

но рассматривать как угольные и проводить валовую выемку. Интересен случай, когда зольность угля составляет 60%. При этом правая и левая части неравенства (10) близки по значению (рис. 3, в). В этом

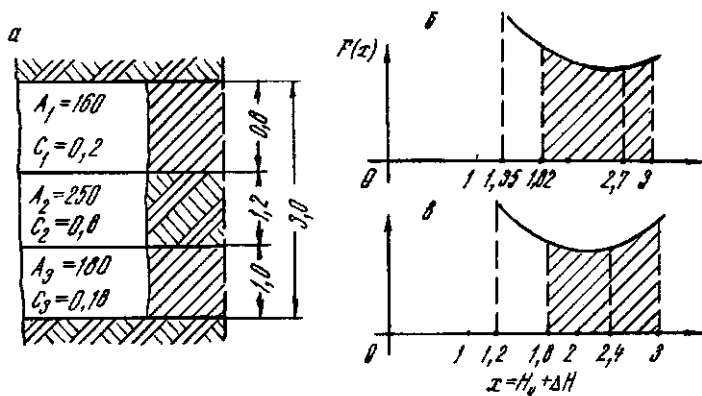


Рис. 3. Эффективность селективной отработки пласта с тремя прослоями

случае возможны и селективная, и валовая выемки. Использование при селективной выемке двух манипуляторов увеличивает ее преимущества перед валовой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Флангово-фронтальная выемка пластовых месторождений / Сагинов А. С., Квон С. С., Лазуткин А. Г., Ермеков Т. Е.— Алма-Ата, 1983.— 280 с.
2. Лазуткин А. Г., Ермеков Т. Е., Возлюбленная Л. П. Оценка удельных энергозатрат при различных режимах работы автоматического выемочного манипулятора // Механизация очистных и проходческих работ: Сб. науч. тр. КузПИ.— Кемерово, 1985.— С. 17—23.
3. Ермеков Т. Е. Новая технология и роботизация селективной выемки угольных пластов // Тезисы докладов симпозиума стран—членов СЭВ «Новые технологии подземной добычи угля и перспективы до 2000 г. и более длительный период».— М., ЦНИЭИуголь, 1988.— С. 44—45.
4. Ермеков Т. Е. Определение рационального способа отбойки угля выемочными манипуляторами // Механизация горных работ: Межвуз. сб. науч. тр. / КузПИ.— Кемерово, 1988.— С. 28—36.

Рекомендована кафедрой
горных машин и
комплексов КПТИ

Поступила в редакцию
10.01.90

УДК 622.72.0545 : 622.236.23

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КРУПНОСТИ КУСКОВ ПРИ РАЗРУШЕНИИ МАССИВА ДИСКОВЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Канд. техн. наук В. Н. ВЕРНЕР, Ю. Г. ПОЛКУНОВ, Е. К. СОКОЛОВА, А. А. ХОРЕШОВ
(Кузбасский политехнический институт)

Достижение оптимального фракционного состава при добыче угля является важной и весьма сложной задачей. В некоторых случаях, например, при выемке угля экскаваторами или при разрушении угольного

массива взрывом управление качеством угля по крупности кусков практически невозможно. Определенные предпосылки для этого имеются при выемке исполнительными органами очистных комбайнов путем выбора оптимального сечения среза и геометрии рабочего инструмента. Существенный эффект по

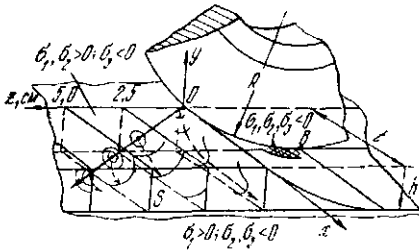


Рис. 1. Построение поверхностей разрушения массива

сортности достигается при использовании в качестве рабочего инструмента клиновых дисковых шарошек благодаря увеличенному, по сравнению с резами, шагу резания и сколу элементов массива в сторону свободной поверхности, образованной опережающей дисковой шарошкой. Экспериментальными резами на лабораторном стенде установлено, что при определенном соотношении шага t и глубины резания h наблюдается наибольший выход крупных фракций — до 60...70 % по объему разрушенного материала.

Рассмотрим некоторые результаты математического моделирования процесса разрушения и лабораторных исследований, проведенных с целью оценки влияния параметров резания на объем крупных кусков, скалываемых дисковой шарошкой. Рассматривалась первая основная задача математической теории упругости. Среда представлялась однородной и изотропной. В основу расчетов поверхностей разрушения положена модель хрупкого тела. Расчет главных напряжений $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ и интенсивности напряжения σ_I в области S (рис. 1), возникающих при силовом воздействии дисковой шарошкой с радиусом R на массив по дуге OB , проводился на основе метода граничных интегральных уравнений [1, 2]:

$$0,5t_i^*(Q) + \iint_{\partial S} G_{ij;q}(Q, Q_1) t_q^*(Q_1) n_j(Q) dS = t_i(Q); \quad (1)$$

$$i, j = x, y, z; Q, Q_1 \in \partial S,$$

где $t_i^* \{t_x^*, t_y^*, t_z^*\}$ — фиктивные нагрузки; $t_i \{t_x, t_y, t_z\}$ — заданный на ∂S вектор нагрузок; n_x, n_y, n_z — компоненты единичного вектора, направленного по внешней нормали к S ; $G_{ij;q}$ — ij -я составляющая напряжения в точке Q при действии в q -м направлении единичной силы, приложенной в точке Q_1 полупространства, поверхность которого касательна к реальной поверхности в точке Q_1 .

Напряжения в области S рассчитывались по следующим соотношениям: $\sigma_{ij}(Q) = \iint_S G_{ij;q}(Q, Q_1) t_q^*(Q_1) dS$; $ij = x, y, z$; $Q, Q_1 \in S$. Инте-

гральные уравнения (1) сводились к системе линейных уравнений и рассчитывались численным способом. Поверхность области S разбивалась на N кусочно-гладких поверхностей ($i = \overline{1, N}$) площадью ΔS_i . Внутренняя область S полупространства представлялась в виде ряда полуплоскостей, параллельных плоскости XOY с равномерным шагом разбиения области S по оси Z . Каждая полуплоскость разбивалась на сетку прямыми линиями, параллельными осям OX и OY , в узлах которой рассчитывались напряжения σ_{ij} .

Для расчетов составлена программа на алгоритмическом языке ФОРТРАН-IV, реализация которой проводилась на ЭВМ ЕС-1022. Моделируемая граница области S разбивалась на $N = 120$ кусочно-гладких неравномерных участков. Краевые условия на участке OB выбирались в следующем виде: $\sigma_n = R(1 - \cos 2\pi\eta/\theta)(1 - \cos \pi(\xi + a)/a)$;

$\sigma_{\tau} = \mu \sigma_n$, где σ_n , σ_{τ} — нормальные и касательные напряжения; R — радиус лезвия дискового инструмента; $\theta = \arccos((R-h)/R)$; a — длина дуги контакта инструмента с областью S вдоль оси OX ; μ — коэффициент трения; η , ξ — параметры цилиндрической системы координат. Расчеты проводились при следующих дискретных значениях входных величин: $h = 2, 3, 4, 5, 6$ см; $t = 3, 4, 5, 6, 7$ см; $R = 14$ см; $a = 0,1$ см; $\mu = 0,3$. Коэффициент Пуассона принимался равным 0,5.

В результате анализа напряженного состояния разрушаемого массива установлено, что независимо от параметров t и h возникают следующие зоны главных напряжений: $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3 < 0$; $\sigma_1 > 0, \sigma_2, \sigma_3 < 0$; $\sigma_1, \sigma_2 > 0; \sigma_3 < 0$ [3]. Поверхности разрушения строились в зоне главных напряжений $\sigma_1 > 0, \sigma_2, \sigma_3 < 0$ по первой теории прочности $\sigma_1 < \sigma_p$ и критерию Писаренко — Лесбедева [4]: $\chi \sigma_1 + (1 - \chi) \sigma_1 \leq \sigma_p$, $\chi = \sigma_p / \sigma_{сж}$.

Анализ показал, что для хрупких материалов ($\chi < 0,2$) поверхности разрушения, построенные по приведенным критериям, идентичны. На рис. 1 приведен пример построения поверхностей разрушения при $t = h = 3$ см, из которого видно, что объем отделяемого куска зависит не только от t и h , но и от направления развития магистральной трещины OT , образующей с осью OZ в плоскости XOZ угол γ . Расчетами установлено, что угол γ при фиксированной глубине резания с увеличением t сначала возрастает, а затем уменьшается до 0. Например, если $h = 4$ см, то угол γ достигает максимума $\gamma_{\max} = 34^\circ$ при $t = 5 \dots 6$ см. Дальнейшее увеличение t приводит к уменьшению γ до 0 при $t \approx 10$ см, что соответствует переходу к блокированному режиму резания без скола массива.

Экспериментальные исследования проводились на полноразмерном стенде с тензометрической головкой. Разрушаемый материал был представлен блоками размером $1,2 \times 1 \times 1$ м со следующими прочностными показателями: $\sigma_p = 4$ МПа, $\sigma_{сж} = 28$ МПа. Дисковая шарошка имела радиус лезвия 14 см и угол заострения $\phi = 30^\circ$.

Инструментальными обмерами крупных кусков разрушенного материала установлено, что их объем в первом приближении можно определять по формуле расчета объема пирамиды. Замеры подтвердили результаты теоретических расчетов по направлению развития магистральной трещины и поверхности разрушения. В результате обработки экспериментальных данных с использованием многомерной пошаговой регрессии получена следующая зависимость объема крупных элементов, в кубических сантиметрах, от параметров t и h :

$$V = th [0,1667(t-h)^2 - 0,1889h + 3,0667]. \quad (2)$$

На рис. 2 приведены зависимости объема крупных кусков от сечения реза ($S = th$), построенные по выражению (2) в исследованном диапазоне t и h . Они показывают, что при шаге резания от 3 до 5 см для получения большего размера кусков целесообразно увеличение глу-

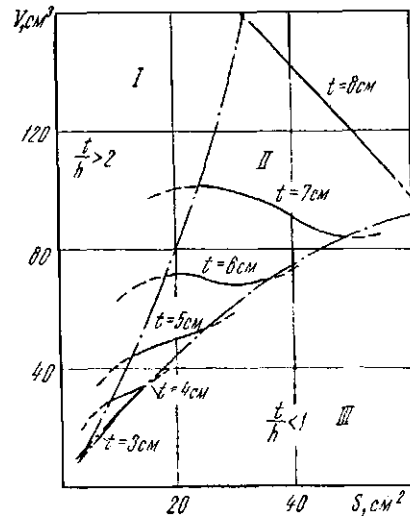


Рис. 2. Зависимости объема крупных кусков, отделяемых от массива дисковым инструментом от сечения реза, при различных шагах резания:

I, II, III — зоны, соответственно, блокированных срезов, свободных сколов, нерациональных режимов резания

бины резания, а при $t > 7$ см увеличение сечения реза приводит к уменьшению V . Для получения стабильного размера кусков объемом $70 \dots 100 \text{ см}^3$ при переменном сечении реза, имеющем место у шнековых органов очистных комбайнов, предпочтительно иметь шаг резания $6 \dots 7$ см. Существенного увеличения размера кусков можно достигнуть при разрушении с большим шагом ($t > 7$ см) при режимах, близких к блокированному резанию, т. е. при $t/h \rightarrow 2$.

Полученные данные хорошо согласуются с результатами обработки энергетических параметров, свидетельствующих о том, что минимум энергоемкости разрушения наблюдается при наибольших размерах кусков разрушенного массива.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Метод граничных интегральных уравнений. Вычислительные аспекты и приложения в механике / Под ред. Т. Круза и Ф. Риццо.— М.: Мир, 1978.— 210 с.
2. Massonet C. E. Numerical use of integral procedures // Stress analysis. Recent developments in numerical and experimental methods, ed. O. C. Zienkiewicz, G. S. Holister, Wiley, 1965, p. 198—235.
3. Установление рациональных зон работы дисковых шарошек при разрушении горных пород / Коршунов А. Н., Пестеров В. И., Полкунов Ю. Г. и др.: Кузбас. политехн. ин-т.— Кемерово, 1987.— 8 с.— Деп. в ЦНИЭИуголь 10.07.87. № 4232.
4. Писаренко Г. С., Лебедев А. А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии.— Киев: Наук. думка, 1976.— 415 с.

Рекомендована кафедрой
горных машин и
комплексов КузПИ

Поступила в редакцию
28.02.90

УДК 621.01.001

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ ГИДРОПНЕВМОАККУМУЛЯТОРА КОПАЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ ЭКСКАВАТОРА

Канд. техн. наук А. И. САПОЖНИКОВ, В. М. ШТЕЙНЦАЙГ, инж. А. И. ВЛАСОВ,
канд. техн. наук Д. А. ГАМИНСКАЯ
(ПО «Ижорский завод», ИГД им. А. А. Скочинского,
Харьковский автомобильно-дорожный институт)

Надежность в эксплуатации гидравлических приводов горных машин, работающих в режиме ударного стопорения рабочего органа, существенно зависит от уровня возникающих при стопорении динамических нагрузок. Рассмотрим динамические процессы в механизме подъема рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора, функциональная схема которого приведена на рис. 1. Обозначено: 1 — регулируемый по подаче гидронасос; 2 — система дистанционного пропорционального управления подачей насоса; 3 — гидроцилиндр механизма подъема; 4 — поршень гидроцилиндра, 5 — шток; 6 — рабочий орган; 7 — распределитель; 8 — предохранительный клапан; 9 — подпорный клапан в сливной магистрали; 10 — сливная магистраль; 11 — напорная магистраль; 12 — гидропневмоаккумулятор; 13 — система адаптивного управления гидропневмоаккумулятором; 14 — блок диагностирования режима стопорения; 15 — электромагнитный клапан.

В режиме ударного стопорения на выходе блока 14 появляется сигнал единичного уровня U_{14} , поступающий на вход системы адаптивного управления 13. При этом на выходе системы управления появля-

ISSN 0536-1028

Известия

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ ЕЖЕМЕСЯЧНО

4/91

СОДЕРЖАНИЕ

Физические процессы горного производства

Риксглад Л. Э. Определение источников теплоты при электротермомеханическом способе разрушения мерзлых пород естественного залегания	1
Константинова С. А., Карташов Ю. М., Титов Б. В., Сидельникова Т. Т. Ползучесть образцов карналлита	5
Мельников А. В., Чеботарев Ю. И. Изменение прочностных свойств горных пород при динамическом нагружении	9
Кочетков П. А. Закономерности разрушения скальных пород при различных режимах нагружения	14
Ракишев Б. Р., Генбач А. Н., Маслов Г. В., Дорфман А. Г., Генбач А. А. Исследование распространения волны напряжений в твердом теле методом голографии	17

Математические модели горной технологии и техники

Горбатов П. А., Плюнгин А. В., Кривченко Ю. А. Алгоритм моделирования релаксационного движения очистных комбайнов	21
Хохряков В. С., Борисов О. Ю. Автоматизированные расчеты карьерного автотранспорта на базе геoinформационного банка данных	24

Разработка месторождений полезных ископаемых

Анистратов Ю. И., Гавришев С. Е., Галкин В. А., Сидоренко В. Н., Сливка С. В. Способ отработки крутопадающего месторождения крутыми слоями с развитием фронта работ по спирали	31
Афанасенко Г. В., Давиденко Б. Ю. Прогнозирование выбросоопасности массива при разработке карналлитового пласта	34
Гатицкий Н. В., Николаева С. М., Гатицкий В. Н. Совершенствование технологической схемы добычи торфа	41

Строительство шахт и подземных сооружений

Першин В. В., Садохин А. Н. Надежность технологических систем строительства вертикальных стволов	44
--	----

Маркшейдерское дело

Ржевский В. В., Резников М. А. Устойчивость вертикальных выемок круглой в плане формы	47
Беспалов Ю. И. Маркшейдерский надир-центрир	50

Экономика, организация и управление

Шершнева А. А., Турило А. М. Экономическое обоснование выбора метода оценки эффективности горного производства	54
Игнатьева М. Н., Игнатьев А. В. Приоритетность социальных ориентиров при создании новой техники	56

Рудничная аэрология. Охрана труда

Ярцев В. А., Рожнева В. К., Окладников А. В. Вихревая воздушная завеса	61
Медведев И. И., Земсков А. Н. Изменение газовой обстановки на горном участке калийного рудника в зависимости от производственных процессов и барометрического давления	64

Буровзрывное дело

Кутузов Б. Н., Березин В. К., Яновский Б. Г. Детонация низкоплотных смесевых ВВ	70
Крюков Г. М., Янченко В. Е., Кучеренко М. В. Расчет энергетических параметров ударно-шарошечного снаряда ПШ-160	72

Рудничный транспорт

Мальцев В. А. Разработка модели ударозащитных свойств слоя горной массы	75
Попов С. Н. Модель преобразования грузопотоков скребковым конвейером	80
Брюховецкий О. С., Степанов Ю. С. Оценка износа стенок трубопровода от удара твердых частиц в потоке гидросмеси	83

Сорокин Л. А. Энергетическая оценка технических средств карьерного транспорта	88
Механизация горных работ. Горные машины и комплексы	
Ермеков Т. Е. Эффективность селективной выемки угольных пластов выемочными манипуляторами	94
Верпер В. Н., Излукнов Ю. Г., Соколова Е. К., Хорешок А. А. Экспериментально-теоретические предпосылки прогнозирования крупности кусков при разрушении массива дисковым инструментом	99
Сапожников А. И., Штейнцайг В. М., Власов А. И., Каминская Д. А. Выбор оптимальной жесткости гидropневмоаккумулятора копающих механизмов экскаватора	102
Горная механика	
Пожуев В. И., Жибигаи М. Нестационарная реакция подземного трубопровода конечной длины на действие подвижной нагрузки	105
Электрификация горных работ	
Попов А. Н. Влияние регулируемых параметров двигателя на упругие механические колебания в электроприводе	109
Цапепко Ю. Е. Дополнительный ток в цепи замыкания на землю в сети с нейтралью, заземленной через резистор	113
Чикунасев С. А., Гафниятуллин Р. Х. Формирование электромеханических характеристик электропривода бурового станка	115
Автоматизация производственных процессов	
Верховский Я. М., Топорков А. А., Ильюша А. В. Выбор рационального соотношения скоростей крепления и подачи комбайна в автоматизированных очистных комплексах	119
Крошка А. С., Гниценвич А. В., Бабец Е. К., Рыбалко Б. И. Решение задачи о минимальном маршруте загрузки секций бункеров на обогатительных фабриках	124
Рудоподготовка и обогащение полезных ископаемых	
Леопов С. Б., Иоффе С. В. Графо-аналитическое решение уравнения динамики технологического процесса обогащения полезных ископаемых	128
Рефераты	134

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Проф. А. Е. Троп (главный редактор),
доц. В. Г. Симанов (зам. главного редактора),
проф. К. Н. Адилев, проф. А. И. Арсентьев, проф. В. Ф. Бызов,
проф. Г. А. Багаутинов, проф. Н. Ф. Гращенков, проф. А. Н. Данияров,
проф. И. В. Дементьев, проф. В. З. Козин, проф. В. Н. Корнилов,
проф. А. А. Кулешов, проф. А. М. Мальцев, проф. Д. Е. Махно,
проф. Б. А. Носырев, проф. Л. Я. Парчевский, проф. Г. Г. Пивняк,
проф. В. Л. Попов, чл.-кор. АН СССР Н. М. Проскураков, проф.
Ю. И. Протасов, проф. Л. А. Пучков, акад. АН СССР В. В. Ржевский,
проф. К. Ф. Сапицкий, проф. Э. М. Соколов, проф. Г. И. Солод,
проф. В. Е. Стровский, проф. Ю. И. Туринцев, проф. В. П. Франчук,
проф. В. С. Хохряков, проф. В. И. Щуцкий, проф. В. А. Ярцев

Ответственный секретарь редакции Р. К. Бродягина

Старший редактор С. М. Кошелева Редактор А. В. Беляева
Технический редактор Н. Д. Чубарова Корректор О. Г. Пихтовникова

Сдано в набор 29.11.90. Подп. в печать 05.03.91.
Формат 70×108¹/₁₆. Бум. тип. № 2. Печать высокая,
12,0 усл. печ. л. 12,0 усл. кр.-отт. 12,6 уч.-изд. л.
Тираж 1250. Заказ 273. Цена 1 р. 40 к.
Редакция «Изв. вузов. Горный журнал»,
620219, г. Свердловск, Университетский пер., 9, ГСП-678, тел. 22-46-04.
Типография изд-ва «Уральский рабочий»,
620151, г. Свердловск, пр. Ленина, 49.