

4. Ясыркин А.И. Схема развития металлургического комплекса Украины до 2010 г. / Флюсодобывающие предприятия. Т. 13, 57, 86, 60 / Укргипроруда: Руководитель: А.И. Ясыркин. – № ГР 99 – НИР – 4217 – ПЗ.З. – Харьков, 1994. – 80 с.

5. К определению предельной глубины разработки нерудных месторождений строительных материалов / В.И. Симоненко, А.В. Черняев // Сб. науч. тр. НГУ. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2004. – № 20. – С. 103-107.

6. Технологічні параметри та схеми розробки при завершенні розкриття родовищ скельних будівельних матеріалів / В.І. Симоненко, Л.С. Гриценко, А.В. Мостика, В.Д. Кірнос // Науковий вісник НГУ. – 2010.

– 5. - С. 31-37.

7. Симоненко В.И. Обоснование области применения на нерудных карьерах технологии поэтапной разработки с внутрикарьерным складированием отходов горного производства // Разраб. рудн. месторожд.: Науч.-техн. сб. – Кривой Рог: КТУ. – 2004. – Вып. 85. – С. 150-153.

Поступила 29.08.2013



УДК 622.235.5:522.12

Производство

Шапурин А.В. /д.т.н./, Швец Е.Н.
ГВУЗ «Криворожский НУ»

Влияние степени раздробленности горных пород на эффективность технологических процессов в карьере

Рассмотрено влияние степени раздробленности горных пород на эффективность технологических процессов в карьере. Приведена модель оптимизации технологических процессов открытой разработки скальных пород в Кривбассе по минимуму затрат в зависимости от степени раздробленности горных пород. Ил. 4. Табл. 3. Библиогр.: 2 назв.

Ключевые слова: горная порода, выход негабарита, степень дробления

The influence of the degree of fragmentation of rocks on the process efficiency in their careers. A model of the process optimization of open development rock in Krivbass to minimize the cost, depending on the degree of fragmentation of rocks.

Keywords: rock, oversize output, the degree of fragmentation

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами

От степени взрывного разрушения горных пород зависит эффективность всех последующих процессов горных работ: погрузка, транспортирование, механическое дробление, дробление негабарита. При высоком качестве дробления пород взрывом и больших затратах на него снижаются затраты на механическое дробление и другие процессы, а при низком – увеличиваются затраты на механическое дробление. В связи с этим необходимо определение оптимальной кусковатости, которая позволяет оптимизировать все последующие технологические процессы, достичь минимальных суммарных затрат.

При недостаточном качестве дробления горных пород взрывом увеличивается содержание негабаритных кусков, усложняется процесс экскавации, растет продолжительность непроизводительных затрат времени на выбор и удаление негабарита, увеличиваются расходы на транспортирование и механическое дробление. Это приводит к снижению производи-

тельности выемочно-погрузочного и транспортного оборудования, увеличивает время их простоев в течение смены, а также расходы на ремонт и обслуживание экскаваторов.

Развал взорванных пород характеризуется их гранулометрическим составом. Для установления влияния степени раздробленности пород на эффективность технологических процессов используют значение среднего размера куска горных пород.

Анализ исследований и публикаций

Известны оптимизационные модели [1, 2]. Однако, информация о качестве дробления пород, оперативность и трудоемкость ее получения затруднительны. Это обусловлено тем, что применяемые математические модели недостаточно полно отображают особенности производственных процессов. Техника и технология, а также взрывчатые материалы и способы их применения постоянно совершенствуются, что приводит к изменению взаимосвязи их параметров и цен на энергоносители. Это требует совершенствования математических моделей.

© Шапурин А.В., Швец Е.Н., 2014 г.

Постановка задачи

Необходимо создать информационную базу данных о степени раздробленности взорванных пород. Следует установить зависимость затрат на выполнение производственных процессов открытых горных работ от качества взрывного разрушения пород.

Изложение материала и результаты

Информация о качестве дробления пород является тем фактором и результатом, опираясь на который можно сделать анализ затрат по всем процессам открытых горных работ. Таким образом, размер среднего куска взорванного массива является главным параметром, при изменении которого можно достичь общих минимальных затрат. С увеличением размера среднего куска при прочих равных условиях затраты на бурение $C_{бур}$ и взрывание $C_{взр}$ уменьшаются; на выемочно-погрузочные работы $C_{экск}$, вторичное дробление $C_{нег}$ и первую стадию механического дробления $C_{мех}$ увеличиваются. Также наблюдается незначительный рост затрат на транспортирование $C_{тр}$ с увеличением размера среднего куска горных пород $d_{ср}$.

Промышленные эксперименты и хронометражные наблюдения проводились на карьерах № 2 и 3 НКГОК «АрселорМиттал Кривой Рог».

Рассмотрен процесс экскавации пород в зависимости от качества их раздробленности взрывом. Проведен хронометраж работы экскаватора ЭКГ-10 и выполнен его анализ. Установлено, что время цикла экскаватора иногда принимает значения в пределах 23-27 с. Это говорит о том, что угол поворота экскаватора в этих случаях составляет намного меньше 90°. То есть, автотранспорт становится под нагрузку таким образом, чтобы максимально сократить время цикла экскаватора, рис. 1.

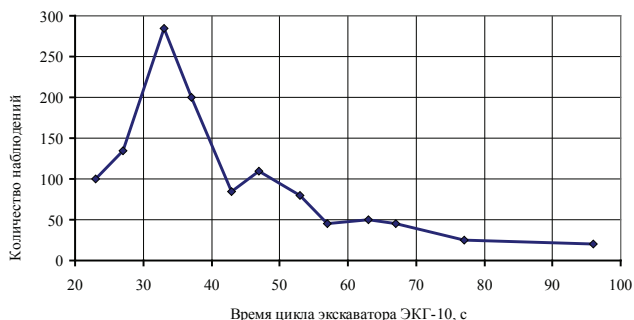


Рис. 1. Значение времени цикла экскаватора ЭКГ-10

Увеличение времени цикла экскаватора больше чем 33 с обусловлено как увеличением угла поворота, так и ухудшением качества взрывного разрушения пород. Это происходит при значении цикла более 43 с, когда экскаваторщик совмещает погрузку с разборкой забоя. Анализ времени цикла работы экскаватора с параллельным мониторингом качества дробления горных пород свидетельствует, что увеличение размера среднего куска от 400 мм и более, вносит элементы сбоя в последующие технологические процессы. На основании отчетных данных были составлены расходы на содержание и ремонт экскаваторов, табл. 1.

Таблица 1. Затраты (грн./год) на содержание и ремонт экскаваторов

Номер экскаватора	Текущий ремонт (ТР)	Техническое обслуживание (ТО)	Замена (З)	Всего
25	21625,19	209261,41	1951733,20	2182619,80
26	639580,97	218129,52	1838899,64	2696610,13
27	266,48	410011,93	616960,28	1027238,69
28	479362,18	403536,27	2275598,69	3158497,14
29	8277,50	333099,82	644552,90	985930,22
30	406146,33	313432,18	720526,17	1440104,68
92	399489,76	241943,54	677946,10	1319379,40
99	103841,09	425968,05	1883275,28	2413084,42
91	1281138,15	197178,71	202876,05	1681192,91
86	403984,45	301488,72	1128833,76	1834306,93
74	413148,52	133317,99	336839,43	883305,94
69	1039706,93	286887,84	304250,12	1630844,89
66	366062,78	206440,46	578511,45	1151014,69
68	21619,67	958800,31	1647368,55	2627788,53

Методом корреляции при обработке статистического материала получена зависимость величины затрат на ремонт экскаваторов (графическая интерпретация приведена на рис. 2)

$$C_p = 19,448d_{ср}^3 - 8,1583d_{ср}^2 + 3,8252d_{ср} + 0,3919 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,9521$$

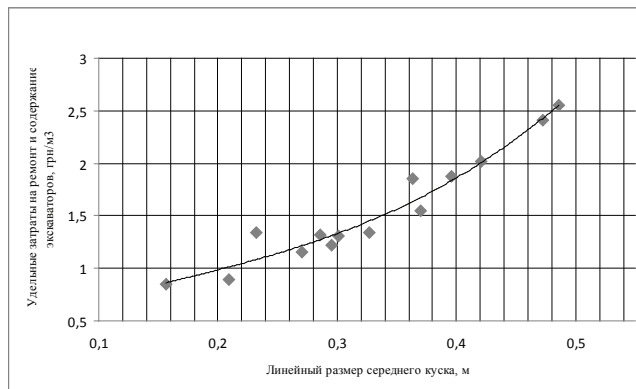


Рис. 2. Зависимость удельных затрат на ремонт и содержание экскаваторов от линейного размера куска

Содержание негабарита в зависимости от количества негабаритных кусков на 1000 м³ отгруженных пород определяли по следующим формулам:

$$\gamma_n = 0,577 \cdot N_n + 2,214, R^2 = 0,839; \quad (2)$$

$$\gamma_n = 0,6939 \ln(N_n) + 3,5211, R^2 = 0,7474; \quad (3)$$

$$\gamma_n = 3,227 \cdot N_n^{0,2285}, R^2 = 0,8119; \quad (4)$$

$$\gamma_n = 2,2036e^{0,169N_n}, R^2 = 0,9154; \quad (5)$$

$$\gamma_n = -0,0907 N_n^2 + 1,1759 N_n + 1,75, R^2 = 0,9154; \quad (6)$$

$$\gamma_n = 0,0151 N_n^3 + 0,1877 N_n^2 - 0,5261 N_n + 0,475, R^2 = 0,9181. \quad (7)$$

Зависимость содержания негабарита в развале пород от количества негабаритов, приходящихся на 1000 м³ отгруженных пород, приведена на рис. 3.

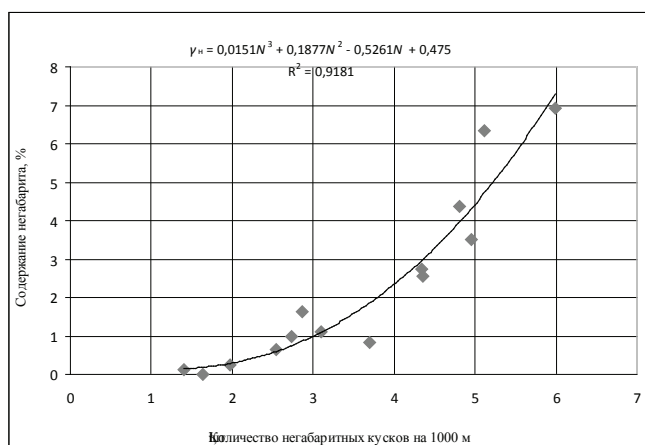


Рис. 3. Зависимость содержания негабарита в развале пород от количества негабаритов, приходящихся на 1000 м³ отгруженных пород, для конкретной породы

Выход негабарита с увеличением количества ку-

Таблица 2. Зависимость содержания негабарита в развале взорванных пород от количества кусков на 1000 м³ отгрузки

$\gamma_n, \%$	3,27	3,54	3,83	4,12	4,43	4,74	5,06	5,39	5,75	6,11	6,49	6,89	7,3	7,74	8,19
N_n , шт.	2,54	3,08	3,76	4,24	4,86	5,48	6,12	6,78	7,5	8,22	8,98	9,78	10,6	11,48	12,38

Таблица 3. Суммарные затраты по технологическим процессам в зависимости от качества дробления пород взрывом

Средний размер куска, м	Значения себестоимости по всем технологическим процессам, грн/м³						Сумма
	Бурение	Взрывание	Экскавация	Вторичное дробление	Транспортировка	Механическое дробление	
0,15	3,53	15,53	4,97	0,08	11,43	1,94	37,49
0,18	2,94	12,99	6,05	0,11	11,58	2,12	35,8
0,21	2,52	11,18	7,12	0,14	11,73	2,29	35,00
0,24	2,22	9,8	8,2	0,19	11,87	2,46	34,76
0,27	1,96	8,7	9,28	0,25	12,02	2,63	34,86
0,3	1,76	7,88	10,35	0,34	12,17	2,8	35,32
0,33	1,6	7,18	11,43	0,44	12,32	2,97	35,96
0,37	1,43	6,42	12,87	0,64	12,51	3,2	37,09
0,4	1,32	5,95	13,94	0,85	12,66	3,37	38,11
0,43	1,2	5,54	15,02	1,12	12,81	3,54	39,24
0,165	3,65	13	6,95	0,2	11,1	2,5	37,40
0,169	3,58	15,4	2,5	0,25	11,53	2,05	35,31
0,22	2,74	9,01	5,55	0,11	12,04	2,53	31,98
0,225	3,0	11,4	8,75	0,23	11,5	2,36	37,24
0,269	2,5	9,86	7,78	0,35	12,23	2,44	35,16
0,405	1,85	4,21	12,85	0,8	12,95	3,01	35,67
0,307	2,3	10,3	12,03	0,49	11,89	2,51	39,25
0,381	1,87	4,85	10,5	0,62	12,91	3,2	33,95
0,295	1,66	6,71	7,23	0,4	12,43	2,88	31,31
0,179	2,5	12	3,99	0,09	11,33	1,99	31,9
0,35	1,89	5,2	9,62	0,3	12,89	3,69	33,59
0,428	1,78	5,99	11,95	0,95	13,23	3,2	37,10
0,395	2,36	7,23	11,75	0,56	12,49	3,4	37,79
0,192	3,02	9,5	4,01	0,09	11,92	2,6	31,14

сков в развале на 1000м³ отгруженной горной массы существенно увеличивается (табл. 2).

Используя уравнение Розина-Раммлера, рассчитываем гранулометрический состав с любой степенью детализации.

Критерием оценки эффективности технологических процессов являются суммарные затраты

$$C_{\text{сум}} = C_{\text{бур}} + C_{\text{взр}} + C_{\text{экс}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{мех}} + C_{\text{нег}} \quad (8)$$

Зависимости суммарных затрат по технологическим процессам от среднего размера куска взорванных горных пород представлены графиками и в табл. 3.

График зависимости затрат по всем технологическим процессами и суммарные от среднего размера куска для пород с коэффициентом крепости 15 приведен на рис. 4.

Наибольший коэффициент корреляции получен для уравнения

$$C_{\text{сум}} = -500,54 d_{\text{cp}}^3 + 555,49 d_{\text{cp}}^2 - 180,68 d_{\text{cp}} + 52,45 \quad (3)$$

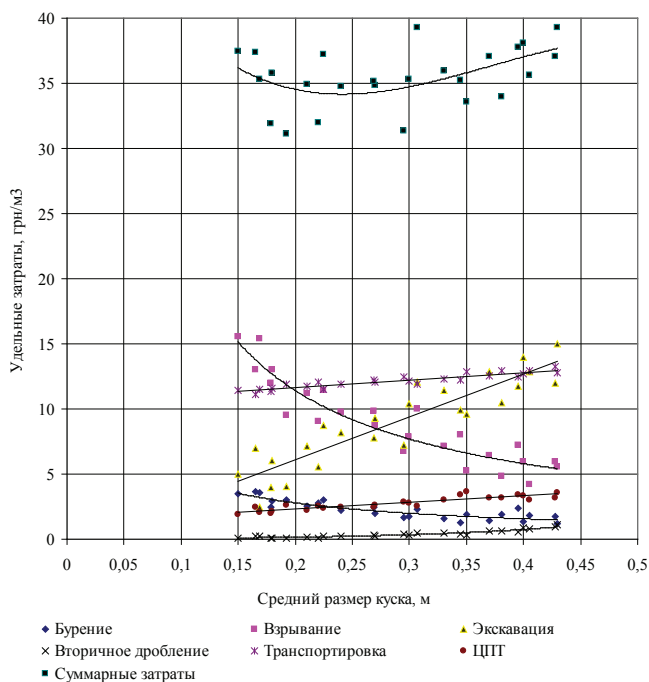


Рис. 4. График затрат по технологическим процессам для условий крепости пород $f = 15$

На основе минимума суммы затрат по всем технологическим процессам установлена величина оптимального дробления пород взрывом. Для пород крепостью $f = 15$ по Протождяконову она находится в пределах $d_{ср} = 230-240$ мм. По другим исследованиям для экскаваторов с меньшей вместимостью ковша она находилась в пределах 200–225 мм. Это свиде-

тельствует, что при применении экскаваторов с большей вместимостью ковшей степень раздробленности горных пород взрывом может быть ниже.

Выводы и направление дальнейших исследований

Установлена зависимость удельных затрат на ремонт и содержание экскаваторов от размера среднего куска в развале, а также общих расходов на экскавацию совместно с расходами на содержание оборудования. Установлены зависимости содержания негабарита в развале пород от количества негабаритов, проходящих на 1000 м³ отгруженных горных пород. Обоснована модель оптимизации взрывного разрушения скальных горных пород на карьерах взрывом в соответствии с применяемым оборудованием и его параметрами.

Библиографический список

1. Крысин Р.С., Новинский В.В. Модели взрывного дробления горных пород: монография. - Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2006. - 144 с.
2. Влияние дробления пород на эффективность технологических процессов открытой разработки / М.Ф. Друкованый, Б.Н. Тартаковский, В.С. Вишняков, Э.И. Ефремов. - К.: Наукова думка, 1974. - 271 с.

Поступила 18.11.2013

УДК 622.34

Вольфсон П.М. /к.т.н./
НИИБТГ КНУ

Приймаченко В.М.

Кампания «АрселорМиттал» горнорудных предприятий стран СНГ

Производство

Закономерности выпуска руды под обрушенными породами в режиме касания эллипсоидов разрыхления

В статье освещаются неизвестные закономерности недозированного выпуска - постоянство отношения высоты гребней к высоте слоя и высоты слоя к расстоянию между дучками, установленному из условия касания эллипсоидов, - позволяющие оптимизировать параметры схем с обрушением при этом режиме. Табл. 1. Библиогр.: 6 назв.

Ключевые слова: критическая высота, оптимальные расстояния между дучками при недозированном выпуске

The article highlights the unknown regularities undosed registration - constancy of the ratio of height to the height of the ridges layer and layer height to the distance between Dutschke established conditions of touch ellipsoids - allows optimal schemes collapse when this mode. Table. 1. Refs.: 6 titles.

Keywords: critical height, the optimal distance between Dutschke at issue undosed

Выпуск руды является одним из наиболее трудоемких и опасных процессов при подземной разработке рудных месторождений. Большая трудоемкость этого процесса в отличие о других процессов, например проходки выработок, когда 1 м выработки подготавливает 1000 т руды, или бурения глубоких скважин, когда 1 м скважины подготавливает

25-30 т руды, обусловлена тем, что каждую тонну отбитой руды нужно реально пропустить через выпускные отверстия в днище блока. А большая опасность выпуска обусловлена неравномерной и значительной кусковатостью отбиваемой руды, несовершенством конструкций и параметров приемных устройств, вызывающие чистые