

УДК 622.232.71

ОСОБЕННОСТИ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ДИСКОВЫХ ШАРОШЕК

Бойко Е.Н., канд. техн. наук, доц.,
Федоров О.В., канд. техн. наук, Мельников В.А. аспирант,
Донецкий национальный технический университет.

Определена зависимость пути контакта и скорости резания отдельной точки режущей кромки дисковой шарошки от глубины резания и её диаметра.

Dependence of contact way and cutting speed of separate point cutting edge of disk cutter from the penetration and its diameter was defined in this paper.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Разрушение угольного массива, первое и важнейшее звено технологической цепи добычи угля, выполняется с помощью механизированных комплексов, угледобывающей машиной которых является очистной комбайн. Исполнительные органы очистных комбайнов совмещают в себе органы по разрушению угольного пласта и погрузке разрушенного угля на забойный конвейер. Наиболее широкое применение получили очистные комбайны со шнековыми исполнительными органами.

Разрушение пласта исполнительными органами современных узкозахватных комбайнов сопровождается высокими удельными энергозатратами, сильным переизмельчением угля и большим пылевыведением. Режущий инструмент работает в сложных условиях [1, 2, 3]. Серийно выпускаемый режущий инструмент (например, резцы типа ЗР4-80, РКС-2) требует практически ежедневной замены, что, при норме времени на замену одного резца в 1 минуту, требует приблизительно 1,5 часа, а это составляет 25% от продолжительности смены. Кроме того, серийно выпускаемые резцы оказались недостаточно прочными для современных высокоэнерговооруженных комбайнов и часто ломаются [2]. Хвостовики резцов, которые остались в резцедержателях (кулаках), трудно извлекаются. На практике поступают несколько иначе - продолжают работать с неполной схемой набора режущего инструмента, что приводит к значительному повышению неравномерности момента сил сопротивления [1].

Одним из решений этих вопросов может стать оснащение исполнительных органов очистных комбайнов дисковыми шарошками [4], которые кроме повышенной надежности и долговечности обладают лучшими показателями энергоемкости процесса разрушения угля.

Анализ исследований и публикаций. Подавляющее большинство исследований процесса разрушения шарошечным инструментом проводилось для крепких пород [3, 5, 6]. Для разрушения крепких пород шарошкой характерно резание с малыми глубинами (до 5 мм), шарошка работает с малым углом разворота (до 3°), при этом массив разрушается созданием напряжений сжатия – «раздавливанием». Для эффективного разрушения шарошкой угольного пласта необходимо осуществить резание со значительно большими глубинами (до 30 мм) и с созданием в пласте напряжений сдвига – обеспечить скалывание элементов угля. При этом геометрические параметры шарошки и параметры режима разрушения будут существенно отличаться от параметров, рекомендуемых в литературе. Методик расчета параметров для данного случая не существует.

Постановка задачи. Для решения задач определения геометрических и режимных параметров, а также сравнительного анализа износа шарошечного и резцового инструмента необходимо определить зависимость пути контакта и скорости резания отдельной точки режущей кромки дисковой шарошки от ее геометрических параметров и параметров режима резания.

Изложение материала и результаты.

Во время работы диск шарошки катится по забою и своей передней режущей частью по дуге OA внедряется в уголь на некоторую глубину h (рис. 1). При этом образуется уплотненное пылевидное ядро [3], которое, погружаясь на заданную глубину и одновременно увеличиваясь в размерах, воздействует на массив, что приводит к сколу частиц по сторонам диска. При перекатывании диска каждая точка вершины лезвия описывает относительно забоя плоские циклоиды, а точки, расположенные выше вершины – укороченные плоские циклоиды, уравнения которых в параметрической форме, как показано в [4], имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} x &= R(\alpha - \sin \alpha) \\ y &= R(1 - \cos \alpha) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где R - радиус дисковой шарошки; α - угол поворота дисковой шарошки.

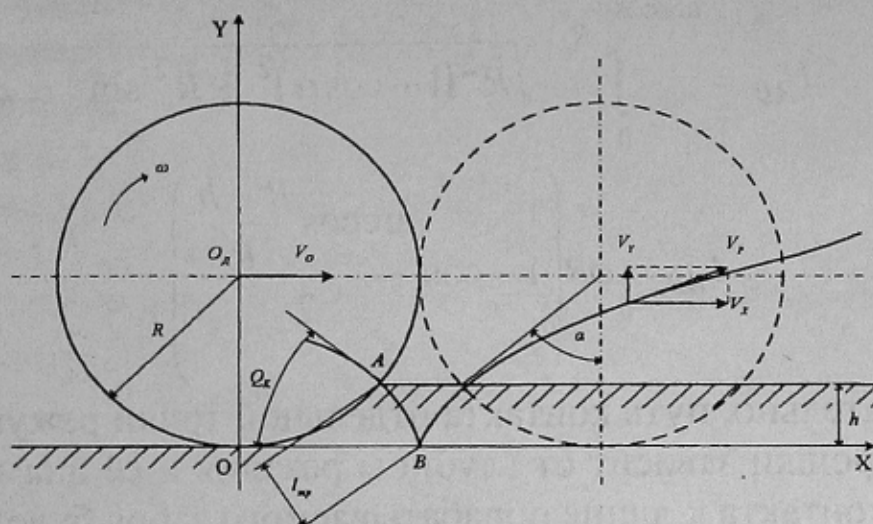


Рисунок 1 - Схема к определению пути скольжения диска шарошки относительно угла.

Вследствие того, что траектория движения каждой точки режущей кромки дисковой шарошки не совпадает с траекторией движения ее оси, путь трения точки режущей кромки определится отрезком AB , т.е. отрезком траектории движения точки, на котором элемент режущей кромки находится в контакте с углом в процессе отделения элемента среза. Длина отрезка AB траектории пути каждой вершины лезвия в контакте с углом за один оборот диска может быть определен по уравнению:

$$l_{AB} = \int_B^A dl$$

или

$$l_{AB} = \bar{L}_{AB} = \int_{\alpha_0}^{\alpha_1} \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} d\alpha \quad (2)$$

где dl – дифференциал дуги кривой, $\alpha_0 = 0$; α_1 – угол, определяемый глубиной резания.

Этот угол α , может быть вычислен следующим образом:

$$y = h = R(1 - \cos \alpha_1),$$

откуда

$$\alpha_1 = \arccos \frac{R - h}{R}.$$

Подставив производные x и y и новый предел интегрирования в формулу определения пути в контакте с углом (2), получим:

$$l_{AB} = \int_0^{\arccos \frac{R-h}{R}} \sqrt{R^2(1-\cos \alpha)^2 + R^2 \sin^2 \alpha} d\alpha,$$

$$l_{AB} = \varphi R \left(1 - \cos \frac{\arccos \frac{R-h}{R}}{2} \right) \quad (3)$$

Следовательно, путь контакта отдельной точки режущей кромки дисковой шарошки зависит от глубины резания и её диаметра. Отношение пути контакта к длине обрабатываемого забоя будет равно:

$$l_y = \frac{2}{\pi} \left(1 - \cos \frac{\arccos \frac{R-h}{R}}{2} \right) \quad (4)$$

Угол входа в контакт с углем при движении по прямой (точка А):

$$\theta_k = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2} \arccos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \quad (5)$$

Очевидно, что в точке В этот угол равен 90° .

Таким образом, при отделении угля от массива дисковой шарошкой, анализируя формулы (3) и (4), следует, что путь контакта и отношения пути контакта к длине забоя являются величинами переменными и зависят от глубины резания и диаметра дисковой шарошки. Анализируя формулу (4) можно сказать, что путь контакта любой точки лезвия дисковой шарошки в десятки раз меньше, чем путь контакта резцов (где он равен длине забоя), и уменьшается с увеличением диаметра диска.

Для определения скорости резания отдельной точкой режущей кромки в уравнениях (1) выразим угол поворота дисковой шарошки α через угловую скорость ω и время t [5].

Тогда, после соответствующих преобразований получим формулу для определения скорости резания любой точки лезвия дисковой шарошки, которая имеет вид:

$$V_p = V_o \sqrt{\frac{2(h-h_o)}{R}}, \quad (6)$$

где V_o – скорость движения оси дисковой шарошки; h_o – текущая глубина внедрения точки режущей кромки дисковой шарошки.

Таким образом, абсолютная скорость резания любой отдельной точки режущей кромки является величиной, зависящей от скорости движения оси дисковой шарошки V_0 ее радиуса и глубины внедрения h . По мере внедрения точки лезвия дисковой шарошки в массив, при перемещении точки A в положение B , абсолютная величина скорости резания уменьшается и при $h_0 = h$ скорость резания $V_0 = 0$. Подсчет показывает, что скорость V_p в несколько раз меньше скорости движения оси дисковой шарошки. Это обстоятельство благоприятно сказывается на тепловом режиме шарошек и выгодно отличает их от резцов.

Выводы и направление дальнейших исследований. Анализируя формулы (3), (4) и (6) можно сделать вывод, что процесс стружкообразования дисковой шарошкой существенно отличается от резца. При этом обеспечивается меньшая скорость резания и значительно меньший износ рабочего инструмента. Это обеспечивает снижение энергоемкости процесса разрушения и значительное уменьшение расхода режущего инструмента.

Список источников.

1. Бойко Н.Г., Бойко Е.Н. Повышение нагрузки на лаву и улучшение сортового состава угля без дополнительных затрат. Монография. – Донецк, РВД ДонНТУ, 2003. – 80 с.
2. Исполнительные органы очистных комбайнов для тонких пологих пластов// Н.Г. Бойко, А.В. Болгян, В.Г. Шевцов, Н.А. Марков. Под ред. Н.Г. Бойко. – Донецк, «Донеччина». 1996. – 223 с.
3. Rostami J, Ozdemir L. A new model for performance prediction of hard rock TBMs. Rapid Excavation and Tunneling Conference (RETC) Proceeding, 1993, Boston, USA.
4. Дергунов Д.М., Нестеров В.И. О некоторых достоинствах дисковых шарошек перед радиальными резцами.// Механизация горных работ: сб. научн. тр./ Кузбас. политехн. ин-т, Кемерово, 1974. – Вып. 63. – с. 56 – 59.
5. Крапивин М.Г., Раков И.Я., Сысоев Н.И. Горные инструменты. – М.: Недра, 1990. – 256 с.
6. Барон Л.И., Глатман Л.Б., Загорский С.Л. Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Разрушение шарошками. – М.:Наука, 1969. – 152 с.