

УДК 622.23.054.522 + 515.2

РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАБОЮ 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 – Наведено визначення залежностей між конструктивними параметрами планетарно-торового виконавчого органу гірничого комбайна та геометричними параметрами поверхні забою і поперечного профілю виробки, що утворюються в процесі його роботи.

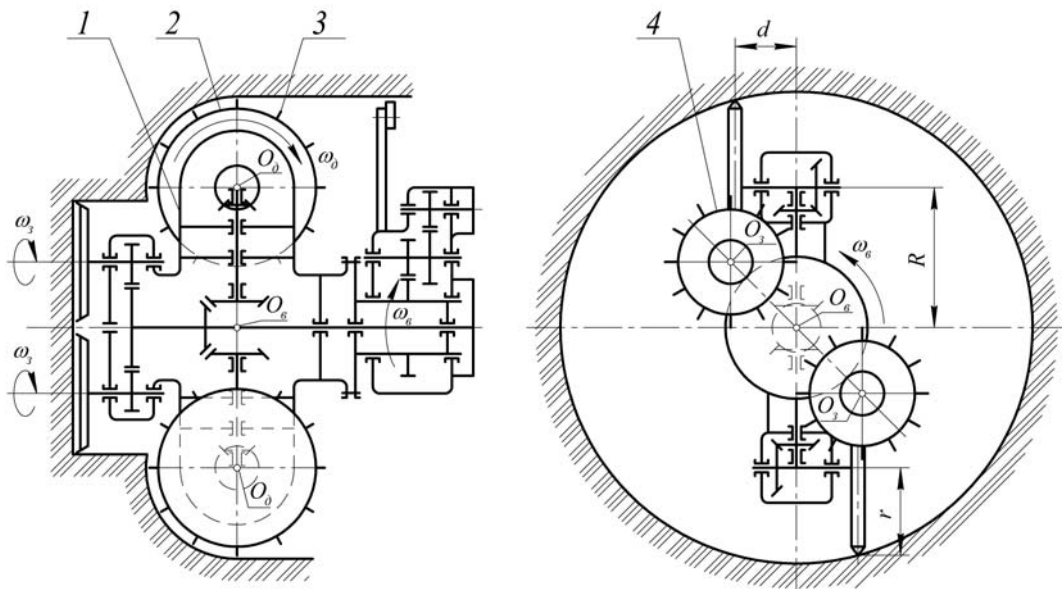
Ключові слова – планетарний виконавчий орган, робочий диск, робочий інструмент, поверхня обробки, забій, виробка.

Постановка проблеми. При проведенні гірничих виробок та видобуванні корисних копалин комбайновим способом важливим є питання щодо забезпечення заданих форми та габаритів поперечного профілю виробки.

Факторів, що визначають форму та габаритні розміри поперечного профілю виробки, доволі багато, серед яких фізико-механічні властивості гірничих порід, положення виробки у просторі, величина та напрямок гірничого тиску, типорозміри кріпії, тип виконавчого органу комбайну, максимальні розміри транспортних засобів, що застосовуються для транспортування корисної копалини та ін.

Прохідницько-очисні комбайни, оснащені планетарно-торовими (планетарно-дисковими) виконавчими органами (комбайни типу «Урал»), які є основним засобом механізації при видобуванні кам'яної солі на підприємствах України та країн СНД розробляють забій виробкою круглого профілю, якій надається аркова форма за допомогою спеціальних бермових фрез. Планетарно-торовий виконавчий орган розробляє периферійну частину забою за допомогою пари фрезеруючих дисків, а центральну частину спеціальним забурювальником (рис. 1). При цьому питання забезпечення заданих параметрів виробки та повнота обробки поверхні забою ріжучими елементами виконавчого органу набуває край важливого значення, оскільки ці параметри мають бути взаємоув'язані з конструктивними розмірами елементів виконавчого органу, що їх визна-

чають. Отже, задача визначення точних аналітичних залежностей для розрахунку розмірів елементів конструкції планетарно-торового виконавчого органу виходячи із заданих геометричних параметрів виробки, а також основних геометричних параметрів забою є актуальною.



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

Аналіз останніх досліджень. В основних фундаментальних роботах з теорії планетарних виконавчих органів [1-3], отримані деякі аналітичні залежності між геометричними параметрами забою та конструктивними параметрами планетарного виконавчого органу. Однак, набір цих залежностей є не повним, а їх точність не задовольняє сучасним вимогам, оскільки при виведенні даних залежностей була прийнята досить спрощена схема загального випадку планетарного виконавчого органу. А саме, не були враховані усі параметри виконавчого органу, що впливають на кінематику його роботи та параметри руйнування [4-5].

Отже, з цих та багатьох інших більш пізніх відомих нам робіт, що стосуються аналізу та дослідження процесу роботи планетарних виконавчих органів, можна зробити висновок про відсутність точних та обґрунтованих залежностей для розрахунку конструктивних параметрів планетарно-торових виконавчих органів виходячи із заданих параметрів виробки та забою. Тому розробка цього питання потребує подальшого вивчення.

Постановка завдання. Метою даної роботи є визначення розрахункових залежностей між параметрами забою та конструктивними параметрами планетарно-торового виконавчого органу, що забезпечують проведення виробки заданих форми та розмірів й повну обробку поверхні забою у сталому режимі роботи комбайна.

Основна частина. Геометрично забій, що обробляється інструментом планетарного виконавчого органу, достатньо повно визначають три наступні параметри [2]:

- 1) радіус гірничої виробки, що проводиться;
- 2) радіус центральної частини виробки, яка підлягає руйнуванню спеціальним забурювальником;
- 3) поверхня забою.

При виборі значень конструктивних параметрів будь-якого виконавчого органу слід виходити з умови стаціонарності габаритів забою, тобто $R_{\text{вир}} = \text{const}$. Для визначення залежності радіуса виробки $R_{\text{вир}}$ від конструктивних параметрів планетарно-торового виконавчого органу, розглянемо схему утворення її контуру у процесі обробки поверхні забою (рис. 2).

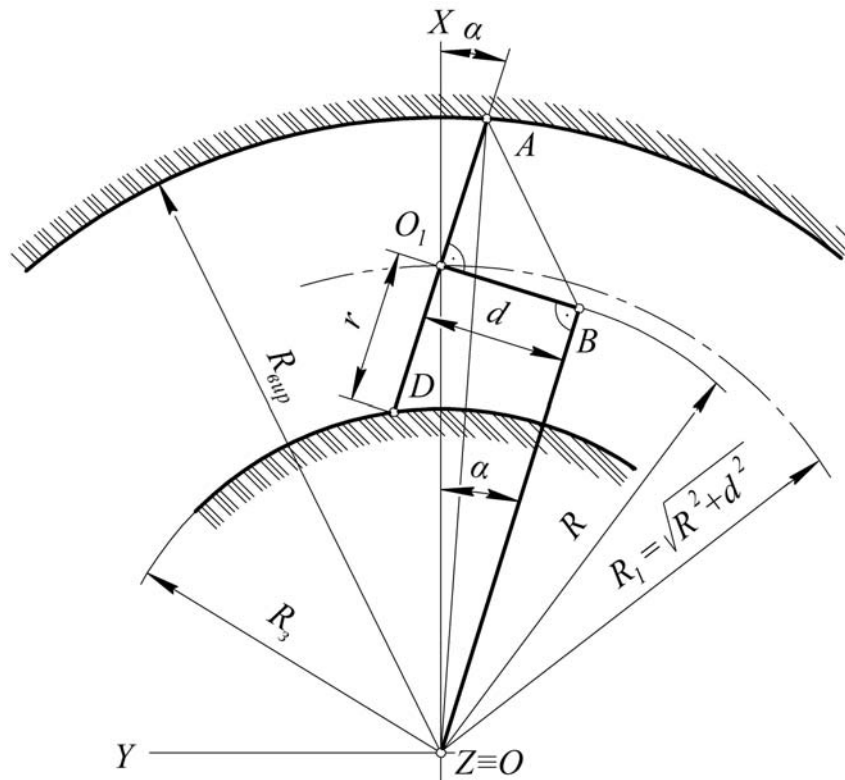


Рис. 2. Схема визначення параметрів забою

З рис. 2 видно, що радіус виробки дорівнює відстані від осі обертання водила виконавчого органа – точки O , до різця у початковому його положенні – точки A , тобто $R_{\text{вир}} = OA$. Для визначення OA розглянемо трикутник OAB . За теоремою косинусів

$$OA = R_{\text{вир}} = \sqrt{AB^2 + OB^2 - 2AB \cdot OB \cdot \cos \angle ABO}, \quad (1)$$

Сторону AB знайдемо із прямокутного трикутника ABO_1 : $AB = \sqrt{AO_1^2 + BO_1^2} = \sqrt{r^2 + d^2}$, а сторона $OB = R$. $\angle ABO = \angle ABO_1 + \frac{\pi}{2}$,

$\angle ABO_1 = \arcsin\left(\frac{AO_1}{AB}\right) = \arcsin\left(\frac{r}{\sqrt{r^2 + d^2}}\right)$. Отже, підставивши отримані

значення у (1) та виконавши низку спрощуючих перетворень, отримаємо функцію, що виражає залежність між радіусом виробки $R_{\text{вир}}$ та конструктивними параметрами планетарно-торового виконавчого органу

$$R_{\text{вир}} = \sqrt{(R + r)^2 + d^2}, \quad (2)$$

Співвідношення (2) дозволяє визначити розміри радіусів водила та дисків, що вводяться у розрахункові залежності для отримання виробки заданих габаритних розмірів

$$R = \sqrt{R_{\text{вир}}^2 - d^2} - r; \quad r = \sqrt{R_{\text{вир}}^2 - d^2} - R, \quad (3)$$

або з урахуванням коефіцієнта, що зв'язує радіуси водила R і диска r лінійною залежністю $k = R/r$:

$$R = \frac{k\sqrt{R_{\text{вир}}^2 - d^2}}{k + 1}; \quad r = \frac{\sqrt{R_{\text{вир}}^2 - d^2}}{k + 1}, \quad (4)$$

Під час роботи планетарно-торового виконавчого органу, інструмент, встановлений на робочому диску, рухається по просторовій кривій лінії, яка лежить на циклічній гвинтовій поверхні, що утворена колом

диска від площини пучка обертання водила; w – параметр поверхні; h – величина подачі виконавчого органу на забій за один оберт водила.

З рівнянь поверхні обробки забою (5), при підстановці граничного значення параметра $w = 0$, витікає, що радіус забурювальника, який необхідно встановити на виконавчий орган, щоб забезпечити відсутність необроблюваних ділянок забою, має дорівнювати

$$R_3 = \sqrt{(R - r)^2 + d^2}, \quad (6)$$

де R_3 – радіус забурювальника.

Площа поперечного перерізу виробки, що обробляється забурювальником дорівнює:

$$S_3 = \pi[(R - r)^2 + d^2], \quad (7)$$

а відповідно площа поперечного перерізу виробки, що обробляється різцями робочих дисків

$$S_0 = 4\pi Rr, \quad (8)$$

Площу поверхні забою, що обробляється робочими дисками визначимо, виходячи із теореми Гюльдена [7], за якою площа поверхні F , яка отримана обертанням плоскої кривої навколо деякої осі, що не перетинає її, може бути обчислена за формулою:

$$F = L \cdot 2\pi R_{\text{ц}}, \quad (9)$$

де L – довжина плоскої кривої; $R_{\text{ц}}$ – радіус центра ваги кривої.

У даному випадку такою плоскою кривою є лінія перетину поверхні, яка описується інструментом планетарно-торового виконавчого органу, площиною, що проходить через вісь обертання водила, тобто лінія меридіану. Рівняння меридіану у параметричній формі має наступний вигляд:

$$R_i = \sqrt{x^2 + y^2}, \quad (10)$$

Підставивши у вираз (10) значення із рівнянь (5), поклавши $w = \varphi \cdot i$,

де i – передаточне число планетарного механізму, отримаємо

$$R_i = \sqrt{(R - r \cos(\varphi i))^2 + d^2}, \quad (11)$$

Центр ваги плоскої кривої в аналітичній геометрії визначає наступна формула:

$$R_u = \frac{\int_{R_{\min}}^{R_{\max}} R_i \sqrt{1 + z'^2} dR_i}{L}, \quad (12)$$

Підставивши значення центру ваги лінії меридіану поверхні у формулу Гюльдена (9), отримаємо вираз

$$F = 2\pi \int_{R_{\min}}^{R_{\max}} R_i \sqrt{1 + z'^2} dR_i, \quad (13)$$

де R_{\max} , R_{\min} – відповідно найбільше та найменше значення радіуса забою, що обробляються інструментом робочих дисків планетарно-торового виконавчого органу; z' – перша похідна від z по R_i .

Значення R_{\min} у будь-якому випадку відповідає нульовому значенню кута повороту водила ($\varphi i = 0$, $\varphi = 0$), тобто $R_{\min} = \sqrt{(R - r)^2 + d^2}$. Якщо робочий диск виконавчого органу врізаються в забій всім своїм діаметром ($\varphi i = \pi$, $\varphi = \pi/i$), значення $R_{\max} = \sqrt{(R + r)^2 + d^2}$. Тоді, визначивши першу похідну z по R_i та проінтегрувавши праву частину виразу (13), отримаємо значення площі поверхні забою, що обробляється робочими дисками планетарно-торового виконавчого органу.

Виразити із рівняння меридіана поверхні (11), заданого в параметричній формі, величину z як функцію R_i у загальному вигляді не вдається. Отже, при практичних розрахунках числове значення площі поверхні обробки забою може бути обчислене із рівняння (13) за допомогою будь-якого з пакетів прикладних математичних програм (Maple, MathCAD, Mathematica та ін.).

Висновки. У результаті аналізу формоутворення поверхонь обробки забою планетарно-торовим виконавчим органом гірничого комбайна визначений зв'язок між його конструктивними параметрами та геометричними параметрами забою і поперечного профілю виробки, а саме, встановлено:

- аналітичну залежність для визначення радіусу виробки, яка дозволяє розраховувати значення конструктивних параметрів планетарно-торового виконавчого органу для отримання виробки заданих габаритних розмірів;

- розрахункову залежність для визначення радіусу забурювальника, яка забезпечує відсутність необроблених ділянок забою при заданих значеннях конструктивних параметрів дискового механізму руйнування;

- аналітичні залежності для визначення окремо площі поперечного перерізу частини виробки, що обробляється різцями робочих дисків та площі – що підлягає обробці забурювальником, а також залежність для розрахунку площі поверхні забою, що обробляється системою робочих дисків виконавчого органа.

Встановлені залежності мають теоретичну та практичну цінність, оскільки визначають параметри забою, що входять до вихідних даних проектування, а також можуть бути використані при подальших дослідженнях процесу руйнування гірничого масиву інструментом планетарно-торових виконавчих органів гірничих машин.

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. 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.
3. Механическое разрушение горных пород комбинированным способом / [А. Ф. Кичигин, С. Н. Игнатов, А. Г. Лазуткин, И. А. Янцен]. – М.: «Недра», 1972. – 256 с.
4. 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.
5. 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.
6. Скідан І. А. Дослідження форм поверхонь-носіїв траєкторій руху робочого інструменту планетарно-торових виконавчих органів гірничих машин / І. А. Скідан, Д. О. Довгаль // Прикладна геометрія та інженерна

графіка: міжвідомчий науково-технічний збірник / КНУБА. – К., 2010. – Вип. 85. – С. 174-180.

7. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 2 / Г. М. Фихтенгольц. – М.: Физматгиз, 1959. – 524 с.

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗАБОЯ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ГОРНОГО МАССИВА ПЛАНЕТАРНО- ТОРОВЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОРГАНАМИ ГОРНЫХ МАШИН

Д. А. Довгаль

Аннотация – Определены зависимости между конструктивными параметрами планетарно-торового исполнительного органа и геометрическими параметрами поверхности забоя и поперечного профиля выработки, образующихся в процессе его работы.

THE CALCULATION OF GEOMETRICAL PARAMETERS EXCAVATION AT DESTRUCTION MOUNTAIN MASSIF OF TORANS-PLANETARY EXECUTIVE UNITS OF MOUNTAIN MACHINES

D. A. Dovgal

Summary

In article are defined the dependence between the constructive parameters of torans-planetary executive units and geometric parameters of the surface of the face and the transverse profile a mine working, generated during its operation.