

УДК 622.232.72

**Н. Г. Бойко**, докт. техн. наук, проф., **О. В. Федоров**, канд. техн. наук, доц., **В. А. Мельников**, ассистент  
Донецкий национальный технический университет

## **ИЗНОС РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬЮ**

*Рассмотрен вопрос особенности процесса изнашивания режущего инструмента с вращающейся режущей частью применительно к исполнительным органам очистных комбайнов.*

**очистной комбайн, исполнительный орган, резец, износ, ресурс, интенсивность износа**

### *Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.*

Ресурс режущего инструмента очистных комбайнов составляет в среднем 3-6 рабочих смен. Расход резцов на 1000 тонн добытого угля составляет от 3,5 до 34,4, по шахтам Украины - от 5,9 до 26,2 [1]. Нетрудно видеть, что при суточной нагрузке лавы 3000-3500 тонн, суточный расход резцов может быть от 12 до 120 в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий. При присечках боковых пород, что связано с «вписываемостью» механизированной крепи в пласт или при нарушениях пласта, расход режущего инструмента значительно возрастает, а суточная нагрузка лавы уменьшается.

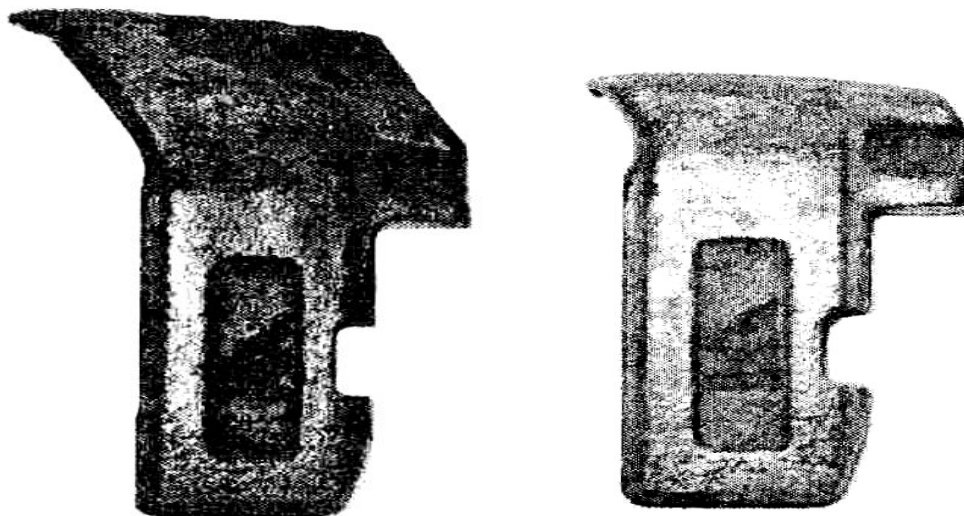
С повышением энерговооруженности машин и применением их для разрушения более крепких углей и пород не только возрастает удельный расход режущего инструмента, но и изменяется структура отказов. При этом увеличивается доля поломочных отказов, достигая 50 – 70 % от общего количества, что в 5 – 10 раз превышает норму [2]. Для многих резцов поломки происходят в остром состоянии, из-за чего не достигается наработка, обусловленная износостойкостью инструмента.

Таким образом, можно сделать следующее заключение: серийно изготавливаемый режущий инструмент для горных машин имеет малый ресурс и нуждается в серьезном его совершенствовании.

Решением этого вопроса может стать оснащение исполнительных органов очистных комбайнов режущим инструментом с вращающейся режущей частью [3, 4], который, кроме лучших показателей энергоемкости процесса разрушения угля, обладает повышенным ресурсом.

**Постановка задачі.** Для разработки и внедрения в промышленность режущего инструмента с вращающейся режущей частью необходимо установить параметры, влияющие на его износ.

**Изложение материала и результаты.** В нагрузке, формирующейся на резцах, значительная доля приходится на силы трения. Уголь, как известно, обладает свойством абразивности, поэтому режущий инструмент подвержен значительному износу. Износ резцов радиального типа, как видно из рис. 1, происходит по их задним граням [2, 5, 6].



*Рис. 1 - Характерный вид износа резцов радиального типа (резцы типа ЗР4-80)*

Интенсивность износа резцов обусловлена, с одной стороны, абразивностью разрушаемого угля, с другой, - силой, формирующейся на его задней грани и параметрами армирующей твердой вставки, точнее, давлением на задней грани резца [1, 7].

Серийно изготавливаемые резцы радиального типа (резцы типа ЗР4-80) армированы твердой вставкой, изготовленной из вольфрамкобальтового карбида марок ВК-6, ВК-8 и др. Масса вставки около 30 грамм, размеры - 25 мм высота, 15 мм ширина и 7 мм толщина.

Серийно изготавливаемые резцы тангенциального типа имеют твердую вставку цилиндрической формы с конической вершиной. Масса вставки около 30 грамм, диаметр вставки 18 мм, высота 20 мм.

Вопросу изнашивания и износу режущего инструмента горных машин (очистных, проходческих комбайнов и буровых установок) посвящено много исследований, среди которых, в первую очередь,

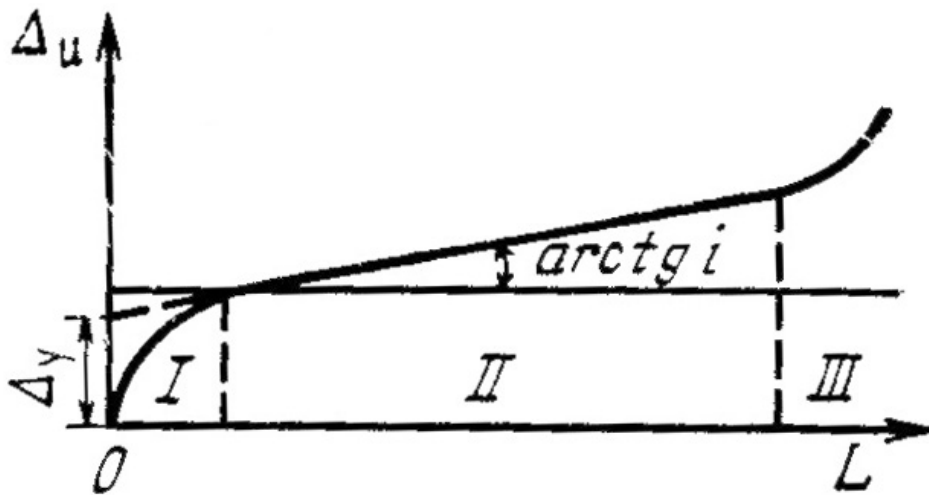


Рис. 2 - Зависимость износа резцов от пути резания

следует отметить работы М.Г. Крапивина и его школы и работы ИГД им. А.А. Скочинского [6].

Согласно этим работам зависимость площадки износа резцов  $\Delta_u$  от пути резания  $L$  имеет три зоны (рис. 2) [5].

*I* — зона интенсивного изнашивания. В этот период лезвия интенсивно микровыкрашиваются и скругляются. Интенсивность истирания также высокая, что обусловлено формой площадки износа.

*II* — зона установившегося изнашивания. При отсутствии колебаний резца интенсивность изнашивания постоянная, а зависимость износа от пути — линейная. Поверхность износа увеличивается, но ее геометрия остается в среднем практически неизменной. Изнашивание происходит главным образом в результате истирания.

*III* — зона усталостного или температурного изнашивания. Интенсивность изнашивания резко возрастает. При длительном резании мягких малоабразивных пород на поверхности износа образуется сетка трещин. При резании абразивных пород появляется искрообразование.

Протяженность зоны *I* в сравнении с зоной *II* для горных пород составляет не более 10%. Зону *III* не следует допускать, выбирая соответствующие режимы резания и своевременно заменяя резцы. Учитывая небольшую протяженность зоны *I*, зависимость износа от пути резания можно представить в виде

$$D_p = D_y + i_p L,$$

где  $D_y$  — условный начальный износ по задней грани режущего инструмента;

$i_p$  — интенсивность изнашивания режущего инструмента;

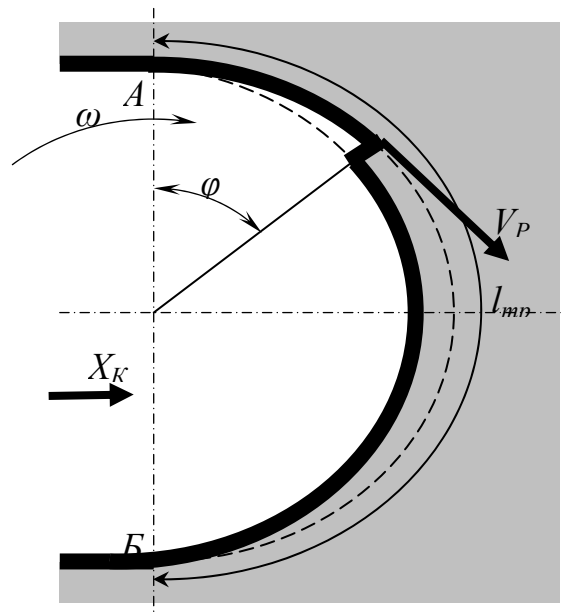


Рис. 3 - Путь трения каждой отдельной точки режущей кромки серийного режущего инструмента

$L = l_{mp}$  — путь резания, который для серийно изготавливаемого режущего инструмента равен пути трения каждой отдельной точки режущей кромки режущего инструмента.

В свою очередь путь трения каждой отдельной точки режущей кромки инструмента, согласно рис. 3, можно определить по следующей зависимости

$$l_{mp} = L_{AB} = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot D_u,$$

где  $D_u$  — диаметр исполнительного органа очистного комбайна по вершинам резцов.

Интенсивность изнашивания режущего инструмента горных машин по задней грани, которая представляет собой удельный износ на единичном пути трения, описывается выражением вида [1, 5]

$$i_p = k_u a q^b,$$

где  $k_u$  — коэффициент износа;

$a$  — абразивность угля или породы;

$q$  — давление на заднюю грань резца со стороны разрушаемого массива, зависящее от механических свойств угля или породы, конструкции и режима работы инструмента;

$b$  — величина, характеризующая изнашиваемость материала.

Как видим, на износ серийно изготавливаемого режущего инструмента влияет много факторов. К основным факторам следует отнести: абразивность угля и породы, абразивную стойкость материала, сопротивляемость угля резанию, строение пласта, отжим угля и режим работы комбайна и ряд других факторов.

Разработанный в ДонНТУ режущий инструмент нового технического уровня – режущий инструмент с вращающейся режущей частью – состоит из свободно вращающегося на оси диска с непрерывным клиновидным ободом, который армируется цилиндрическими твердосплавными вставками, рис. 4 а. Твердосплавные вставки впаиваются в отверстия, образованные в диске, что существенно повышает надежность их крепления.

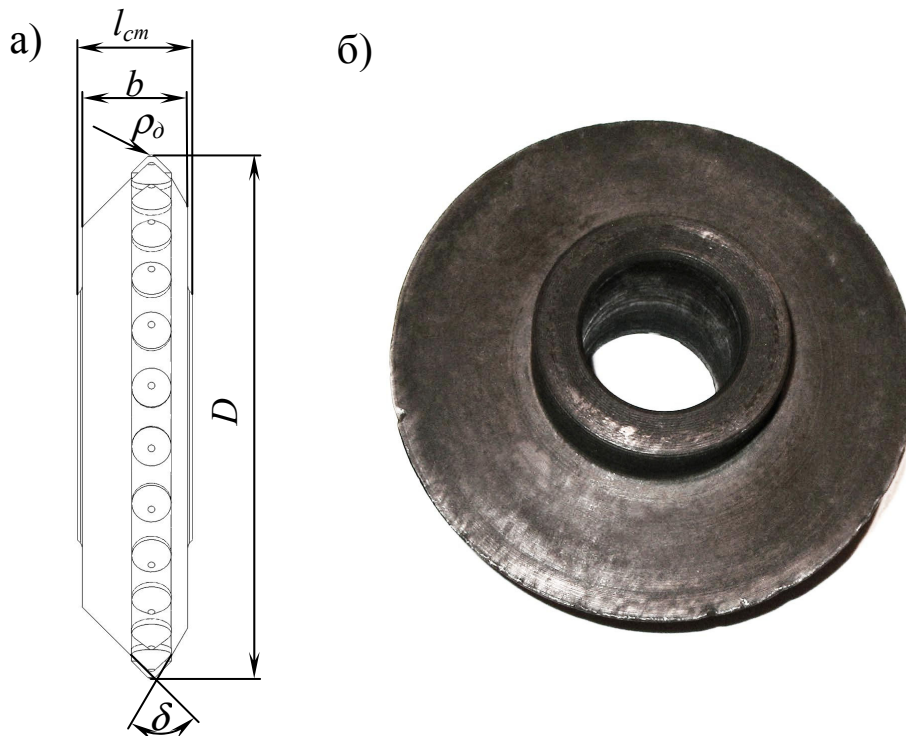


Рис. 4 - Конструкция (а) и характерный вид износа (б) режущего инструмента с вращающейся режущей частью

Так как конструкция и принцип работы режущего инструмента с вращающейся режущей частью схожи с широко применяемыми шарошками, то рассмотрим особенности процесса их изнашивания.

Рабочая часть лобовой шарошки изнашивается за счет уменьшения ее диаметра. Изучение профилей износа симметричных дисков в лабораторных условиях показало, что при их изнашивании радиус скругления лезвия и угол заострения почти не изменяются [2, 5, 6]. В производственных условиях на плоском буровом исполнительном органе щетки изнашиваются несимметрично. Наличие в ряде случаев

поперечных колебаний исполнительного органа приводило к увеличению радиального скольжения и соответственно радиуса скругления лезвия.

При использовании асимметричных лобовых шарошек на конусном исполнительном органе радиальное скольжение невелико, геометрия диска в процессе изнашивания почти не изменяется. Следовательно, лобовые шарошки могут быть практически самозатачивающимся инструментом.

В соответствии с характером изнашивания дисковых и лобовых шарошек в качестве критерия износа режущего инструмента с вращающейся режущей частью целесообразно принять радиальный износ диска. Зависимость радиального износа диска от пути качения имеет такой же вид, как и у резцов:

$$Dr = Dr_y + i_{ин}L,$$

где  $Dr_y$  – условный начальный радиальный износ;

$i_{ин}$  – интенсивность изнашивания диска;

$L$  – путь качения диска шарошки.

Интенсивность изнашивания диска режущего инструмента с вращающейся режущей частью зависит от тех же факторов, что и интенсивность изнашивания резцов, т.е. от пути скольжения, удельной нагрузки, абразивности горной породы и изнашиваемости инструментального материала, и может быть определена по зависимости

$$i_{ин} = \omega_{ин} C_{y\partial} a P_{\kappa} L_{m.c}.$$

Путь скольжения диска, приходящийся на единицу пути качения шарошки,

$$L_{m.c} = \frac{k_m L_{AB}}{p D},$$

где  $D$  – диаметр режущего инструмента с вращающейся режущей частью;

$L_{AB}$  – путь данной точки вершины лезвия в контакте с разрушаемым пластом за один оборот диска;

$k_m$  – коэффициент, равный отношению пути скольжения данной точки за один оборот к величине  $L_{AB}$ .

Вследствие того, что траектория движения каждой точки лезвия инструмента с вращающейся режущей частью не совпадает с траекторией движения его оси, путь трения точки режущей кромки опре-

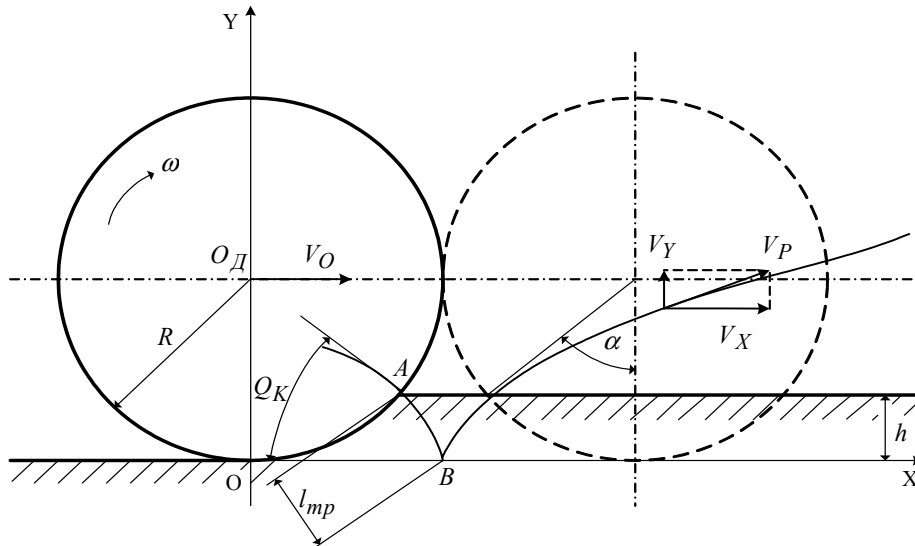


Рис. 5 - Схема к определению пути скольжения диска режущего инструмента с вращающейся режущей частью относительно угля

делится отрезком циклоиды  $AB$ , рис 5, т.е. отрезком траектории движения точки, на котором элемент режущей кромки находится в контакте с углем в процессе отделения элемента среза. Длина дуги  $AB$ , рис. 3, может быть определена по зависимости [4]

$$L_{AB} = \frac{R}{2R_u} \sqrt{R_u^2 + R^2} \left( \arccos \frac{R-h}{R} \right)^2,$$

где  $R$  - радиус режущего инструмента с вращающейся режущей частью;  $h$  - толщина среза инструмента.

Таким образом, можно сказать, что путь контакта любой точки лезвия режущего инструмента с вращающейся режущей частью в десятки раз меньше, чем путь контакта резцов с массивом (где он равен длине забоя), и уменьшается с увеличением диаметра диска. Так, например, при диаметре исполнительного органа  $D_u = 800$  мм и радиусе режущего инструмента с вращающейся режущей частью  $R = 80$  мм путь контакта любой точки лезвия составляет 0,033 м, а для серийно изготавливаемых резцов он равен 1,256 м. На основании этого можно утверждать, что и износ режущего инструмента с вращающейся режущей частью на порядок меньше, в сравнении с износом серийных резцов.

Это подтверждается сравнительными промышленными испытаниями режущего инструмента с вращающейся режущей частью (типа ШРБ – 160) и серийного режущего инструмента (типа РКС-2), прове-

денные в ДонНТУ. За время испытаний режущий инструмент типа ШРБ - 160 отработал 193 рабочие смены и на момент окончания испытаний находился в рабочем состоянии.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Таким образом, установлено, что рабочая часть режущего инструмента с вращающейся режущей частью изнашивается за счет уменьшения его диаметра. Интенсивность изнашивания диска режущего инструмента с вращающейся режущей частью зависит от тех же факторов, что и интенсивность изнашивания резцов, т.е. от абразивности горной породы и изнашиваемости инструментального материала, удельной нагрузки на инструмент и пути скольжения диска в контакте с породой, который на порядок меньше, чем путь контакта резцов.

Список источников.

1. Бойко Н.Г. Разрушение угольных пластов режущим инструментом очистных комбайнов. Монография. – Донецк, РВД ДонНТУ, 2007. – 128 с.
2. Сысоев Н.И. Методы повышения прочности и долговечности режущих инструментов очистных и проходческих машин. Автореферат дисс. ... канд. техн. Наук. - Новочеркасск, 1992. - 40 с.
3. 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.
4. Бойко Н.Г., Федоров О.В., Мельников В.А. Особенности стружкообразования дисковых шарошек / Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Гірничо-електромеханічна". – Донецьк: ДонНТУ, 2005. № 101. – с. 7-11.
5. Крапивин М.Г. Горные инструменты. — М.: Недра, 1979. — 263 с.
6. Барон Л.И., Глатман Л.Б. Износ режущего инструмента при резании горных пород. – М.: Недра, 1969. – 168 с.
7. Бойко Н.Г. Повышение ресурса и эффективности работы режущего инструмента горных машин. Монография. – Донецк, РВД ДонНТУ, 2007. – 106 с.

*Стаття надійшла до редколегії 09.09.2009*

*Рецензент: докт. техн. наук, проф. А. К. Семенченко*

**М.Г.Бойко, О.В.Федоров, В.О.Мельников. Зношення різального інструменту з обертовою ріжучою частиною. Розглянуто питання особливості процесу зношення різального інструменту з обертовою ріжучою частиною стосовно до виконавчих органів очисних комбайнів.**

**очисний комбайн, виконавчий орган, резець, зношення, ресурс, інтенсивність зношення**

**N.Boiko, O.Fedorov, V.Melnikov. Deterioration of the Cutting Tool with the Rotary Cutting Part. The problem of cutting tool deterioration has been studied with respect to the operating elements of cutter-loaders.**

**cutter-loader, effector, cutting tool, deterioration, resource, wear rate**

© Н. Г. Бойко, О. В. Федоров, В. А. Мельников, 2009