

УДК 622.232.72: 622.023.2

**К ТЕОРИИ НЕУСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ  
ТРЕЩИН В КРЕПКИХ ПОРОДАХ В ПРОЦЕССЕ  
ЦИКЛИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ**

**Нестеров В.И., Силкин А.А., Полкунов Ю.Г.**

ГОУ Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово, Россия

Эффективность процесса разрушения крепких горных пород механическим способом требует знания закономерностей образования и развития трещин под воздействием дисковых инструментов. Циклический способ разрушения крепких пород дисковыми инструментами формирует устойчивые и неустойчивые трещины параллельно вектору скорости движения дискового инструмента, что позволяет уменьшить удельные энергозатраты, дробление пород и, как следствие, снизить динамические нагрузки на горные инструменты.

Многообразие горных пород по хрупко-пластическим свойствам приводит к различным механизмам образования и развития трещин под лезвием дисковых инструментов. Состав материала инструмента оказывает основное влияние на процесс развития трещин в горных породах. Разработанные модели зернистых структур горных пород позволили выявить две области образования макротрещин – устойчивую и неустойчивую, которые развиваются по своим закономерностям.

В результате исследований было установлено, что для крепких хрупких пород:

– в области устойчивого развития макротрещин формировались сети микротрещин нормального разрыва по границам зерен пород в направлении движения дискового инструмента;

– рост макротрещин в области неустойчивого развития сопровождался образованием сети микротрещин нормального разрыва, которая при наложении

на сеть микротрещин устойчивого развития приводила к распаду микроструктуры по границам зерен пород;

– процесс развития устойчивых и неустойчивых микротрещин контролировался коэффициентом интенсивности напряжений первого рода  $K_I$ .

Анализ развития устойчивых и неустойчивых макротрещин нормального разрыва осуществлялся на основе разработанных критериев роста трещин от воздействия дисковых инструментов в крепких породах. В результате исследований было установлено, что основными факторами, влияющими на развитие неустойчивых трещин в крепких горных породах, являются:  $K_I$  – коэффициент интенсивности напряжений первого рода;  $\varphi$  – угол заострения дискового инструмента;  $\gamma$  – задний угол;  $S_n = \ell_n \cdot m$  – площадь неустойчивой трещины;  $\ell_n, m$  – геометрические размеры неустойчивой трещины;  $r/h$  – отношение радиуса  $r$  ядра уплотнения породы к глубине внедрения  $h$  дискового инструмента.

В табл. 1 приведены некоторые зависимости величин неустойчивых трещин  $\ell_n$  ( $m = 1.0$  м – мощность породного прослойка) от отношения радиуса ядра уплотнения породы к глубине внедрения дискового инструмента (диаметр  $D = 0.28$  м; угол заострения  $\varphi = 45^\circ$ ; задний угол  $\gamma = 12^\circ$ ; шаг разрушения  $t_p = 0.08$  м; глубина внедрения  $h = 0.02$  м).

Таблица 1.

$r/h$	$\ell_n, \text{ м}$
0.50	0.0237
0.10	0.0540
0.05	0.0890
0.01	0.2469
0.00	0.4534

Результаты моделирования показали, что:

- дисковые инструменты разрушают хрупкие крепкие породы расклиниванием без заметного влияния ядра уплотнения на процесс разрушения;
- дисковые инструменты при разрушении слабых пород расклиниванием первоначально создают ядро уплотнения;
- уменьшение величины  $r/h$  приводит к возрастанию длины неустойчи-

вых трещин.

В табл. 2 приведены результаты сопоставления теоретических и экспериментальных данных (Герике Б.Л.) по разрушению крепких горных пород дисковым инструментом ( $D = 0.28$  м;  $\varphi = 45^\circ$ ;  $\gamma = 12^\circ$ ;  $t_p = 0.08$  м). В таблице 2 введены следующие обозначения:  $h_{\text{экс}}$  – глубина внедрения;  $m_{\text{экс}}$  – длина породного блока;  $S_H$  – площадь неустойчивых трещин;  $V$  – объем крупных элементов, отделяемых от блока дисковым инструментом.

Таблица 2.

$h_{\text{экс}}, \text{ м}$	$m_{\text{экс}}, \text{ м}$	$S_{H_{\text{экс}}}, \text{ м}^2$	$S_{H_{\text{теор}}}, \text{ м}^2$	$V_{\text{экс}}, \text{ м}^3$	$V_{\text{теор}}, \text{ м}^3$
Песчаник			$(\sigma_{\text{сжк}} = 121 \text{ МПа}, \sigma_p = 33,1 \text{ МПа})$		
0.02	1.0	0.5	0.453	$0.08 \times 1.0 \times 0.5$	$0.08 \times 1.0 \times 0.453$
Кварц			$(\sigma_{\text{сжк}} = 120 \text{ МПа}, \sigma_p = 12 \text{ МПа})$		
0.017	1.0	0.4	0.385	$0.08 \times 1.0 \times 0.4$	$0.08 \times 1.0 \times 0.385$
Колчедан			$(\sigma_{\text{сжк}} = 69 \dots 95 \text{ МПа}, \sigma_p = 4 \text{ МПа})$		
0.02	0.75	0.3	0.34	$0.08 \times 0.75 \times 0.4$	$0.08 \times 0.75 \times 0.453$

Приведенные результаты показывают вполне удовлетворительное согласование теоретических результатов с экспериментальными данными. Разработанная теория развития неустойчивых трещин в крепких горных породах от воздействия дисковых инструментов позволяет ставить и решать обратные задачи – по заданному направлению и площади неустойчивых макротрещин управлять режимами циклического нагружения и разрушения.

Таким образом, разработанная теория роста устойчивых и неустойчивых трещин нормального разрыва в хрупких крепких породах позволяет прогнозировать и управлять процессом циклического разрушения мощных породных прослоек и твердых включений дисковыми инструментами.

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., Аяншин 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 бурошнекового 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 перемишки 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