Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LVIII, вып. 1, 1969 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРУПНОСТИ РУДЫ НА ЕЕ ИСТЕЧЕНИЕ

Л. Ф. Беличенко

Существующие способы отбойки при системах с массовым обрушением, как правило, характеризуются значительным выходом крупнокусковой руды (свыше 250—350 *мм*). Это хорошо видно на примере рудников комбината Апатит. В табл. 1 приведен выход кусков различной крупности в зависимости от метода отбойки.

Таблица 1

Гранулометрический состав апатитовой руды при различных способах отбойки *

Шпуровой		Скважинный		Минный	
d, *мм*	γ, %	*d*, *мм*	γ, %	*d*, *мм*	γ, %
0—50	60,3	0—50	7,6	0—100	51,3
50—100	16,9	50—100	9,2	100—200	18,2
100—150	9,8	100—150	13,3	200—300	9,6
150—250	10,1	150—250	27,2	300—400	6,5
250—350	1,9	250—350	17,9	400—500	3,4
350—450	1,0	350—450	13,4	500—600	1,6
Более 450	—	Более 450	11,4	600—700	1,5
				700—800	1,2
				800—900	0,9
				900—1000	0,6
				Более 1000	5,2

* По данным ВНИИГОРМЕТ и КФ АН СССР.

Средневзвешенный диаметр куска можно определить из выражения

$$d_{ср} = \frac{\sum \gamma d}{\sum \gamma}, \text{ мм}, \quad (1)$$

где γ — выход каждого класса, %; d — средний диаметр частиц, определяемый из выражения $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$; d_1, d_2 — диаметры кусков, ограничивающие фракцию, *мм*.

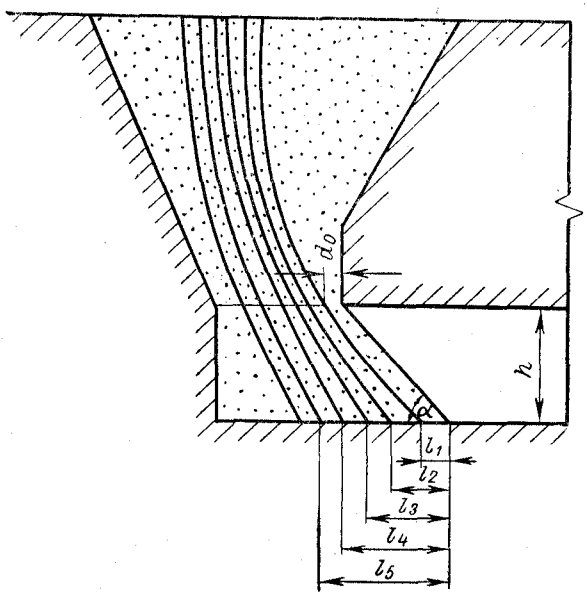


Рис. 1. Схема модели

Средневзвешенный диаметр куска апатитовой руды в результате вычисления по формуле (1) и данных табл. 1 для шпуровой отбойки составит 84, минной 185 и скважинной 270 *мм*. Средний выход некондиционных кусков (размером свыше 400 *мм*) при минной отбойке 14,4, при скважинной 18%. Хотя средневзвешенный диаметр кусков отбиваемой руды воз-

рос, параметры выпускных выработок практически не изменились или изменились незначительно. Поэтому повышение интенсивности истечения из выпускных отверстий представляет значительный интерес для практики.

При истечении руды из дучек площадь движущегося потока руды по неподвижному откосу зависит от физико-механических свойств выпускаемой руды, характера истечения (прерывистый или непрерывный), параметров выпускных устройств, способов доставки (скреперный, грохотный, машинный). Кусковатость руды в значительной мере определяет углы естественного откоса и обрушения, внутреннее трение и сцепление материала, начальное сопротивление сдвигу, а следовательно, и ширину активного отверстия

Для установления зависимости ширины движущегося потока от перечисленных факторов были поставлены лабораторные эксперименты на моделях в масштабе 1 : 10. Модель представляла сопряжение выпускной воронки с рудовыпускной дучкой (рис. 1). В процессе опытов изменялась глубина забора руды l, высота выработки h и крупность выпускаемой руды. Для опытов применялась апатитовая руда следующего гранулометрического состава по фракциям 1—3, 3—11, 14—40 *мм*:

1—3 *мм*		3—11 *мм*		14—40 *мм*	
d, *мм*	γ, %	*d*, *мм*	γ, %	*d*, *мм*	γ, %
0,0—1,0	2,4	1—3	3	14—16	20
1,0—1,1	3,5	3—4	4	16—18	14
1,1—1,2	5,0	4—5	6	18—20	13
1,2—1,3	6,6	5—6	9	20—22	11
1,3—1,4	9,0	6—7	14	22—24	9
1,5—1,6	11,8	7—8	25	24—26	8
1,6—1,7	12,9	8—9	18	26—28	7
1,7—1,8	12,4	9—10	10	28—30	6
1,8—1,9	9,0	10—11	5	30—32	5
1,9—2,0	6,2	11—12	4	32—34	3
2,0—2,1	5,5	12—13	1	34—36	2
2,1—2,2	4,5	13—14	1	36—38	1,5
2,2—2,3	3,6			38—40	0,5
2,3—2,4	2,6				
2,4—2,5	2,0				
2,5—2,6	1,5				
2,6—2,7	0,8				
2,7—3,0	0,7				
$d_{ср} = 1{,}70$		$d_{ср} = 7{,}9$		$d_{ср} = 21{,}8$	

При внедрении рабочего органа (скрепера, ковша машины и др.) в навал нарушается равновесие сыпучего материала, и куски руды сползают по плоскости рудной постели.

С изменением величины забора l изменяется и ширина активного отверстия d_0:

d, *мм*	l, *мм*	Ширина активного отверстия при h, *мм*		
		150	200	250
1—3	60	34	32	30
	100	50	42	34
	140	86	71	54
	180	127	111	94
	220	166	151	133
3—14	60	36	34	32
	100	53	48	46
	140	89	74	69
	180	129	115	105
	220	170	150	139
14—40	100	54	50	48
	140	90	76	72
	180	132	116	109
	220	174	154	144

При применяемой сейчас технологии выпуска руды величина забора $l \leqslant h/\mathrm{tg}\,\alpha$ и обычно не превышает 0,5—1,5 *м*. В этих условиях

$$d_0 = f(l,\ h,\ d_{\text{ср}}).$$

Если глубина забора превосходит горизонтальную проекцию откоса руды, то можно предполагать, что истечение будет происходить подобно выпуску из плоского отверстия.

Зависимость ширины активного отверстия в аналитической форме определялась в несколько этапов по результатам экспериментальных данных. Выражение для d_0 можно записать в виде

$$d_0 = l - A + y, \qquad (2)$$

где A — параметр, определяемый из графика (рис. 2) (продолжение кривых *1* до пересечения с осью абсцисс).

Точки a, b, c на рис. 2, найденные опытным путем, обозначают начало движения руды по откосу.

Добавочный член $y = d_0 + A - l$ находят по кривым *2* (рис. 2). Эти кривые, построенные опытным путем для определенных значений d_0, l при постоянных A, могут быть представлены формулой

$$y = me^{-(nl)^2},$$

где m и n — безразмерные параметры.

На первом этапе методом логарифмического выравнивания получена зависимость d_0 от l, затем последовательно найдена зависимость d_0 от h и $d_{ср}$. В результате эмпирическая формула для определения d_0 может быть записана в виде

$$d_0 = l - (0{,}36 - d_{ср})\,h + (0{,}38 - 1{,}6\,d_{ср})\,he^{0{,}5\frac{l}{h} - 6{,}25\frac{l^2}{h^2}}. \qquad (3)$$

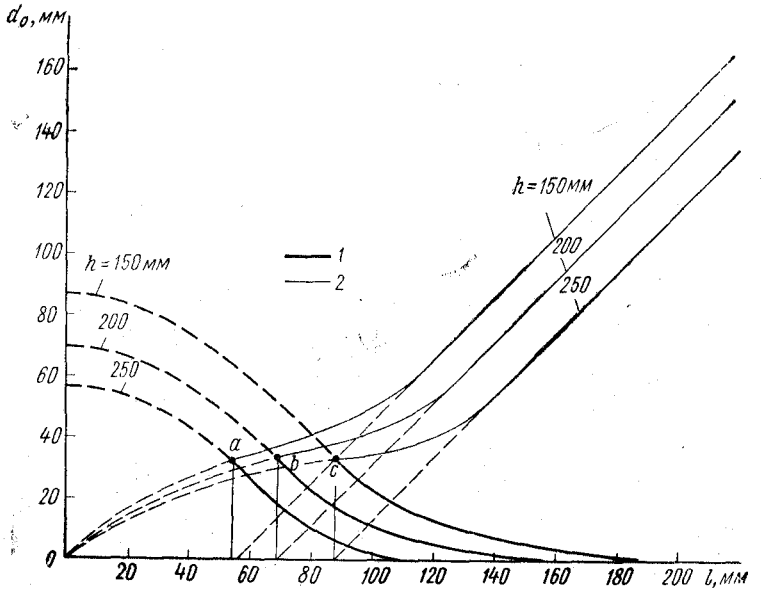


Рис. 2. Графики зависимости ширины активного отверстия от глубины забора (по данным опытов): *1* — ширина активного отверстия; *2* — значения добавочного члена

При $h \geqslant 5d_{ср}$ и $l > 0{,}8$ *м*, соответствующих параметрам выпуска апатитовой руды, при которых происходит истечение, формула (3) дает удовлетворительную сходимость результатов расчета с экспериментальными данными.

Для скважинной отбойки, когда $d_{ср} = 0{,}27$ *м* и $h = 2{,}5$ *м*, выражение (3) приобретает вид

$$d_0 = l - 0{,}225 + 0{,}125\,e^{0{,}2\,l\,(1-5l)}. \qquad (4)$$

Для значений $l > l'$ формулу (4) можно представить в виде выражения

$$d_0 \approx l + 0{,}125\, e^{0{,}2l\,(1 \sim 5l)}.$$

Последнее дает приближенные значения d_0 с точностью до 10%.

Степень свободы истечения сыпучего обычно характеризуется так называемой проходимостью, т. е. отношением диаметра выпускного отверстия к размеру куска. Считают, что истечение будет непрерывным, если это отношение составит 4,5—5,0. Показатель проходимости по высоте активного отверстия определяется по формуле

$$\Delta_{h'} = \frac{h'}{d_к},$$

где h' — высота выпускного отверстия, определяемая из выражения $h' = d_0 \sin \beta$; $d_к$ — диаметр выпускаемого куска; β — угол скатывания кусков по рудной постели, *град.*

Таблица 2

Проходимость руды при различных значениях площади выпускного отверстия и величины забора

d, *м*	$l = 1{,}0$ *м*				$l = 1{,}5$ *м*				$l = 2{,}0$ *м*			
	d_0, *м*	h', *м*	$\Delta_{h'} = \frac{h'}{d_{ср}}$	$\Delta_s = \frac{Lh}{d^2_{ср}}$	d_0, *м*	h', *м*	$\Delta_{h'} = \frac{h'}{d_{ср}}$	$\Delta_s = \frac{Lh}{d^2_{ср}}$	d_0, *м*	h', *м*	$\Delta_{h'} = \frac{h'}{d_{ср}}$	$\Delta_s = \frac{Lh}{d^2_{ср}}$
0,10	0,569	0,400	4,0	80,0	0,927	0,668	6,68	133,6	1,36	0,99	9,9	198
0,20	0,667	0,458	2,29	23,0	1,121	0,773	3,86	38,6	1,59	1,07	5,35	53,5
0,27	0,717	0,488	1,80	13,0	1,270	0,850	3,14	23,2	1,75	1,17	4,32	39
0,30	0,738	0,502	1,67	11,0	1,315	0,870	2,91	19,3	1,82	1,20	4,00	26,6
0,40	0,809	0,541	1,35	6,75	1,509	0,965	2,41	12,0	2,05	1,29	3,21	16
0,50	0,880	0,579	1,15	4,63	1,703	1,050	2,11	8,4	2,28	1,38	2,77	11

В табл. 2 приведены результаты вычислений показателя проходимости потока через выпускное отверстие в зависимости от величины $d_{ср}$ и l при различной высоте выпускной выработки. Причем значения показателя проходимости определены как по высоте $\Delta_{h'}$, так и по площади выпускного отверстия $\Delta_s = Lh'/d^2_{ср}$, где L — длина активного отверстия дучки, *м*.

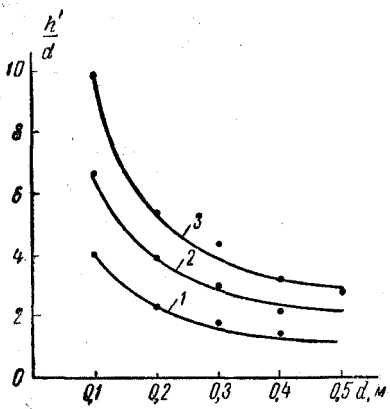


Рис. 3. Зависимость показателя проходимости от диаметра куска: *1* — при глубине забора $l=1$ *м*; *2* — то же при $l=1{,}5$ *м*; *3* — то же при $l=2{,}0$ *м*

Из графика (рис. 3) следует, что с увеличением крупности выпускаемой руды проходимость потока через выпускное отверстие резко падает, область оптимальных значений $\Delta h'$ находится в пределах малых величин средневзвешенного диаметра куска руды, равного 50—70 *мм* при $l=1{,}0$ *м* и 100—200 *мм* при $l=1{,}5$ *м*. Глубина забора $l=2{,}0$ *м* в состоянии обеспечить оптимальный показатель проходимости для средневзвешенного диаметра руды 270—300 *мм*.

Выводы

1. Размеры живого сечения определяются главным образом глубиной забора и высотой выпускной выработки. Средневзвешенный диаметр руды и ее физико-механические свойства оказывают меньшее влияние.

2. При существующих методах отбойки, параметрах выпускных выработок и способах выпуска на апатитовых рудниках невозможно обеспечение свободного истечения руды из дучек, так как для кусков диаметром 270—300 *мм* проходимость равна 1,8—2,0. Непрерывный выпуск возможен только при мелкой руде (средний диаметр куска 100—150 *мм*), когда проходимость составляет 4,8—5,0.

3. Показатели истечения могут быть улучшены за счет равномерного дробления и уменьшения средневзвешенного диаметра кусков отбитой руды до 150—200 *мм*, а также применения новых средств выдачи руды с глубиной забора 1,8—2,0 *м* и более, присущей питателям, способным работать под завалом руды.