

УДК 622.235

**Н.В. Угольников, Д.Б. Симаков, М.В. Угольникова**

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА КАРЬЕРАХ**

*Проведена оценка энергозатрат на погрузку горной массы экскаватором с учетом качеств взрывного дробления горных пород, которое оценивалось линейным и фотолинейным методом в забое экскаватора.*

*Ключевые слова: месторождения полезных ископаемых, энергозатраты, погрузка горной массы.*

**Р**азработка месторождений полезных ископаемых – одна из наиболее энергоемких отраслей экономики. Оптимизацию энергозатрат в последовательных и связанных между собой технологических процессах добычи и первичной переработки полезных ископаемых необходимо производить на основе критерия, учитывающего общую энергоемкость процессов, при разработке горных пород.

Эффективность использования энергии в технологических процессах открытых горных работ, в конечном счете, определяется кусковатостью горной массы. Причем энергозатраты на бурение и взрывное рыхление определяют затраты на погрузку и первичную переработку на дробилках крупного дробления и зависят от свойств разрушаемого массива.

Для комплекса процессов, предполагающих использование энергии различных видов, целесообразна оптимизация расхода энергии с учетом не только общих энергозатрат, но и сравнительной стоимости единицы энергии.

Рост энергозатрат в каком-либо из технологических процессов может быть компенсирован их экономией в другом процессе.

Проведенные исследования на Худолазском месторождении извест-

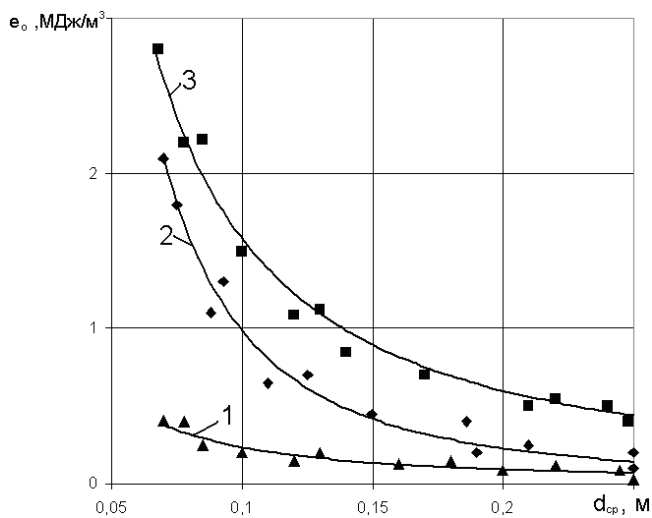
няков позволили установить зависимость удельных затрат энергии на обустройство массива горных пород ( $e_{об}$ ) и взрывное дробление ( $e_{в}$ ) массива горных пород различной блочности от среднего размера куска (рис. 1, 2).

Удельные затраты энергии процесса подготовки горных пород к выемке определяются как средним размером куска, так и блочностью массива горных пород.

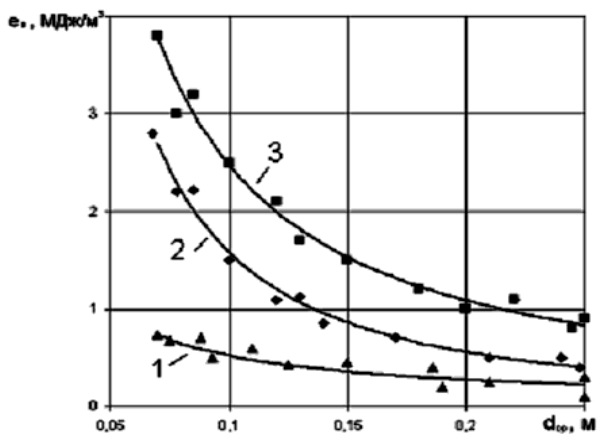
Для достижения среднего размера куска  $d_{ср} = 0,15$  м в процессах обустройства и взрывания необходимо затратить 0,25 и 0,4 МДж/м<sup>3</sup> для мелкоблочных пород; 0,45 и 0,9 МДж/м<sup>3</sup> — для среднеблочных; 0,9 и 1,6 МДж/м<sup>3</sup> для крупноблочных пород соответственно.

Оценка энергозатрат на погрузку горной массы экскаватором производилась с учетом качеств взрывного дробления горных пород, которое оценивалось линейным и фотолинейным методом в забое экскаватора.

В результате проведенных исследований на Худолазском месторождении известняков установлена зависимость изменения энергозатрат процесса экскавации от среднего размера куска (рис. 3).



**Рис. 1.** Зависимость удельных затрат энергии на обрушение горных пород от среднего размера куска: 1 — мелкоблочные; 2 — среднеблочные; 3 — крупноблочные породы



**Рис. 2.** Зависимость удельных затрат энергии при взрывании горных пород от среднего размера куска: 1 — мелкоблочные; 2 — среднеблочные; 3 — крупноблочные породы

Удельные затраты энергии процесса экскавации определяются фракционным составом горной массы, причем с возрастанием среднего размера куска с 0,07 до 0,25 м затраты энергии возрастают с 1,5 до 3,3 МДж/м<sup>3</sup>.

Оценка затрат энергии на перемещение горной массы автосамосвалом БелАЗ-7547 производилась с учетом следующих условий:

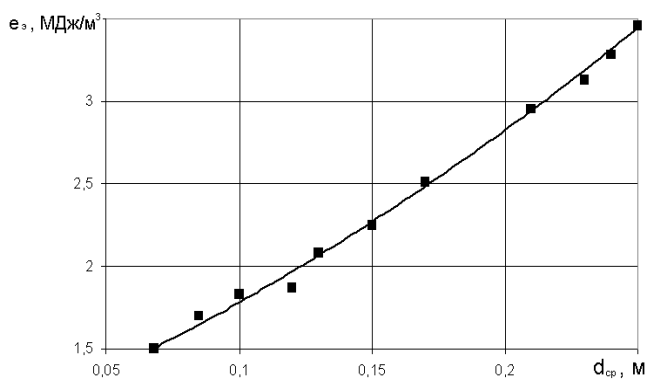
- средняя скорость движения автомобиля 25 км/ч;
- расстояние транспортирования 1,5 км.

Зависимость изменения удельных затрат энергии транспортирования горной массы от среднего размера куска представлена на рис. 4.

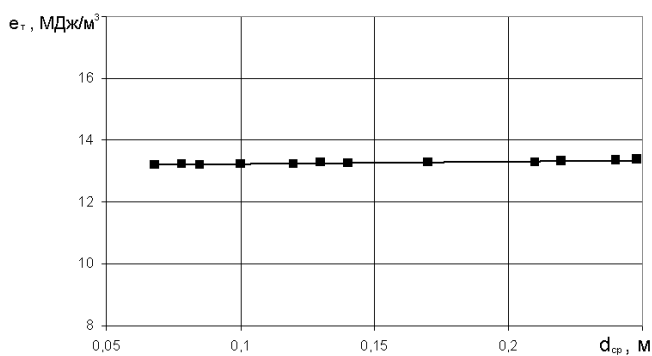
Установлено, что энергетические затраты при перемещении полезного ископаемого практически не связаны или мало зависят от фракционного состава, а изменение расхода тепловой энергии зависит от сочетания других факторов, важнейшими из которых являются: высота подъема груза; расстояние транспортирования; техническое состояние автосамосвала; качество дорожного покрытия и др.

Для оценки влияния качества подготовленной горной массы на энергозатраты при механическом дроблении руд на стадиях крупного дробления проводилась регистрация затрат электроэнергии на дробилке.

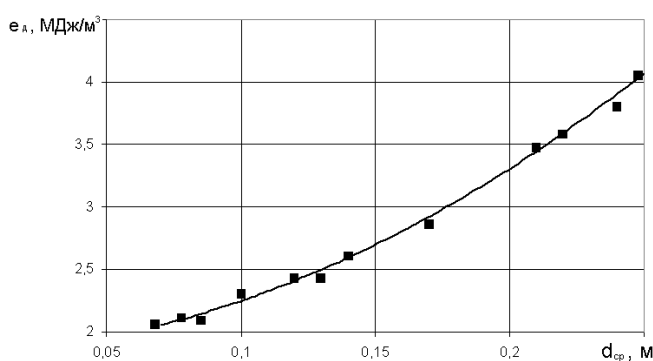
Установлена зависимость удельных затрат энергии крупного дробления от среднего размера куска (рис. 5).



**Рис. 3. Зависимость удельных затрат энергии процесса экскавации от среднего размера куска**



**Рис. 4. Зависимость удельных затрат энергии транспортирования горной массы от среднего размера куска**



**Рис. 5. Зависимость удельных затрат энергии крупного дробления от среднего размера куска**

С увеличением среднего размера куска с 0,08 до 0,25 м затраты энергии возрастают примерно в 2 раза.

В результате проведенных исследований определены уравнения связи среднего размера куска и затрат энергии по всем технологическим процессам для условий Худолозского месторождения (табл. 1).

Суммарные удельные затраты энергии рассчитывались как:

$$e_{\text{сумм}} = e_b + e_g + e_3 + e_m + e_d, \quad (1)$$

где  $e_b$  — удельная энергоёмкость бурения, МДж/м³;

$e_v$  — удельная энергия взрыва, МДж/м³;  $e_4$  —

удельная энергоёмкость экскавации, МДж/м³;  $e_T$  —

удельная энергоёмкость транспортирования

горной массы автомобильным транспортом, МДж/м³;  $e_d$  —

удельная энергоёмкость дробления, МДж/м³.

Суммарные удельные затраты энергии имеют

форму параболы (рис. 6). Параболический характер

зависимости суммарных удельных затрат энергии

от среднего размера куска определяется влиянием

удельных затрат энергии процессов бурения и

взрыва.

Полученные параболические кривые аппроксимируются

следующими зависимостями (табл. 2).

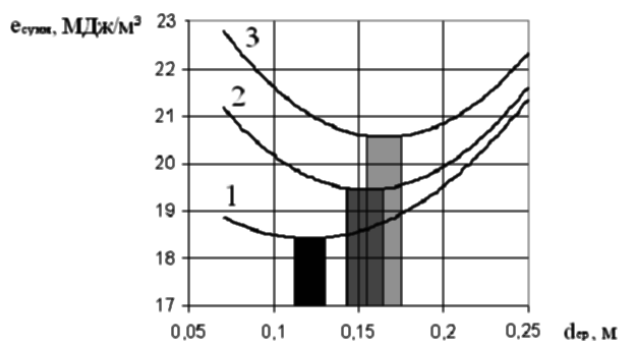
Таблица 1

**Влияние среднего размера куска на удельные энергозатраты**

Процесс	Уравнение	Коэф. корр.
Бурение	Мелкоблочные: $e_{б.м.} = 0,01d_{ср}^{-1,37}$	0,85
	Среднеблочные: $e_{б.с.} = 0,008d_{ср}^{-2,12}$	0,92
	Крупноблочные: $e_{б.к.} = 0,063d_{ср}^{-1,40}$	0,91
Взрывание	Мелкоблочные: $e_{в.м.} = 0,06d_{ср}^{-0,94}$	0,87
	Среднеблочные: $e_{в.с.} = 0,05d_{ср}^{-1,5}$	0,91
	Крупноблочные: $e_{в.к.} = 0,16d_{ср}^{-1,19}$	0,97
Экскавация	$e_э = 13,14d_{ср}^2 + 6,5d_{ср} + 1$	0,99
Транспортирование	$e_т = 0,86d_{ср} + 13,15$	0,89
Дробление	$e_д = 31,4d_{ср}^2 + 13d_{ср} + 1,8$	0,99

Таблица 2

$$e_{сумм} = \begin{cases} 248,6d_{ср}^2 - 82,2d_{ср} + 27,3; & \text{для мелкоблочных} \\ 240,4d_{ср}^2 - 74,5d_{ср} + 25,2; & \text{для среднеблочных} \\ 176,3d_{ср}^2 - 42,6d_{ср} + 21,0; & \text{для крупноблочных} \end{cases} \quad (2)$$



**Рис. 6. Зависимость суммарных удельных затрат энергии от среднего размера куска: 1 — мелкоблочные, 2 — среднеблочные, 3 — крупноблочные породы**

Таким образом, величина рационального средневзвешенного размера куска определяется минимумом суммарных удельных затрат энергии и составляет для мелкоблочных пород 0,13 м, для среднеблочных 0,16 м, для крупноблочных 0,17 м, при этом рациональная степень дробления соответственно равна 1,7; 3; 4,4. **ГИАБ**

**Коротко об авторах**

**Угольников Н.В.** — доцент, кандидат технических наук, ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» факультет горных технологий и транспорта кафедра открытой разработки месторождений полезных ископаемых, E-mail: UgKit@mail.ru.

**Симаков Д.Б.** — старший преподаватель, кандидат технических наук, ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» факультет экономики и права кафедра экономики и управления на предприятии,

**Угольникова М.В.** — аспирант, ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» факультет горных технологий и транспорта кафедра открытой разработки месторождений полезных ископаемых,