

УДК 622.232.71

О.В. Федоров (канд. техн. наук, доц.),
Е.Н. Бойко (канд. техн. наук, доц.), **В.А. Мельников** (канд. техн. наук)
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ИНСТРУМЕНТА С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬЮ И ПАРАМЕТРОВ РЕЗАНИЯ НА ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ КРЕПКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

В работе дан анализ результатов экспериментального исследования разрушения крепких горных пород инструментом с вращающейся режущей частью.

Ключевые слова: инструмент режущий вращающийся, порода, разрушение.

Актуальность вопроса. В настоящее время для многих шахт Донбасса характерна разработка пластов сложной структуры, содержащих породные прослойки значительной мощности, имеющих протяженные породные замещения, а также пластов малой мощности, требующих выемки с присечкой вмещающих пород. Режущий инструмент, которым оснащаются исполнительные органы современных очистных комбайнов, не предназначен для разрушения пород крепостью более 5 по шкале проф. Протодьяконова, и в подобных условиях имеет весьма малый ресурс. Поэтому задача создания режущего инструмента, позволяющего производить выемку как угля, так и крепкой породы, является актуальной.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Решением проблемы выемки пластов сложной структуры может стать применение инструмента с вращающейся режущей частью [1]. Особенностью такого инструмента является качество режущей части по забою, что обуславливает многократно меньший износ и, соответственно, больший ресурс работы.

Поскольку такой инструмент является принципиально новым, для его создания, а также для определения рациональных значений параметров его работы, схем расположения на исполнительных органах очистных комбайнов, необходимо установить связь между параметрами геометрии и режима работы инструмента, с одной стороны, и силовыми и энергетическими параметрами процесса разрушения, с другой.

Анализ исследований и публикаций. Данная работа является продолжением исследований [1 - 4], выполненных под руководством д.т.н., проф. Н.Г. Бойко. В работе [1] изучен рабочий процесс разрушения инструментом с вращающейся режущей частью угольного пласта и предложена методика определения рациональных значений параметров инструмента и режима разрушения в этих условиях. В работе [2] описана методика проведения экспериментальных исследований разрушения инструментом с вращающейся режущей частью крепкой породы (песчаника) и приведены некоторые результаты этих исследований.

Постановка задачи. Поскольку инструмент с вращающейся режущей частью предназначен для работы в условиях пластов, имеющих замещения крепкими породами, следует установить закономерности работы инструмента при разрушении крепких пород.

Аналитическое описание процесса разрушения породы инструментами горных машин, ввиду его сложности и многофакторности, представляется практически невозможным. Общепринятым является экспериментально-аналитический метод исследования резания углей и пород. Задача работы – основываясь на экспериментальных исследованиях [2], выявить влияние геометрии инструмента с вращающейся режущей частью и режимных параметров его работы на характер и параметры процесса разрушения породы, а также дать математическое описание этого влияния. Последнее послужит основой для разработки методик расчета геометрии инструмента с вращающейся режущей частью, режимов его работы, силовых и энергетических характеристик процесса разрушения.

Изложение материала и результаты. Одной из основных задач, решавшихся в ходе экспериментальных исследований разрушения породы инструментом с вращающейся режущей частью, была задача определения рационального шага установки этого инструмента на исполнительном органе машины, т.е. рациональной ширины срезаемой инструментом стружки. Сделать это можно, решая задачу минимизации удельных энергозатрат разрушения породы при условии обеспечения гарантированного разрушения инструментом межщелевого целика (части забоя между линиями резания, разрушение которой обусловлено не геометрией инструмента, а хрупкостью разрушаемого материала).

Очевидно, и это подтверждается экспериментом [2], что с увеличением глубины внедрения инструмента в породу, т. е. толщины стружки h , скалывание межщелевого целика происходит более эф-

фективно, инструмент может работать с большей шириной стружки t . Так, при $h = 5$ мм и $t \geq 15$ мм разрушение межщелевого целика практически не происходит, а при $h = 15$ мм инструмент удовлетворительно разрушает стружку шириной 25...30 мм.

При проведении эксперимента фиксировались суммарная длина $L_{\text{ост}}$ и средняя ширина $t_{\text{ост}}$ неразрушенного остатка межщелевого целика (если таковой имелся). В качестве характеристики степени разрушения межщелевого целика принят безразмерный объемный остаток целика

$$\frac{V_{\text{ост}}}{V} = \frac{t_{\text{ост}} L_{\text{ост}}}{t L} \quad (1)$$

где $t_{\text{ост}}$ и $L_{\text{ост}}$ – средняя ширина и суммарная длина остатка межщелевого целика, замеренные в данном опыте; t – шаг резания (ширина стружки); L – длина реза.

Анализ зависимости безразмерного объемного остатка целика от безразмерной ширины среза t/h , рис. 1, позволяет определить максимальную допустимую ширину срезаемой стружки, при которой происходит гарантированное разрушение инструментом межщелевого целика.

Из полученных зависимостей видно, что стабильное скалывание межщелевого целика происходит при соотношении между шириной t и глубиной h резания $t/h \leq 2,5 \dots 3$.

Следовательно, максимальная ширина стружки t_{max} , при которой происходит гарантированное скалывание межщелевого целика, может быть определена по зависимости

$$t_{\text{max}} = (2,5 \dots 3) h. \quad (2)$$

При этом меньшее значение коэффициента в скобках следует брать при больших значениях диаметра инструмента и больших глубинах резания.

Удельные энергозатраты разрушения породного массива (киловатт-часов на 1 м^3 отбитой породы) определим по зависимости

$$W = \frac{Z_{\text{cp}}}{3,6 h t (1 - V_{\text{ост}}/V)}, \quad (3)$$

где Z_{cp} – средняя величина усилия перекачивания инструмента, Н;

Графики зависимости удельных энергозатрат W от безразмерной ширины среза t/h приведены на рис. 1. Как видно из графиков, минимум энергозатрат разрушения породного массива инструментом с

вращающейся режущей частью имеет место при $t/h \approx 3 \dots 4$, что несколько превышает максимально возможную ширину среза из условия разрушения межщелевого целика.

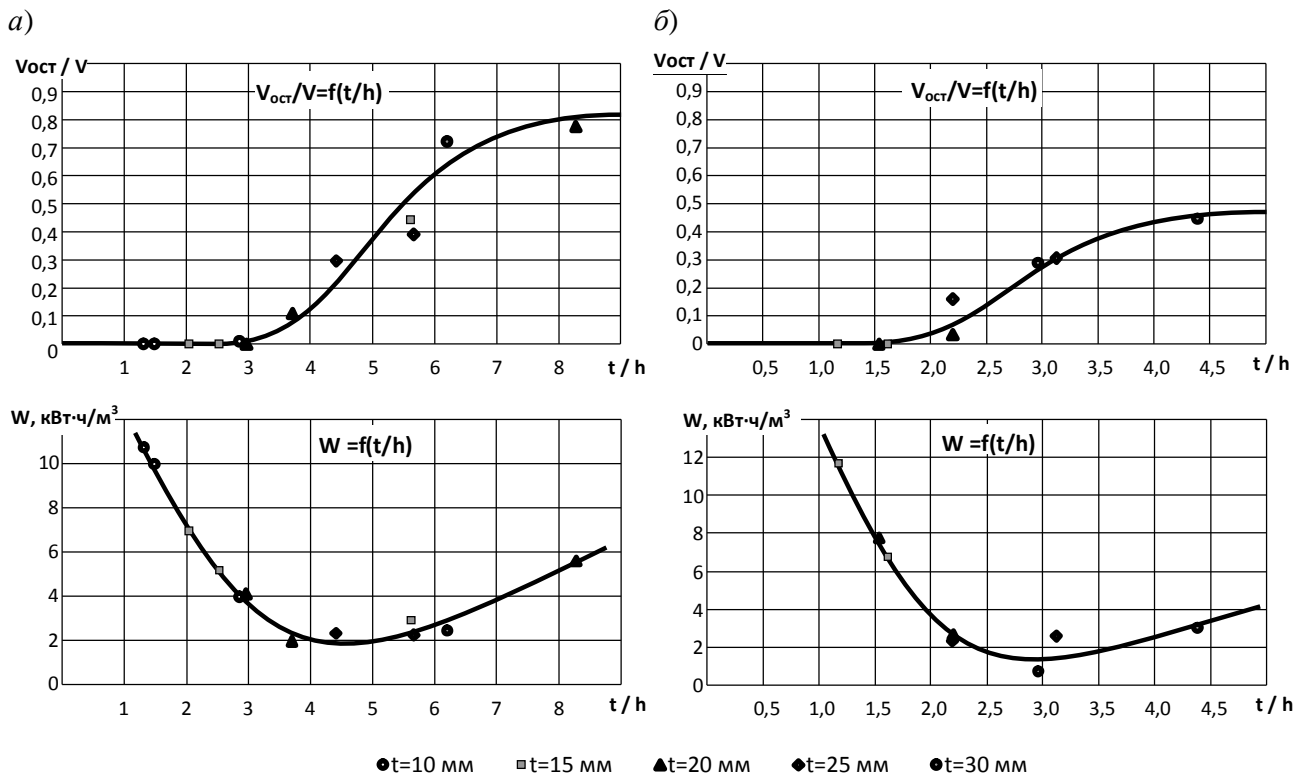


Рис. 1. Зависимость безразмерного объемного остатка целика $V_{ост}/V$ и удельных энергозатрат W разрушения массива от безразмерной ширины среза t/h для инструмента с $D = 130$ мм и $\delta = 70^\circ$ (а) и инструмента с $D = 180$ мм и $\delta = 75^\circ$ (б)

Таким образом, при определении рационального значения шага установки инструмента с вращающейся режущей частью на исполнительном органе машины, следует ориентироваться на зависимость (2).

Для анализа влияния на процесс разрушения породы геометрии инструмента с вращающейся режущей частью при проведении эксперимента исследовалось разрушение породного блока инструментом, имеющим следующие геометрические параметры:

- диаметр D : 130 мм и 180 мм;
- угол заострения δ : 70° , 75° и 80° .

Выявлено влияние диаметра инструмента на следующие параметры процесса резания, см. рис. 1:

1) На эффективность скалывания межщелевого целика. Инструмент диаметром 130 мм разрушает межщелевой целик при величине соотношения ширины и толщины стружки t/h до 3, тогда как инст-

румент диаметром 180 мм – до 2 ... 2,5. Это может быть связано с увеличением площади контакта и, как следствие, доли напряжений сжатия в формируемом инструментом объемном напряженном состоянии разрушаемого материала.

2) На величину удельных энергозатрат разрушения породы инструментом. Для инструмента диаметром 130 мм минимум удельных энергозатрат разрушения приходится на значение $t/h \approx 4,5$, а для инструмента диаметром 180 мм – на значение $t/h \approx 2,8$, при этом минимальные удельные энергозатраты для инструмента диаметром 180 мм на 15...20% ниже, чем для инструмента диаметром 130 мм. Это объясняется, по-видимому, снижением усилия перекачивания при увеличении диаметра инструмента.

Существенного влияния угла заострения δ инструмента на выявленные ранее зависимости параметров процесса разрушения не выявлено, рис. 2.

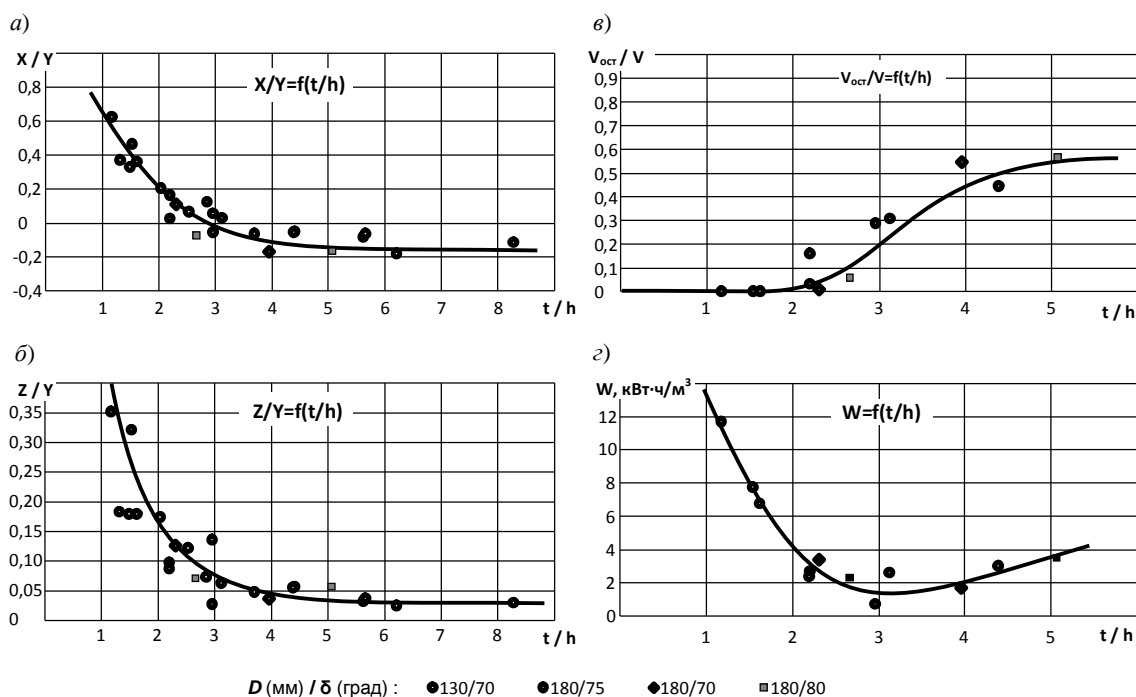


Рис. 2. Зависимости отношения составляющих сил резания X/Y (а) и Z/Y (б), безразмерного объемного остатка целика $V_{ост}/V$ (в) и удельных энергозатрат W разрушения породы (з) от безразмерной ширины среза t/h для инструментов с различными значениями диаметра и угла заострения

Тем не менее, по результатам эксперимента можно сделать вывод о том, что инструмент с меньшим углом заострения более эффективен. При проведении опытов при одинаковых значениях ширины и толщины стружки средняя величина остатка целика для инструмента

с $\delta = 70^\circ$ была меньше, чем для инструмента с $\delta = 80^\circ$, табл. 1. При этом разница в величине остатка целика более существенна при меньших значениях ширины стружки, что позволяет сделать вывод о том, что для инструмента с меньшим углом заострения граничное значение соотношения ширины и толщины стружки будет больше, см. зависимость (2). При ширине стружки $t = 30$ мм, что больше граничного значения для скалывания, влияние угла заострения на скалывание межщелевого целика незначительно.

Табл. 1. Влияние угла заострения инструмента с вращающейся режущей частью на эффективность скалывания межщелевого целика

h, мм	t, мм	$V_{\text{ост}}/V$		
		$\delta = 70^\circ$	$\delta = 75^\circ$	$\delta = 80^\circ$
10	20	0,0104	0,0322	0,0587
10	30	0,5468	0,4452	0,5670

Выводы и направление дальнейших исследований. В результате обработки экспериментальных данных установлен характер влияния геометрических параметров (диаметра и угла заострения) инструмента с вращающейся режущей частью, а также ширины и толщины срезаемой стружки на величину усилий и удельных энергозатрат разрушения твердой породы. В дальнейшем планируется разработка математической модели формирования усилий резания породы таким инструментом, и на основе этой модели – методики определения рациональных значений параметров инструмента и режима его работы, обеспечивающих разрушение как угля, так и крепких пород.

Список литературы

1. Мельников В.А. Обоснование параметров вращающегося режущего инструмента для шнековых исполнительных органов очистных комбайнов: дисс. ... канд. техн. наук: 24.01.13 / Мельников Вячеслав Александрович. – Донецк, 2012. – 150 с.
2. Федоров О.В. Влияние параметров резания крепких горных пород инструментом с вращающейся режущей частью на величину усилий разрушения / О.В. Федоров, В.А. Мельников // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-електромеханічна». – 2012. – Випуск 2(24) 2012. – С.241-253.
3. Разрушение крепких горных пород режущим инструментом с вращающейся режущей частью / Н.Г. Бойко, О.В. Федоров, Е.Н. Бойко и др. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-електромеханічна». – 2012. – Випуск 23(196). – С.18-26.
4. Промышленные испытания режущего инструмента с вращающейся режущей частью / Н.Г. Бойко, Е.Н. Бойко, О.В. Федоров, В.А. Мельников // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-електромеханічна». – 2010. – Випуск 20(176). – С.3-11.

Стаття надійшла до редакції 07.10.2013

О.В. Федоров, Є.М. Бойко, В.О. Мельников. ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Вплив геометрії інструменту з різальною частиною, що обертається, і параметрів різання на характер руйнування міцних гірських порід

Робота присвячена вирішенню актуальної задачі створення різального інструменту, який дозволяє робити виїмку як вугілля, так і міцної породи. У роботі надано аналіз результатів експериментального дослідження руйнування міцних гірських порід інструментом з різальною частиною, що обертається.

У результаті обробки експериментальних даних встановлено характер впливу геометричних параметрів (діаметра і кута загострення) інструменту з різальною частиною, що обертається, а також ширини і товщини стружки, що зрізується, на величину зусиль і питомих енерговитрат руйнування твердої породи. Встановлено, що мінімум питомих енерговитрат при руйнуванні породи зазначеним інструментом спостерігається при співвідношенні ширини і товщини стружки, яке дорівнює 3...4, а гарантоване руйнування міжщільного цілика відбувається при співвідношенні, яке дорівнює 2,5...3. Діаметр інструменту з різальною частиною, що обертається, робить істотний вплив на ефективність сколювання цілика і питомі енерговитрати руйнування – з його збільшенням питомі енерговитрати знижуються, а ефективність сколювання погіршується. Зменшення кута загострення інструменту не робить помітного впливу на питомі енерговитрати руйнування, але покращує ефективність сколювання цілика.

Ключові слова: інструмент ріжучий, порода, руйнування.

O. Fedorov, E. Boyko, V. Melnikov. Donetsk National Technical University

Influence of Geometry of a Tool with Rotating Cutting Part and Cutting Parameters upon Hard Rocks Destruction Process

The article deals with the important problem of developing a cutting tool which would provide the cutting of both coal and hard rock. We analyze the results of experimental research of hard rocks destruction by means of a tool with rotating cutting part.

Based on experimental data we considered the influence of such geometrical parameters as diameter and cutting-point angle of a tool, width and thickness of the slice upon the value of efforts and specific power consumption in the process of hard rock destruction. We found out that minimal value of specific power consumption during rock destruction using the abovementioned tool can be observed when the relation between the slice width and thickness is 3 and 4, while the guaranteed destruction of a pillar between cutting direction lines corresponds to 2,5 to 3. The diameter of a tool has a great influence on the effectiveness of pillar chipping and specific power consumption as due to its growth the specific power consumption gets lower, and the effectiveness of pillar chipping is deteriorated. At the same time the reduction of the tool's cutting-point angle has a slight influence on specific power consumption of destruction process, however it improves the effectiveness of pillar chipping.

Keywords: cutting tool, rock, destruction.