

УДК 622.232.83.054.52

## О ВЛИЯНИИ ПРОФИЛЯ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ДИСКОВОЙ ШАРОШКИ НА УСИЛИЯ ВНЕДРЕНИЯ И ПЕРЕКАТЫВАНИЯ

Хорешок А.А., Борисов А.Ю.

Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово, Россия

Известно, что дисковые шарошки, как со сплошной режущей кромкой, так и с прерывистой могут эффективно разрушать твердые включения.

При этом лабораторные и шахтные исследования [1, 2, 3] свидетельст-



Рис. 1. Комплект шарошек для проведения лабораторных исследований

вую. о влиянии профиля режущей кромки (см. рис.1) на усилия внедрения  $P_y$ , перекатывания  $P_z$  и боковые  $P_x$  и о целесообразности применения в качестве разрушающего инструмента на исполнительных органах дисковых шарошек с прерывистой режущей кромкой и малыми значениями шага зубьев  $t_3$ . Причем минимальное значение шага зубьев  $t_3$  должно выбираться из соображений обеспечения достаточной

прочности зуба. При этом шаг нарезки зубьев не должен превышать  $t_3 = 0.04$  м ( $t_3 = 0.01-0.04$  м), а высота зуба должна быть не менее  $t_3 = 0.01$  м ( $t_3 = 0.01-0.03$  м). Выше названные факторы способствовали правильному выбору дисковых шарошек для очистных комбайнов. Подобных исследований для проходческих комбайнов избирательного действия практически нет. Исключением является работа [4], где большое внимание уделено дисковым шарошкам со сплошной режущей кромкой для проходческих комбайнов избирательного действия, а дисковым шарошкам с прерывистой режущей кромкой – незначительная часть.

Поэтому задачами настоящих исследований явились:

1. Определение рациональных параметров разрушения твердых включений.

2. Установление рациональных геометрических размеров и профиля режущей кромки дисковой шарошки.

3. Определение нагрузок, действующих на дисковую шарошку при разрушении горных пород.

4. Отыскание зависимостей, пригодных для прогнозирования нагрузок при различных параметрах разрушения.

Возникающие на дисковых шарошках нагрузки, как со сплошной режущей кромкой, так и с прерывистой зависят от параметров разрушения и геометрических размеров шарошки. Они могут быть определены при использовании предложенных в работе [1] линейных многофакторных моделей нагрузок. Эти модели были получены благодаря программе лабораторных исследований. Исследования проводились на углемементных блоках, в которых были “залиты” твердые включения – колчеданы со следующими свойствами:

а) коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протоdjаконова  $f = 8$ ;

б) временное сопротивление образцов колчедана сжатию –  $\sigma_{сжк} = 88.01$  МПа;

в) временное сопротивление образцов колчедана изгибу –  $\sigma_{вzg} = 4.15$  МПа;

г) контактная прочность –  $P_k = 1.24$  МПа.

Подобные колчеданы относятся к наиболее крепким твердым включениям, встречающимся в угольных пластах Кузбасса.

На основании теоретических исследований [1], выполненных для шнекового исполнительного органа с использованием дисковых шарошек диаметрами  $D = 0.2; 0.24; 0.28; 0.32$  м, были проведены расчеты для дисковых шарошек, используемых на исполнительном органе проходческого комбайна избирательного действия. При этом использовались дисковые шарошки диаметрами  $D = 0.14; 0.15; 0.16; 0.17; 0.18$  м с различной высотой  $h_3$  и шагом зубьев  $t_3$ . Шаг зубьев  $t_3$  составлял  $0.01; 0.012; 0.016; 0.02; 0.024; 0.03; 0.036; 0.04$  м, а высота зубьев  $h_3 = 0.005; 0.01; 0.012; 0.015; 0.02; 0.025; 0.03$  м. Параметры разрушения были следующими: глубина внедрения  $h_p = 0.004; 0.006; 0.008; 0.01; 0.012; 0.014; 0.016; 0.018; 0.02; 0.022; 0.024; 0.026; 0.028; 0.03$  м, а шаг разрушения  $t_p$  –

0.03; 0.035; 0.04; 0.045; 0.05; 0.055; 0.06 м. Всего исследовалось 280 вариантов дисковых шарошек с прерывистой режущей кромкой (по 56 на каждый диаметр инструмента). Полученные данные одного из вариантов расчета усилий  $P_Y$  и  $P_Z$  приведены в табл. 1, 2. Здесь рассматривается дисковая шарошка № 117 ( $D = 0.16$  м,  $t_3 = 0.01$  м,  $h_3 = 0.02$  м). Самые высокие нагрузки получены на дисковых шарошках с прерывистой режущей кромкой при любом диаметре инструмента  $D = 0.14 - 0.18$  м, но с геометрическими параметрами  $t_3 = 0.04$  м и  $h_3 = 0.005$  м. Пробная геометрия и нагрузки наблюдаются у шарошек со сплошной режущей кромкой, что видно из рис. 2.

Сопоставляя самые низкие нагрузки на дисковых шарошках с зубчатым профилем №117, 118, 119 с одинаковыми параметрами ( $t_p = 0.03-0.06$  м,  $h_p = 0.004-0.03$  м,  $D = 0.16$  м,  $t_3 = 0.01$  м), но с разной высотой зубьев  $h_3 = 0.02$  м и соответственно с  $h_3 = 0.025$  м и  $h_3 = 0.03$  м, получаем следующее. Усилие подачи  $P_Y$  снижается соответственно на 0.6–10% и на 1.2–20.2%, а усилие перекатывания  $P_Z$  снижается соответственно на 0.2–4% и на 0.5–8%. При работе по пластам с твердыми включениями нужно использовать высоту зуба до  $h_3 = 0.02$  м вместо  $h_3 = 0.03$  м – с целью увеличения прочности зуба дисковой шарошки, при этом шаг разрушения задавать  $t_p = 0.03 - 0.035$  м. Такой шаг применялся на IV типе исполнительного органа проходческого комбайна, который имел преимущества перед предыдущими при работе по пластам с твердыми включениями  $\sigma_{сж}$  до 112 МПа [4].

Таблица 1.

Определение усилий подачи  $P_Y$ , кН для дисковой шарошки с зубчатым профилем

$t_p / h_p$	0.004	0.006	0.008	0.01	0.012	0.014	0.016	0.018	0.02	0.022	0.024	0.026	0.028	0.03
0.003	57.6	38.2	28.5	22.7	18.9	161	14.1	12.4	11.1	10.1	9.2	8.4	7.8	7.2
0.0035	67.3	44.7	33.4	26.6	22.1	18.9	16.4	14.5	13.1	11.8	10.8	9.9	9.2	8.5
0.004	77	51.1	38.2	30.5	25.3	21.6	18.9	16.7	15	13.6	12.4	11.4	10.6	9.8
0.0045	86.7	57.6	43.1	34.4	28.5	24.4	21.3	18.9	16.9	15.3	14.1	12.9	11.9	11.1
0.005	96.4	64.1	47.9	38.2	31.8	27.2	23.7	21	18.9	17.1	15.6	14.4	13.3	12.4
0.0055	107	70.5	52.8	42.1	35	29.9	26.1	23.2	20.8	18.9	17.2	15.9	14.7	13.7
0.006	115.7	77	57.6	46	38	32.7	28.5	25.3	22.7	20.6	18.9	17.4	16.1	15

Определение усилий перекачивания  $P_Z$ , кН для дисковой шарошки с зубчатым профилем

$t_p / h_p$	0.004	0.006	0.008	0.01	0.012	0.014	0.016	0.018	0.02	0.022	0.024	0.026	0.028	0.03
0.003	48.8	32.3	24.1	19.2	15.9	13.6	11.8	10.4	9.3	8.4	7.7	7.1	6.5	6.1
0.0035	57	37.8	28.2	22.5	18.6	15.9	13.8	12.3	11	9.9	9.1	8.3	7.7	7.1
0.004	65.2	43.3	32.3	25.8	21.4	18.3	15.9	14.1	12.6	11.4	10.4	9.6	8.9	8.2
0.0045	73.4	48.8	36.4	29.1	24.1	20.6	18	15.9	14.3	12.9	11.8	10.8	10	9.3
0.005	81.6	54.2	40.6	32.3	26.9	22.9	20	17.7	15.9	14.4	13.2	12.1	11.2	10.4
0.0055	89.9	59.7	44.7	35.6	29.6	25.3	22.1	19.6	17.5	15.9	14.5	13.4	12.4	11.5
0.006	98.1	65.2	48.8	38.9	32.3	27.6	24.1	21.4	19.2	17.4	15.9	14.6	13.6	12.6

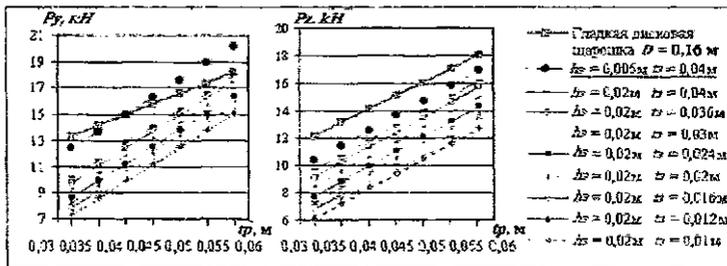


Рис.2. Зависимость усилий  $P_Y$  и  $P_Z$  от шага разрушения  $t_p$  при глубине внедрения зуба  $h_p = 0.03$  м

Для дисковых шарошек с прерывистой (1) и гладкой режущей кромкой (2) многофакторные модели усилий  $P_Y$  и  $P_Z$  имеют вид:

$$P_Y = 0.95D + 790 \frac{t_p}{h_p} + 10t_3 - 15h_3 \quad (1)$$

$$P_Z = -0.43D + 670 \frac{t_p}{h_p} + 12t_3 - 5h_3$$

$$P_Y = 0.808D + 16.5t_p + 24.5h_p \quad (2)$$

$$P_Z = -0.85D + 20.05t_p + 25.71h_p$$

Анализ уравнений (1) показывает, что усилия  $P_Y$  и  $P_Z$  возрастают с увеличением параметров разрушения и шага зубьев и уменьшаются с увеличением высоты зубьев.

При этом, если изменение шага зубьев  $t_3$  оказывает большое влияние на усилие  $P_Z$ , то изменение высоты зубьев  $h_3$  – на усилие  $P_Y$ . Увеличение диаметра

дисковых шарошек с прерывистой режущей кромкой, как и в случае с гладкой режущей кромкой, ведет к увеличению усилия  $P_Y$  и уменьшению усилия  $P_Z$ .

Наибольшие отклонения значений усилий  $P_Y$  и  $P_Z$  на дисковых шарошках с зубчатым профилем от этих же значений усилий  $P_Y$  и  $P_Z$  на шарошках с гладким профилем наблюдаются при малых значениях шага  $t_p$  и глубины разрушения  $h_p$ . С возрастанием шага  $t_p$  и глубины разрушения  $h_p$  величина этих отклонений уменьшается.

### **Выводы.**

Дисковые шарошки с прерывистой режущей кромкой с небольшим шагом нарезки зубьев  $t_3 = 0.01-0.012$  м и высотой  $h_3$  до 0.02 м по сравнению с гладкой дисковой шарошкой являются наиболее работоспособным и с точки зрения разрушения твердых включений, а также улучшения силовых и энергетических показателей.

В связи со сложностью изготовления режущих дисков с прерывистой режущей кромкой необходимо применять их только при работе на пластах с высоким процентным содержанием крепких включений при  $f = 8-10$ .

С целью недопущения конструктивного усложнения, больших нагрузок и динамических процессов в системе диск – исполнительный орган необходимо применять дисковые шарошки диаметром  $D = 0.16$  м из интервала  $D = 0.14-0.18$  м.

Самые низкие нагрузки на зубчатых дисковых шарошках получаются при любом диаметре  $D = 0.14-0.18$  м, но с геометрическими параметрами  $t_3 = 0.01$  м и  $h_3 = 0.02$  м.

Рабочие органы, оснащенные дисковыми шарошками с шагом их установки  $t_p = 0.055$  м, наиболее эффективно применять на пластах с твердыми включениями независимо от их процентного содержания при  $\sigma_{сж}$  до 50 МПа и на пластах с небольшим (до 20%) содержанием крепких включений  $\sigma_{сж}$  до 80 МПа. При большом содержании крепких включений –  $\sigma_{сж}$  до 112 МПа рекомендуется применять рабочие органы с уменьшенным шагом разрушения  $t_p = 0.03-0.035$  м.

Усилия  $P_Y$  и  $P_Z$  возрастают с увеличением параметров разрушения и при увеличении  $t_p$  свыше  $(2-2.5)h_p$  происходит переход от свободного скалывания в сторону обнаженной поверхности к блокированному разрушению

Для подтверждения достоверности методики расчета нагрузок на дисковых шарошках для исполнительного органа проходческого комбайна избирательного действия необходимо провести лабораторные эксперименты, так как подобными экспериментами с дисковыми шарошками  $D = 0.14-0.18$  м, имеющими зубчатый профиль, практически никто не занимался.

### Литература

1. **Нестеров В.И.** К исследованию процесса разрушения дисковыми шарошками / В.И. Нестеров, Б.Л. Герикс, А.С. Шапир // Механиз. горн. работ: Сб. науч. тр. / КузГТУ. – Кемерово, 1975. – № 75. – С. 3–37.
2. **Коршунов А.Н.** Определение боковых усилий на оси дисковой шарошки при разрушении твердых включений / А.Н. Коршунов, В.И. Нестеров, А.А. Силкин, А.А. Хорешок // Механиз. горн. работ: Сб. науч. тр. / КузГТУ. – Кемерово, 1980. – № 3. – С. 3–8.
3. **Логов А.Б., Герике Б.Л., Раскин А.Б.** Механическое разрушение крепких горных пород.– Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. – 141 с.
4. **Хорешок А.А., Полкунов Ю.Г., Кузнецов В.В. и др.** Расширение области применения проходческих комбайнов избирательного действия / Под ред. В.И. Нестерова – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет, 2000. – 36 с.

Российская академия наук  
Сибирское отделение  
Институт горного дела



# Динамика и прочность горных машин

II международная  
конференция

28-29 мая

Сборник трудов

Том I



Новосибирск-2003

Российская академия наук  
Сибирское отделение  
Институт горного дела

**Динамика и прочность  
горных машин**  
II международная конференция  
28–29 мая

Сборник трудов  
Том 1

Новосибирск–2003

**Динамика и прочность горных машин.** Сборник докладов. Т.1. – Новосибирск: Институт горного дела СО РАН, 2003. –196с.

### **Организационный комитет конференции**

**Председатель** – Курлени Михаил Владимирович, академик РАН, директор института горного дела СО РАН, г. Новосибирск; **зам. председатели** – Клишина Владимир Иванович, д.т.н., зам директора по науке ИГД СО РАН, г. Новосибирск; **ответственный секретарь** – Тарасик Татьяна Михайловна, к.т.н., зав. отд. орг. научной работы ИГД СО РАН, г. Новосибирск; **Денисенко Сергей Иванович**, к.т.н., I-й зам. ген. дир. ОАО УК «Кузбассуголь» г. Кемерово; **Герике Борис Людвигович**, д.т.н., проф., зам. директора ИУУ СО РАН, г. Кемерово; **Курехин Виктор Вениаминович**, д.т.н., проф., ректор КузГТУ, г. Кемерово; **Лаврик Владимир Георгиевич**, д.т.н., ген. дир. ОАО УК «Кузнецкуголь» г. Новокузнецк; **Мазикин Валентин Петрович**, д.т.н., первый зам. губернатора администрации Кемеровской обл.; **Маттис Альфред Робертович**, д.т.н., зав. лаб. ИГД СО РАН, г. Новосибирск; **Рубан Анатолий Дмитриевич**, чл.-корр. РАН, директор ИГД НГПИ им. А.А. Сковчинского, г. Москва; **Рыжов Анатолий Михайлович**, д.т.н., техн. директор ОАО шахта «Распадская», г. Междуреченск, Кемеровской области; **Ковальчук Александр Борисович**, д.т.н., ген. директор ОАО «ОМТ» и «Гипроуглемаш», г. Москва; **Золотых Станислав Станиславович**, д.т.н., директор ОАО ПО «Сибирь-Уголь»; **Филатов Александр Павлович**, к.т.н., главный горняк АК АЛРОСА.

В трудах представлены доклады участников II международной конференции «Динамика и прочность горных машин» (28-29 мая 2003г., г. Новосибирск) из России, Кыргызстана, Казахстана, Украины, Германии. Первый том содержит работы, посвященные проблемам комплексной механизации добычи и переработки полезных ископаемых и вопросам исследования динамических процессов в горных машинах.

Сборник представляет интерес для ученых, инженеров, проектировщиков, исследователей, а также студентов ВУЗов и техникумов горного профиля.

## СОДЕРЖАНИЕ

### **ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ, ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

<b>Власов В.Н., Клишин В.И., Филатов А.П., Фокин Ю.С., Кокоулин Д.И., Тарасик Т.М.</b> Механизированные комплексы для извлечения руды из недр без потерь и разубоживания .....	5
<b>Мерзляков В.Г., Бафталовский В.Е., Иванушкин И.В., Барабаш В.В., Шубняков А.А.</b> Разработка математической модели процесса и путей совершенствования средств гидроабразивного разрушения твердых материалов .....	13
<b>Герике П. Б., Эллер А.</b> Направление совершенствования добывающей техники для открытых горных работ .....	20
<b>Мендекеев Р.А.</b> К разработке техпроцесса отделения блоков природного камня гидравлическим разрывом .....	30
<b>Юрченко В.А., Магдыч Н.В.</b> Региональная экономическая политика .....	37
<b>Цинкер Л.М., Филиппов П.А., Рубежов Б.З.</b> Механизированный комплекс для очистки водосборников при отработке мощных рудных месторождений .....	41
<b>Фокин Ю.С., Кокоулин Д.И.</b> Создание механизированной крепи для выемки мощных пластов с выпуском угля .....	45
<b>Кубанычбек уулу Бакыт.</b> Опыт применения и технические возможности механизированных крепей с выпуском угля .....	51
<b>Липин А.А., Власов В.Н.</b> Буровое оборудование для отработки месторождений на больших глубинах .....	58
<b>Норузбаев Ж.Д., Карымшаков А.Р.</b> Бурильная машина с ударным механизмом переменной структуры .....	62
<b>Клишин В.И., Леконцев Ю.М., Сажин П.В.</b> Результаты опытно-промышленного испытания оборудования на каменных блоках .....	67
<b>Богомоллов И.Д., Цехин А.М., Хуснутдинов М.К.</b> Вопросы создания исполнительного органа для механического бурения скважин с некруглым поперечным сечением в крепких горных породах .....	74
<b>Хорешок А.А., Борисов А.Ю.</b> О влиянии профиля режущей кромки дисковой шарошки на усилия внедрения и перекатывания .....	79
<b>Нестеров В.И., Силкин А.А., Полкунов Ю.Г.</b> К теории неустойчивого развития магистральных трещин в крепких породах в процессе циклического нагружения .....	85
<b>Полкунов Ю.Г., Показаньев С.Г., Аяныин В.М.</b> Влияние геометрических форм прерывистых дисковых инструментов на процесс разрушения горных пород .....	88
<b>Сердцева Ж.В., Тишков А.Я., Гендлина Л.И., Левенсон С.Я.</b> Об ударном разрушении пород средней прочности .....	91
<b>Гатауллин Н.Н.</b> Барьерные скважины как способ эффективной дегазации угленосной толщи .....	96
<b>Утиралов О.А.</b> Комплексное использование сырьевых ресурсов получаемых в результате добычи и переработки угля .....	100
<b>Шадрин А.В.</b> Полуавтоматизированный комбинированный текущий прогноз выбросоопасности .....	104

<b>Станкус В.М., Анфёров Б.А., Кузнецова Л.В.</b> Возможности комплексной механизации добычи угля из крутонаклонных пластов .....	113
<b>Докукин В.П.</b> Повышение эксплуатационных качеств систем трубопроводного гидротранспорта .....	120
<b>Анферов В.Н., Ткачук А.П., Хлюпин В.В.</b> Погрузчики грузоподъемностью 1–2 т с электропитанием от промышленной сети переменного тока .....	127
<b>Цинкер Л.М., Ахременко В.С.</b> Электроснабжение и управление ВДПУ-4ТМ при выпуске доставке руды из выемочных блоков .....	131
<b>Крамаджин А.А.</b> Анкерные устройства с распорным замком из сыпучего материала .....	134
<b>Утиралов О.А., Клишин В.И.</b> Анкерная крепь на основе минеральных композиционных материалов .....	140
<b><i>ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРНЫХ МАШИНАХ</i></b>	
<b>Елтышев Ю.В., Козюрин С.В., Петров Н.Н., Попов Н.А., Шарапов А.Г.</b> Исследование динамики и прочности основных узлов новых осевых вентиляторов главного проветривания шахт и рудников .....	148
<b>Абдраимов С., Зиялиев К.Ж., Абдраимова Н.С.</b> Силовой расчет шарнирно-четырёхзвенного ударного механизма .....	155
<b>Мендекеев Р.А., Якубов Т.Т., Исаев И.Э., Калдыбаев Н.А.</b> Разработка динамической модели винтового камнекольного пресса .....	161
<b>Маметьев Л.Е., Любимов О.В.</b> Прогнозирование долговечности подшипниковых узлов сухого трения бурового оборудования .....	165
<b>Сердюков С.В., Чередников Е.Н.</b> Гидромеханический пульсатор давления для скважинного волнового воздействия на продуктивные нефтяные пласты .....	169
<b>Червов В.В., Смоляницкий Б.Н.</b> Повышение энергии удара в пневмоударных устройствах с одной управляемой камерой .....	174
<b>Красюк А.М.</b> Модернизация тонисльных вентиляторов метрополитенов .....	181
<b>Козюрин С.В.</b> Влияние положения переключки на напряженное состояние и частоты собственных колебаний двоянной листовой лопатки рабочего колеса шахтного осевого вентилятора .....	188

Оригинал-макет изготовлен в лаборатории подземной разработки угольных месторождений  
ИГД СО РАН

---

Подписано в печать 30.04.03. Бумага офсетная. Формат 84×108 1/32. Уч.-изд.л.9,9 Тираж 250 экз.

---

Издание Института горного дела Сибирского отделения РАН  
Отпечатано на полиграфическом участке Института горного дела СО РАН  
Красный проспект, 54, г. Новосибирск, 630091