виконавчого органу, а також особливості просторового руху різцевого інструмента відносно поверхні забою. Отже, даними рівняннями доцільно скористатися для точного визначення основних геометричних параметрів зрізів для випадку планетарно-торового виконавчого органу.

У роботі [9] була встановлена і досліджена залежність між величиною кроку різання і параметрами планетарно-торового виконавчого органу. Таким чином, встановлення залежності миттєвого значення товщини зрізу від параметрів планетарно-торового виконавчого органу дасть змогу виконати дослідження відношення t/h , а отже і визначити межі вибору раціональних значень конструктивних та кінематичних параметрів даного виконавчого органу.

Постановка завдання. Метою даної роботи є визначення миттєвої товщини одиничного зрізу, утворюваного різцевим інструментом планетарно-торового виконавчого органу гірничого комбайна.

Основна частина. Форма зрізу, що утворюється різцем планетарно-торового виконавчого органа у процесі його роботи, при будь-яких практично прийнятних значеннях конструктивних і кінематичних параметрів, є серпоподібною. Товщина зрізу, при цьому, змінюється від 0 на периферії забою до найбільшого значення h_{\max} , яке досягається на лінії рухомої центрної миттєвих центрів швидкостей [2] (рис. 1). Така форма зрізу у загальному випадку є несприятливою за багатьма факторами (не-

рівномірне силове навантаження на різцевий інструмент на різних ділянках траєкторії, надмірне подрібнення відокремлюваного матеріалу на периферійних ділянках забою, що призводить до значного пилоутворення тощо). Однак, зміна товщини зрізу є конструктивною особливістю даного виконавчого органу та залежить від миттєвого значення кута повороту φ водила (планшайби) виконавчого органу, а отже не може бути усунена.

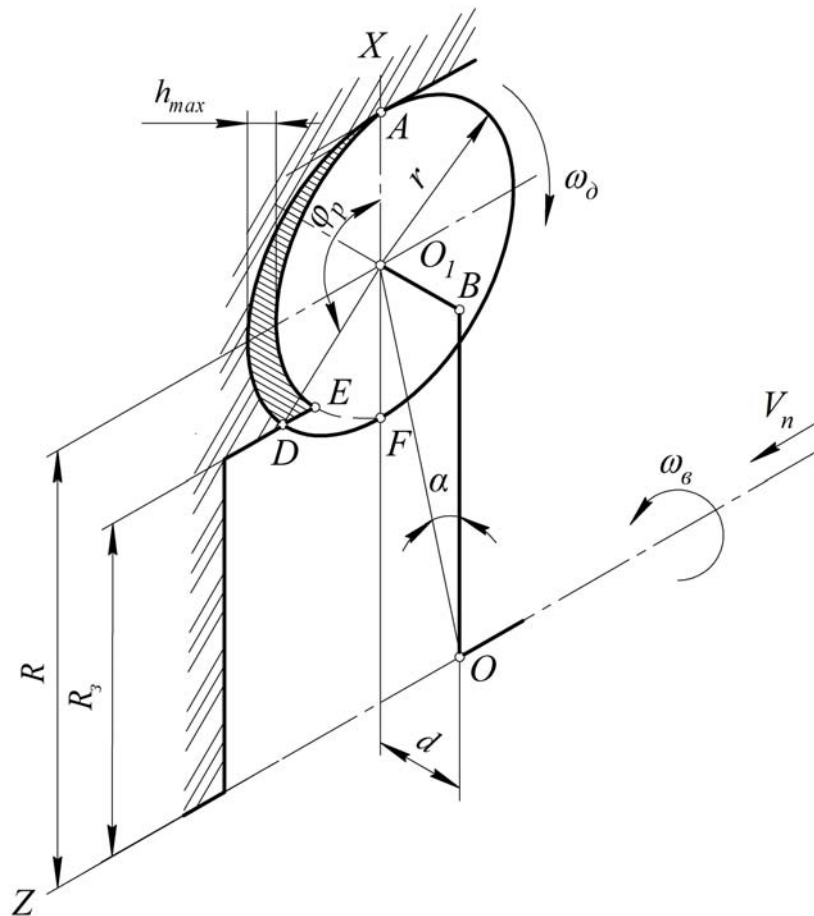


Рис. 1. Схема взаємодії робочого диска з гірничим масивом та утворення зрізу

У загальному випадку, при роботі планетарно-торового виконавчого органу у сталому режимі роботи, нарисовими контурами зрізу є ділянки траєкторій (просторові криві циклоїдального типу) руху i -го та $i+1$ -го різця, що працюють в одній лінії різання. Обсяг матеріалу, що знаходиться між цими двома лініями, у даному випадку і є одиничним зрізом (рис. 2).

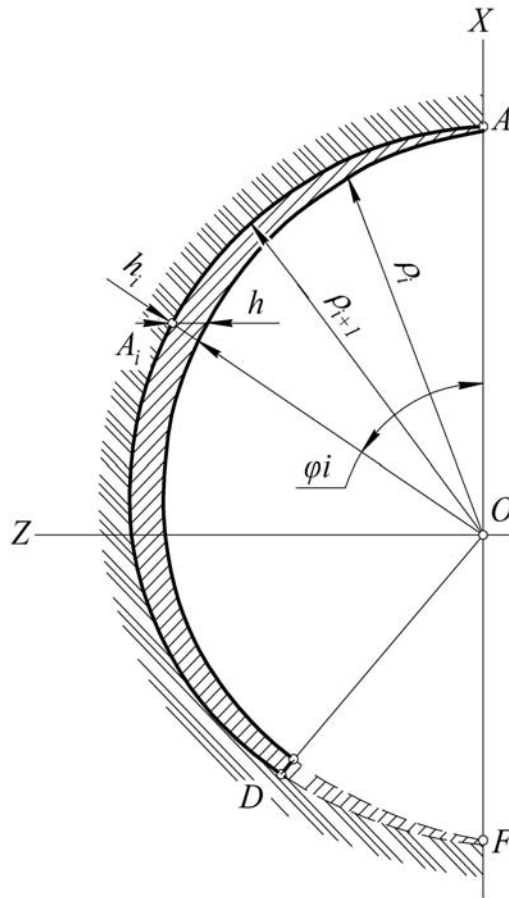


Рис. 2. Схема для визначення миттєвого значення товщини зрізу

Для визначення миттєвої товщини зрізу можна прийняти, що поверхня забою руйнуються інструментом так, що за m обертів виконавчого органу переміщення на забій здійснюється паралельно попередній поверхні на величину подачі $h_{\text{под}}$. Тоді, функцію миттєвого значення товщини зрізу h_i можна визначити залежністю:

$$h_i = \rho_{i+1}(\varphi) - \rho_i(\varphi), \quad (1)$$

де $\rho_i(\varphi)$, $\rho_{i+1}(\varphi)$ – відповідно полярні радіуси i -го та $i+1$ -го різця, що працюють в одній лінії різання, які дорівнюють

$$\begin{aligned} \rho_i(\varphi) &= \sqrt{x_i(\varphi)^2 + z_i(\varphi)^2}; \\ \rho_{i+1}(\varphi) &= \sqrt{x_{i+1}(\varphi)^2 + z_{i+1}(\varphi)^2}, \end{aligned} \quad (2)$$

де $x_i(\varphi)$, $z_i(\varphi)$, $x_{i+1}(\varphi)$, $z_{i+1}(\varphi)$ – координати точок нарисових контурів зрізу, що відповідають траєкторіям i -го та $i+1$ -го різця, які визначаються рівняннями [8]:

$$\begin{aligned} x_i &= R \left[\cos(\varphi + \sigma) - \cos\left(\frac{\pi}{2i} + \sigma\right) \right] + r \cos(\varphi i) \cos(\varphi - \alpha + \sigma); \\ z_i &= \left[R(\sin(\varphi + \sigma) - \sin \sigma) + r \cos(\varphi i) \sin(\varphi - \alpha + \sigma) \right] \sin \chi + \\ &\quad + \left(\frac{h_{\text{под}}}{2\pi} \varphi + r \sin(\varphi i) + h \right) \cos \chi, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} x_i &= R \left[\cos(\varphi + \sigma) - \cos\left(\frac{\pi}{2i} + \sigma\right) \right] + r \cos(\varphi i) \cos(\varphi - \alpha + \sigma); \\ z_i &= \left[R(\sin(\varphi + \sigma) - \sin \sigma) + r \cos(\varphi i) \sin(\varphi - \alpha + \sigma) \right] \sin \chi + \\ &\quad + \left(\frac{h_{\text{под}}}{2\pi} \varphi + r \sin(\varphi i) \right) \cos \chi, \end{aligned} \quad (4)$$

де R – відстань від осі обертання водила до осі обертання робочого диска (радіус водила); r – радіус робочого диска; φ – кут повороту водила від початкового положення (параметр); i – передаточне число планетарного механізму; α – двогранний кут між вертикальною площиною та площиною обертання робочого диска у початковому положенні (визначається конструктивним параметром d (див. рис. 1); $h_{\text{под}}$ – величина подачі виконавчого органу на забій за один оберт водила; σ , χ – параметри, що відповідно визначаються наступними залежностями [8]:

$$\begin{aligned} \sigma &= \arcsin \left\{ \sin \left[\frac{\pi}{i} + \arcsin \left(\frac{\sin \alpha}{\sqrt{k^2 + 2k \cos \alpha + 1}} \right) \right] \sqrt{k^2 - 2k \cos \alpha + 1} : \right. \\ &: \left. \sqrt{2 \left[k^2 + 1 - \sqrt{k^4 - 2k^2 \cos 2\alpha + 1} \cos \left(\frac{\pi}{i} + \arcsin \left(\frac{\sin \alpha}{\sqrt{k^2 + 2k \cos \alpha + 1}} \right) \right) \right]} \right\} - \\ &\quad - \arcsin \left(\frac{k \sin \alpha}{\sqrt{k^2 + 2k \cos \alpha + 1}} \right) + \alpha; \end{aligned}$$

$$\chi = \arctg \left\{ 2k \times \left[\frac{\theta}{4} - \frac{1}{2} \arcsin \left[\frac{\sin \sigma \left(\left(k + \frac{\sin(\sigma - \alpha) \right) \cos \sigma - \sqrt{k^2 - \left(k + \frac{\sin(\sigma - \alpha) \right)^2 \sin^2 \sigma} \right)}{k} \right)}{k} \right] \right\}$$

де k – коефіцієнт пропорційності радіусів водила та диска ($k = R/r$).

Примітка – Якщо для виконавчого органу прийнята така схема різання, при якій упродовж одного робочого циклу виконавчого органу в одній лінії різання працює один різець, у рівняннях (3) $h = h_{\text{под}}$. У випадку, коли кількість проходів різця по одній лінії різання за один оберт виконавчого органу > 1 , значення h буде відповідно пропорційне кількості проходів.

Отже, функція (1), при підстановці в неї значень (2), (3) та (4) виражає залежність миттєвої товщини зрізу h_i від значень кута повороту водила при заданих значеннях конструктивних та кінематичних параметрів планетарно-торового виконавчого органу.

На рис. 3 наведено графік цієї залежності при певних заданих значеннях параметрів виконавчого органу.

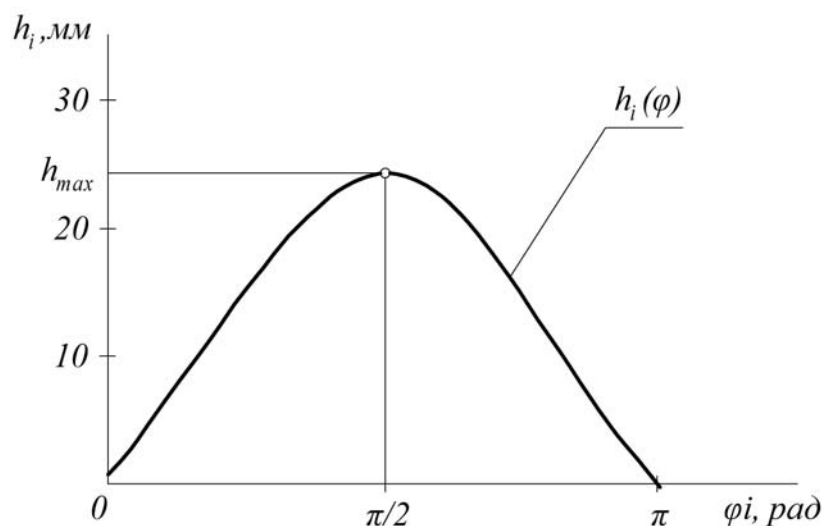


Рис. 3. Графік залежності товщини зрізу h_i від кута повороту водила φ

Із рис. 3 видно, що характер зміни функції $h_i(\varphi)$ близький до синусоїдального. Товщина зрізу досягає найбільшої величини h_{max} при мак-

симальному значенні координати z траєкторії руху різця, яке має місце коли кут повороту робочого диска дорівнює $\pi/2$, тобто при $\varphi = \pi/2i$.

Висновки. Проведені дослідження дозволили встановити залежність між значеннями товщини зрізу й конструктивними та кінематичними параметрами планетарно-торового виконавчого органу, яка дає змогу визначати миттєві значення товщини зрізу в залежності від кута повороту водила. Отримана залежність враховує усі параметри планетарно-торового виконавчого органу, які так чи інакше впливають на характер зміни та величину товщини зрізу.

Достовірність дійсних результатів дослідження підтверджується даними, наведеними у роботах [5, 7], що стосуються характеру зміни функції товщини зрізу $h_i(\varphi)$.

Отримані результати разом з результатами, які були отримані у попередній роботі [9] є математичною основою для аналізу процесу формування параметрів зрізів, та відповідно оптимізації процесу руйнування гірничого масиву планетарно-торовими виконавчими органами гірничих комбайнів на основі зниження енергоємності даного процесу, що є напрямками подальших досліджень.

Література

1. Солод В.И. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов/Солод В.И., Гетапонов В.И., Рачек В.М.–М.: Недра, 1982.–350 с.
2. Михайлов В. Г. Оценка условий резания угля при движении инструмента по циклоидной кривой / В. Г. Михайлов, В. М. Дубянский // Труды НИИ. - Новочеркасск, 1968. - №175. – С. 142-147.
3. Исследование основных закономерностей резания калийных солей: Отчет / Тульск. политехн. ин-т; Руководитель – И. Г. Шмакин; №ГР.8011801; Инв. №Б288398. – Тула, 1973. – 126 с.
4. Позин Е. З. Разрушение углей выемочными машинами / Позин Е. З., Меламед В. З., Тон В. В. – М.: Недра, 1984. – 288 с.
5. 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.
6. Рогожин А. Г. Оптимізація параметрів процесу руйнування гірських порід торовими планетарними виконавчими органами гірничих машин / А. Г. Рогожин, Є. О. Воробйов, Д. О. Довгаль, К. К. Софійський // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць / Ін-т геотехнічної механіки НАН України. – Дн-ськ, 2005. – Вип. 57. – С. 118-123.
7. 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)).

8. Довгаль Д. О. Геометричне моделювання форм зрізів, утворюваних при руйнуванні гірничого масиву торовими планетарними виконавчими органами породоруйнівальних машин різцевого типу / Д. О. Довгаль // Прикладна геометрія та інженерна графіка: праці / Таврійський державний агротехнологічний університет. - Мелітополь, 2008. – Вип. 4, т. 37.– С. 147-157.

9. Довгаль Д. О. Визначення геометричних параметрів оптимальної сітки різання торових планетарних виконавчих органів породоруйнівальних машин / Д. О. Довгаль // Прикладна геометрія та інженерна графіка: праці / Таврійський державний агротехнологічний університет. – Мелітополь, 2008. – Вип. 4, т. 38. – С. 110-121.

К ВОПРОСУ О ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ СРЕЗОБРАЗОВАНИЯ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ГОРНОГО МАССИВА ПЛАНЕТАРНО-ТОРОВЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОРГАНАМИ ГОРНЫХ МАШИН

Д. А. Довгаль

Аннотация – В работе установлена и исследована зависимость мгновенной толщины среза, образуемого в процессе разрушения горного массива, от конструктивных и кинематических параметров планетарно-торовых исполнительных органов горных машин.

ON GEOMETRICAL PARAMETER FORMATION SLICES AT DESTROYED MOUNTAIN MASSIF OF TORAHS-PLANETARY EXECUTIVE UNITS OF MINING MACHINES.

D. A. Dovgal

Summary

In article determines the dependence of the instantaneous and the slice thickness is formed in the process of destruction of the mountain massif, on the constructive and kinematic parameters of torahs-planetary executive units of mining machines.