Записки Ленинградского горного института им.Г.В.Плеханова.
Т. 125. Л., 1991

УДК 622.235

ОПТИМАЛЬНОЕ ДРОБЛЕНИЕ ГОРНОЙ МАССЫ НА ЩЕБЕНОЧНЫХ КАРЬЕРАХ

В.П.МАКАРЬЕВ, О.Г.ВАСИЛЬЕВ

Горные предприятия, производящие строительные материалы (например, щебень), как правило, имеют небольшую производительность (до 1,5–2 млн.м^3 в год) и включают в себя дробильно-сортировочный цех.

Оптимальные характеристики работы такого предприятия необходимо рассматривать на основе технико-экономических критериев качества дробления по всему технологическому комплексу, включающему горные работы, дробление и грохочение дробленого материала. Наиболее важным и легко определяемым в этих условиях критерием качества дробления может служить выход негабаритных фракций, значение которого определяется характером распределения кусков горной массы по размерам.

Экономический критерий прибыли (превышения доходов над расходами) для предприятий небольшой производительности определяется следующими критериями дробления:

1) выходом негабарита (это один из самых важных и легко определяемых критериев);

2) выходом мелких некондиционных фракций;

3) долей различных по крупности сортов кондиционных кусков, отличающихся ценой.

При условии, что известны зависимости, связывающие все критерии крупности через функцию распределения размеров кусков, можно записать экономический критерий как функцию выхода негабарита. Прибыль предприятия в функции выхода негабарита

$$П=(\Phi_М(\Phi_П)+\Phi_{МЗ})(Ц_М-C_К(\Phi_Н)-C_З)+\Phi_К(\Phi_Н)(Ц_К-C_К-C_З)+\Phi_Н(Ц_К-C_К(\Phi_Н)-C_З-C_Н) \quad (1)$$

при условии $\Phi_М+\Phi_{МЗ}+\Phi_К+\Phi_Ч=1$.

Здесь $\Phi_М(\Phi_Н)$ – доля мелких некондиционных фракций (менее 5 мм) в горной массе после взрывных работ как функция негабарита; $\Phi_{МЗ}$ – доля мелких фракций после дробления горной массы на заводе[x]; $\Phi_Н$ – доля негаба-

[x] В общем случае этот показатель зависит и от крупности исходного материала, а значит, и от выхода негабарита, но в то же время эта характеристика, особенно при трехступенчатой схеме дробления, довольно устойчива и составляет в целом 15–20 % от количества горной массы.

ритых фракций; $Ц_{нк}$ – цена мелкой некондиционной части (в некоторых случаях может иметь минусовое значение, т.е. учитывать затраты на складирование некондиционного материала, если он не находит потребителя); $Ц_к$ – цена кондиционных фракций, дифференцированная по крупности этих фракций; $Ф_к(Ф_н)$ – доля кондиционных фракций как функция от выхода негабарита; $С_к(Ф_н)$ – себестоимость добычи горной массы на карьере, зависящая от крупности или степени дробления пород взрывом, т.е. и от выхода негабарита; $С_з$ – себестоимость готовой продукции по заводскому комплексу; $С_н$ – себестоимость 1 м^3 разделки негабаритных кусков горной массы, зависящая только от крупности негабаритных кусков, но не от выхода негабарита.

Исследуя на экстремум зависимость

$$dП/dФ = 0, \qquad (2)$$

можно определить максимальное значение прибыли предприятия и, соответственно, оптимальную для данных условий степень дробления горной массы взрывом (см. рисунок). Поиск экстремума сопряжен с решением громоздкого интегрально-дифференциального уравнения, где взаимосвязь между отдельными участками распределения размеров кусков имеет сложную зависимость, состоящую из двух участков логнормального закона распределения[x]:

$$F(x) = \begin{cases} F_1(x), & x > 150\,мм; \\ F_2(x), & x < 150мм\ . \end{cases}$$

Учитывая принципы прогнозирования горной массы с определенным гранулометрическим составом, можно задать зависимость между $Ф_м$ и $Ф_н$ таблицей или гистограммой с малым шагом изменения параметров и исследовать зависимость (2) при различных стоимостных показателях. Поскольку экономическая конъюнктура меняет соотношение между себестоимостью и ценой, это может влиять на требования к кусковатости горной массы.

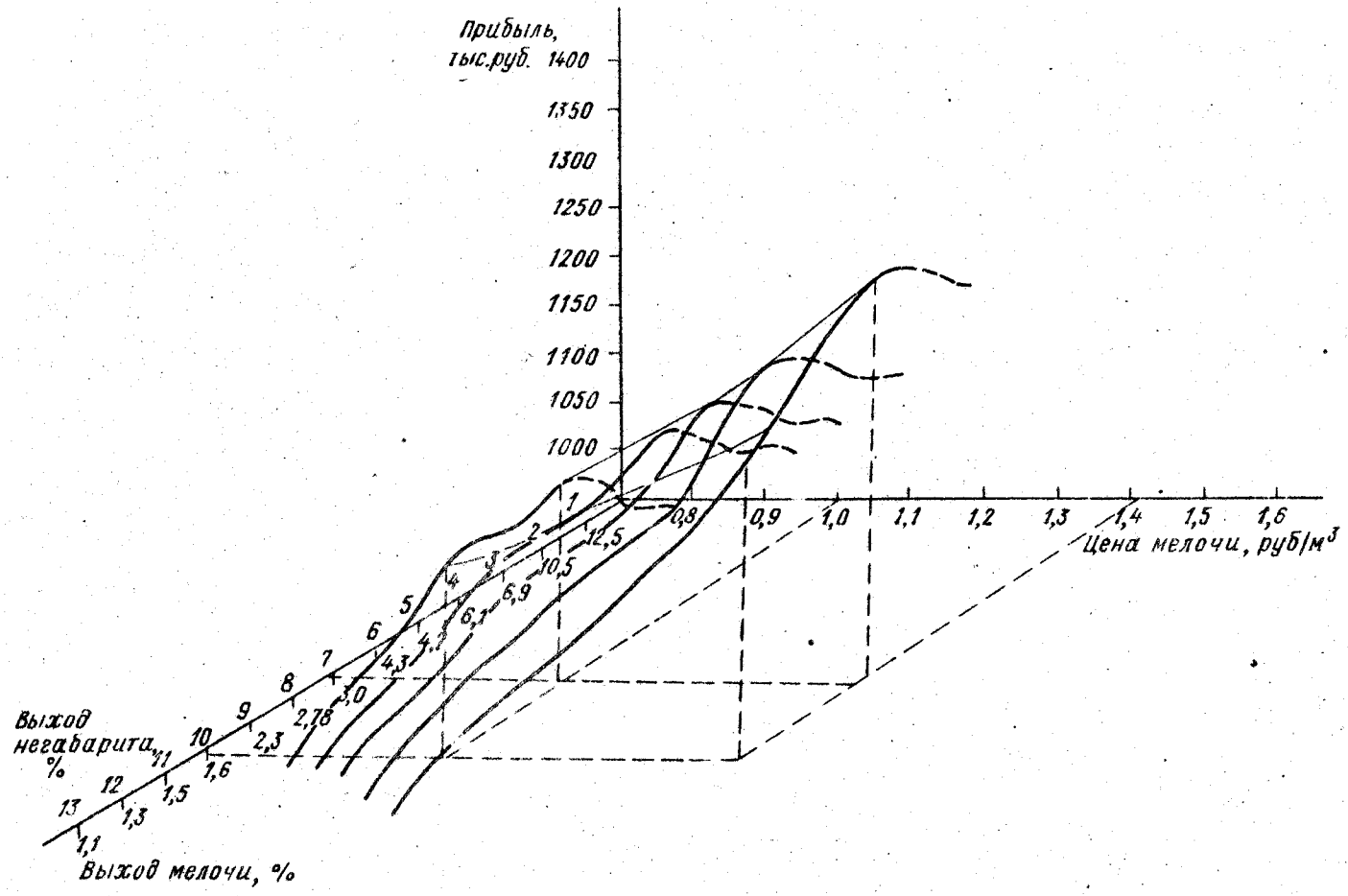
Детальный анализ зависимости (1) при разнице в стоимости между кондиционными и некондиционными фракциями в 3–4 раза и увеличении затрат на разрушение негабарита на 50 %, по сравнению с затратами на отбойку, позволил установить, что область максимума этой зависимости довольно устойчива в широком диапазоне изменения разницы между ценой и себестоимостью и составляет около 7 %. Характер изменения этой зависимости в области малых значений $Ф_н$ более крутой, чем в области больших значений. При малой разнице между ценой и себестоимостью прибыль предприятия быстро превращается в убыток. Значительная (статистически значимая) разница в прибыли лежит в пределах 5–10 % по выходу негабаритных кусков.

Такие высокие значения выхода негабарита создают дополнительные проблемы для карьеров малой производительности с оборудованием менее крупным, чем на рудных карьерах, где выход негабарита редко превосходит 2–4 %.

---

[x] Макарьев В.П. Статистические модели взрывного разрушения и методы исследования кусковатости / Ленинградский горный ин-т. Л., 1981.

Макарьев В.П., Михайлов В.А. Оптимальная степень дробления горной массы // Разрушение горных пород: Межвуз. сб. / Ленинградский горный ин-т. Л., 1983.



Прибыль щебеночного завода "Кузнечное-2" при средней цене щебня 3,5 руб./м³ и разнице между ценой и себестоимостью, равной 1 руб./м³

Еще одной важной особенностью карьеров строительных материалов является то, что они, как правило, расположены в непосредственной близости от поселков или жилых массивов, имеют небольшие размеры в плане. Эти факторы создают экологическую напряженность при организации взрывных работ по разделке негабарита. Так как эта операция чаще всего выполняется методом наружных зарядов, то большая часть их энергии расходуется на ударную воздушную волну (УВВ). Одновременный взрыв наружных зарядов, общая масса которых часто достигает 200 кг, эквивалентен взрыву 40 т скважинных зарядов по действию УВВ.

Все эти сложности учитываются формулой (I) в экономическом аспекте, но создают проблемы организационные и порой могут влиять на себестоимость добычи горной массы. Но даже в этом случае трудно ожидать резкого снижения выхода негабаритных кусков.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что большой выход негабарита характеризует работу щебеночных карьеров строительных материалов и обеспечивает оптимальные показатели работы всего предприятия по добыче и переработке строительного сырья. Следует отметить, что дополнительного рассмотрения требует вопрос о производительности горного оборудования при больших выходах негабарита, о безопасных и экономически выгодных способах дробления его непосредственно в карьерах.