

УДК 622.235

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ КОНУСНЫХ ДРОБИЛОК
КРУПНОГО ДРОБЛЕНИЯ**

Мец Ю.С., д. т. н., проф., Антонов Ю.А., д. т. н., проф.

Криворожский технический университет

50086, г. Кривой Рог, Днепропетровская обл. пр.Гагарина, 55/30.

E-mail: ktu@alba.dp.ua

Левицкий А.П., инж.

ОАО "Северный ГОК"

50079, г. Кривой Рог, Днепропетровская обл.

E-mail: sevgok@ukrtel.dp.ua.

Дослідження передавальних функцій конусних дробарок крупного дроблення.

Ключові слова: передавальні функції, дроблення, конусні дробарки.

Transmissing functions of conical brakets of high-rate crushing ave investigated.

Key words: tranmissing, functions, crushing, conical, brakets.

Введение. Дробилки крупного дробления, как правило, конусные типа ККД 1500/180 с развитием циклично-поточной технологии стали неперменным оборудованием крупных карьеров. В то же время в изучении их действия на взорванную массу имеются существенные пробелы, хотя важность этих исследований очевидна.

Анализ предыдущих исследований. Сущность процесса дробления в конусной дробилке сводится к следующему: при эксцентричном вращении внутреннего конуса в момент приближения его к неподвижному внешнему конусу, он с большей силой сжимает (заклинившиеся между конусами в момент удаления поверхностей конусов) куски, в результате чего они разрушаются. Между конусами имеется постоянно открытая щель минимальной ширины L_{min} (в момент сближения конусов) и максимальной ширины L_{max} - в момент удаления поверхностей конусов. Очевидно, что куски, размеры которых меньше L_{min} , проходят через дробилку без изменений, вернее, почти без изменений. Фактически дроблению подвергаются куски размером более L_{min} ($+L_{min}$). Здесь следует отметить одну особенность процесса. Реальные куски имеют три неравных размера: как показал еще Л.И. Барон [1], соотношение между длиной, шириной и толщиной кусков во взорванной массе в середине составляет 2:1, 4:1.

Цель работы. Установление придаточных функций конусных дробилок.

Материал и результаты исследований. Нами проведены специальные измерения более 100 кусков взорванной массы. Измерения показали, что в основной массе куски руды имеют близкую к эллипсоиду вращения - (яйцевидную, в основном до 300) или в виде граненых столбцов (куски до 100 мм по максимальному размеру).

Поэтому измерялись только два размера – максимальный и минимальный.

Таким образом, для кусков с минимальным размером больше 200 мм среднее отношение (удлинение куска) $a_{+200} = \ell_{max}/\ell_{min} = 2,04$; $a_{-200} = 1,55$. Учитывая, что средняя величина щели конусной дробилки 200 мм, то через такую щель могут проходить куски размером до $200 \times 2,04 = 400$ мм по максимальному размеру.

Таким образом, в дробилке ККД 1500/180 подвергаются дроблению фракции +400 мм. Фракции -400 мм проходят сквозь дробилку без изменения. Таким образом, в первом приближении передаточная функция дробилки в общем виде будет описана следующим уравнением

$$\gamma_{+aL_{min}} + \gamma_{-aL_{min}} = \gamma'_{-aL_{min}} \quad (1)$$

или

$$\gamma_{+400} + \gamma_{-400} = \gamma'_{-400} \quad (2)$$

где γ – выход фракций во взорванной массе, γ' – выход фракций после дробилки.

В таком виде передаточная функция достаточна для определения, например, необходимого размера щели, ограничивающего размеры кусков по заданному максимальному размеру (для сохранности резиновой ленты транспортера). Но для того, чтобы определить выход мелких тел, гали и мелочи, т.е. три класса крупности после дробилки по грансоставу взорванной массы, требуется более сложная модель функции.

Для упрощения записей назовем минимальную щель дробилки

$L_{min} = L$ - ширина щели, a – удлинение куска.

Пусть $L_2 < L_1 < L$.

Нас интересует фракция $a(L \div L_1)$, $a(L_1 \div L_2) - aL_2$, их выходы после дробилки:

$$\gamma'_a(L \div L_1); \quad \gamma'_a(L_1 \div L_2); \quad \gamma'_{-aL_2}. \quad (3)$$

Во взорванной массе уже присутствуют вышеупомянутые классы:

$$\gamma_a (L \div L_1); \gamma_a (L_1 \div L_2); \gamma_{-aL_2}. \quad (4)$$

Они пройдут через дробилку без изменений. Класс превратится в классы (3) с вероятностями:

$$P_{a(L \div L_1)}; P_{a(L_1 \div L_2)}; P_{-aL_2} \quad (5)$$

Тогда

$$\begin{cases} g'_{a(L+L_1)} = g_{a(L+L_2)} + g_{+aL} \cdot P_{a(L+L_1)} \\ g'_{a(L_1+L_2)} = g_{a(L_1+L_2)} + g_{+aL} \cdot P_{a(L_1+L_2)} \\ g'_{-aL_2} = g_{-aL_2} + g_{+aL} \cdot P_{-aL_2} \end{cases} \quad (6)$$

Эта, более сложная, передаточная функция дробилки даст возможность рассчитывать дифференцированно выход трех классов крупности питания мельниц после дробилки по грансоставу взорванной горной массы, поступающей в дробилку. Но для этого необходимо определить вероятности.

Очевидно, что аналогичным образом можно построить модель для количества фракций больше и меньше 3-х. Например, для модели, в которой нас интересует фракция -400 +100 и 100 мм, передаточная функция дробилки будет иметь вид:

$$\begin{cases} g'_{-400+100} = g_{-400+100} + g_{+400} \cdot P_{-400+100} \\ g'_{-100} = g_{-100} + g_{+400} \cdot P_{-100} \end{cases} \quad (7)$$

Модели передаточной функции (6) и (7) просты для расчетов. Но их объективность требует доказательства. Дело в том, что класс +400 мм (или + aL) неоднороден. Он состоит из кусков различной крупности от 1500 до 400 мм. Поэтому модели (5) и (6) верны будут только в том случае, если механизм дробления крупных кусков сводится к последовательному откалыванию от него частей примерно одинакового размера (шелушение). В этом случае вероятность перехода P не будет зависеть от начальных размеров куска, и модель будет верна в этом виде. Если же происходит раскалывание кусков, то в этом случае картина усложняется и класс γ_{+400} придется делить на отдельные части, например γ_{+600} и $\gamma_{-600+400}$ и для каждого определить P_{+600} и $P_{-600+400}$.

Модель (7) при этом будет иметь вид

$$\begin{cases} g'_{-400+100} = g_{-400+100} + g_{+600} \cdot P_{-600+100} + g_{-600+400} \cdot P_{-400+100} \\ g'_{-100} = g_{+600} \cdot P_{-100} + g_{-600+400} \cdot P_{-100} \end{cases} \quad (8)$$

и в общем виде

$$\begin{cases} g'_{a(L+L_1)} = g_{a(L+L_1)} + g_{+A} \cdot P_{a(L+L_1)} + g_{-A+B} \cdot P_{a(L+L_1)} \\ g'_{-aL_1} = g_{-aL_1} + g_{+A} \cdot P_{-aL_1} + g_{-A+B} \cdot P_{-aL_1} \end{cases} \quad (9)$$

где $A > B > aL$.

Эти модели отличаются от предыдущих ростом числа членов в правой части. Для проверки влияния начальных размеров кусков на вероятности перехода P проведены лабораторные эксперименты на щековой лабораторной дробилке 60/20. Для этого были приготовлены по 10 кусков руды из карьера, размерами +60 мм, 50 мм, 40 мм, 30 мм, 20 мм. Эти образцы показаны на рис. 1.

Размеры кусков подобраны так, что 4 из них больше среднего размера щели и один примерно ра-

вен щели дробилки. Куски одного размера загружаются в дробилку. После дробления проводится рассев дробленой руды.

Чтобы было возможно экстраполировать результаты дробления в лабораторных условиях на промышленные, представим границы фракций в относительных единицах, выразив их в долях размера щели. Для дробилки 1500/200 диапазон размеров кусков можно разбить на следующие фракции, мм:

1200÷600; 600÷400; 400÷200; 200÷100; 100÷50; <50,

или в размерах щели

$6L \div 3L; 3L \div 2L; 2L \div L; L - 0,5L; 0,5L - 0,25L; <0,25L$.

Фракции больше L подвергаются дроблению и переходят во фракции размерами < L. Таким образом, по результатам эксперимента можно оценить вероятность перехода крупных фракций в мелкие тела (2 - 0,5); «галю» (0,5 - 0,25) и мелочь (0,25).

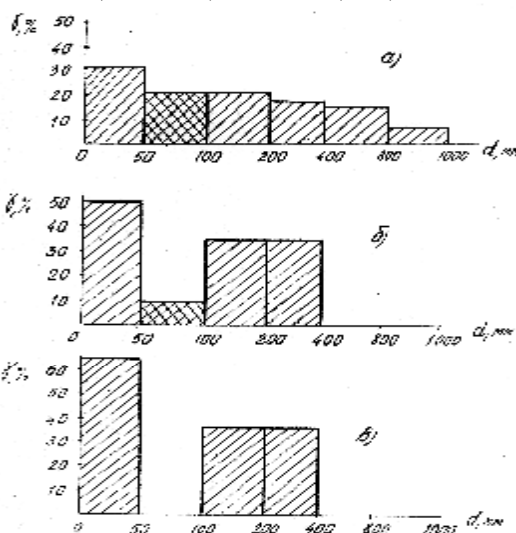


Рисунок 1 – Гистограммы гранулометрического состава взорванной руды:

a – фактическая; б – идеальная для секции с полным самоизмельчением; в – для секции с комбинированным самоизмельчением

Результаты дробления приведены в табл. 1.

Преобразованные данные (табл.2) приведены в табл. 3.

Таблица 1 – Вероятность перехода крупных фракций в другие

Размер кусков до дробления	Размер кусков после дробления	
	7 «галю» 10,5 – 0,25	8 мелочь 0,25
3L	$P_{17} = 0,18$	$P_{18} = 0,16$
2,5L	$P_{27} = 0,17$	$P_{28} = 0,18$
2L	$P_{37} = 0,20$	$P_{38} = 0,14$
1,5L	$P_{47} = 0,18$	$P_{48} = 0,12$
L	$P_{57} = 0,06$	$P_{58} = 0,06$

Анализ данных табл. 1 показывает, что с приближением размеров крупных кусков в исходной руде к

размерам щели дробилки увеличивается вероятность их перехода в мелющие тела и уменьшается вероятность перехода в «галю» и мелочь. Другими словами, чтобы снизить выход промежуточных тел, необходимо уменьшать выход крупных классов во взорванной массе. Такая зависимость возможна, если предположить, что куски руды не сразу раскалываются на части, но от них понемногу откалываются небольшие куски, особенно в верхней зоне дробилки, где ход дробящей поверхности невелик и скорость нагружения тоже невелика. Заметно также, что в диапазоне $3L \div 2L$ вероятности перехода не очень отличаются, вследствие чего модель можно упростить.

Таблица 2 – Вероятность изменения размеров куска после дробления

Размер кусков до дробления	Размер кусков после дробления		
	$> 0,5L$	$0,5L \div 0,25L$	$< 0,25L$
$> 2L$	$P_{13}=0,65$	$P_{14}=0,2$	$P_{15}=0,15$
$2L \div L$	$P_{23}=0,8$	$P_{24}=0,10$	$P_{25}=0,1$

Конечно, полностью переносить результаты определения вероятностей по лабораторным экспериментам на реальные конусные дробилки нельзя. Поэтому для оценки фактических значений вероятностей перехода для дробилки ККД 1500/180 были проведены промышленные эксперименты на Анновском карьере СевГОКа по рудам, аналогичным по прочности окисленным железистым кварцитам ИнГОКа. С этой целью измерен гранулометрический состав в четырех рудных забоях, работающих на перегрузочный узел с дробилкой ККД 1500/200. Затем, в течение нескольких смен, проводится замер грансостава в кузовах автосамосвалах в момент высыпания в дробилку. При этом синхронно проводилось фотографирование руды на питателе конвейера-подъемника. Измерения произведены в объеме 110 самосвалов, при этом перегрузочный узел принял около 4 тыс.т руды. В момент измерений три забоя работали на рудах лежащей пачки южной и один забой на рудах висячей пачки северной части карьера. Средние данные приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Изменение гранулометрического состава горной массы

Место измерений	Гранулометрический состав, %							
	+1200 мм	+1000 мм	+800 мм	+400 мм	+200 мм	+100 мм	-400 +200	-400 +100
В забое	2,3	3,4	6,6	18	35	57	17	37,0
В кузове автосамосвала	2,1	3,1	6,0	17,5	34	55	16,5	36,5
На питании конвейера ППТ (ККД 1500/200)	-	-	-	2,3	17,5	38,5	17,2	36,2

Данные, приведенные в табл. 3, показывают, что при погрузке в самосвалы грансостав взорванной массы

почти не изменяется. Выход класса +100 мм на конвейерной ленте составил в среднем 35,8%, что почти в точности соответствует выходу класса -400+100 мм во взорванной и отгруженной руде. Таким образом, установлено, что «генератором» мелющих тел во взорванной руде Анновского карьера является, в основном, класс -400 +100 мм. Обращает внимание также то, что в руде содержится более 3% класса +1000 мм, а «негабарита» более 2%, что в 20-30 раз выше, чем по отчетным данным. Очевидно это связано с переходом на карьерах к выемочно-погрузочным работам с помощью экскаваторов ЭКГ-8И, в которых зев ковша значительно больше, чем у старых типов ЭКГ-4,6.

Таким образом, для упрощенных расчетов можно представить, что передаточная функция дробилки ККД 1500/180 имеет вид:

$$\begin{cases} g'_{+100} = g_{-400+100} \\ g'_{-100+50} = 0.5g_{+400} + g_{-100+50} \\ g'_{-50} = 0.5g_{+400} + g_{-50} \end{cases} \quad (10)$$

Исследования позволяют предоставить идеальный гранулометрический состав взорванной горной массы, к которому надо стремиться при отбойке руды на карьере. Этот грансостав представлен на рис. 1 для основной схемы самоизмельчения РОФ-2 с рудногалечным измельчением во II стадии, для которой необходимо около 10-15% рудной «гали» из I стадии измельчения.

Для схемы с шаровым измельчением во II стадии «гали» не нужно, поэтому она является балластом для I-ой стадии самоизмельчения, и надо стремиться, чтобы ее во взорванной руде было как можно меньше.

Как уже было показано выше, довольно большое количество «гали» образуется в дробилке из крупных фракций, поэтому первоочередной задачей для отбойки является уменьшение выхода класса +400 мм во взорванной руде. Это задание не только противоречит требованиям ведения горных работ, но и способствует их улучшению.

Выводы.

1. Разработана передаточная функция конусных дробилок крупного дробления по гранулометрическому составу.
2. Доказано, что «генератором» мелющих тел во взорванной руде карьера является выход класса -400 +100 мм.
3. Установлено, что куски крупнее 400 мм дробилкой перерабатываются, в основном, в класс -100 мм, причем в равной мере в «галю» и мелочь.
4. Для повышения производительности процесса самоизмельчения необходимо снизить выход класса +400 мм во взорванной горной массе с одновременным доведением выхода класса - 400 +100 мм до уровня 30 – 35%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барон Л.И., Андрианов И.Ф. Исследование эффективности дробления пород при взрывной отбойке игдантиков на карьерах // Взрывное дело. – 1963. – 53/10. – С. 68.

Статья поступила 05.05.2008.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Воробйовим В.В.

