УДК 622.01

Г.А.ХОЛОДНЯКОВ, *д-р техн. наук, профессор, verahol@bk.ru*
М.Д.АБДУЛЛАЕВ, *аспирант, m-abdullaev@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

G.A.HOLODNYAKOV, *Dr. in eng. sc., professor, verahol@bk.ru*
M.D.ABDULLAEV, *post-graduate student, m-abdullaev@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА ПО РУДЕ ОТ ВЫСОТЫ УСТУПА

Произведена оценка влияния высоты уступа на развитие добычных работ и производительность карьера по руде. Представлен анализ зависимости высоты уступа от площади рудной залежи в пределах карьерного поля, а также зависимость длины фронта работ от угла падения рудного тела.

***Ключевые слова*:** производительность карьера, высота уступа, руда, скорость углубки.

QUARRY CAPACITY OF ORE RELATION FROM BENCH HEIGHT

The work evaluated the impact of the bench height on the development of mining operations and quarry capacity of ore. The analysis of the height of the step depends on the area of the ore deposit within the quarry field, as well as the dependence of the length of the scope of work on the angle of the ore body.

***Key words*:** quarry capacity; bench height; the ore, sinking rate.

Как правило, для крупных месторождений значительной протяженности ограничивающим фактором добычи является годовое понижение добычных работ. По условию расстановки экскаваторов на рудном фронте производительность получается на 20-35 % выше, чем по условию понижения работ.

Если произвести группировку железорудных карьеров по интенсивности горных работ с определением их суммарной производительности по руде, то производительность карьеров, где решающим фактором является годовое понижение, составляет 75 % от общей производительности [2].

Ряд исследователей в своих работах устанавливают простую зависимость между производительностью карьера по руде $A_р$ и годовым понижением добычных работ [1]:

$$A_р = П_{др} S \gamma_р \eta_и (1+\rho), \qquad (1)$$

где $П_{др}$ – среднегодовое понижение добычных работ в карьере, м; S – площадь полезного ископаемого в пределах карьера, м^2; $\gamma_р$ – объемная масса руды, т/м^3; $\eta_и$ – коэффициент извлечения руды при добыче; ρ – коэффициент разубоживания.

Формула (1) не отражает истинную зависимость между указанными в ней величинами и требует уточнения.

Во-первых, при установлении взаимосвязи между количественными показателями в формуле фигурирует и качественный показатель – разубоживание. Во-вторых, если допустить, что качественный показатель – разубоживание соответствует по величине количественному показателю – примешиванию, то в формуле (1) учитывается извлечение не руды, как следовало бы, а рудной массы. В-третьих, показатель разубоживания (правильнее сказать примешивания) должен быть получен из соотношения объемов примешиваемых пород к объему эксплуатационных или (в случае использования показателя примешивания) промыш-

ленных запасов руды, а объемная масса руды $\gamma_р$ должна быть заменена на объемную массу рудной массы – $\gamma_м$.

После уточнения величин в соответствии с указанными замечаниями и математических преобразований формула определения производительности примет следующий вид:

$$A_р = П_{др} S \gamma_м \frac{П_о}{\rho_о}, \qquad (2)$$

где $П_о$ – коэффициент объемного примешивания; $\rho_о$ – коэффициент объемного разубоживания.

Возможная производительность карьера по руде из условия расстановки экскаваторов $A'_р$ может быть определена исходя из минимальной длины фронта работ на один экскаватор $l_ф$, длины рудного тела $L_{рт}$ в карьере, количества добычных горизонтов n и производительности одного экскаватора Q.

Принимая за основу положение $A_р \le A'_р$, можно получить следующую зависимость для высоты уступа:

$$h \le \frac{S}{L_{фр}(\operatorname{ctg}\varphi \pm \operatorname{ctg}\beta)}, \qquad (3)$$

где $L_{фр} = n_{эк} l_ф$; $n_{эк}$ – количество экскаваторов на добыче, шт.; φ – угол откоса рабочего борта; β – угол направления углубки карьера.

Графоаналитический анализ зависимости h от S; $l_ф$ и β позволяет сделать следующие выводы:

1. Очень большое влияние на высоту уступов оказывает величина $l_ф$ в пределах ее изменения от 300 до 700 м. Дальнейшее постепенное увеличение длины фронта работ на один экскаватор мало сказывается на значении высоты уступов.

2. При отработке рудного тела с углом падения менее 75°, с точки зрения выбора наибольшего значения высоты уступа, направление развития работ следует рекомендовать от висячего бока залежи или поперечными заходками, если достаточна мощность рудного тела и позволяет вид транспорта.

3. При сокращении с глубиной карьера площади залежи и изменении угла ее падения для сохранения годовой производительности карьера по руде необходимо изменение высоты уступа, так как компенсация потери рудного фронта уменьшением длины $l_ф$, т.е. увеличением количества работающих экскаваторов на горизонте $n_{гор}$, практически недопустима по условиям транспорта с горизонта.

Произведя с выражением (3) ряд математических преобразований, можно получить зависимость

$$\frac{L_{рт} n_{гор}}{n_{эк} l_ф} \ge 1. \qquad (4)$$

Как видно из зависимости (4), сохранение уровня добычи руды достигается своевременным вскрытием и подготовкой нижележащих горизонтов, т.е. понижением добычных работ.

Время подготовки горизонта может быть определено по формуле А.И.Арсентьева [1]

$$T = \frac{V_1}{n_1 Q} + \frac{l_ф + l_в + l_0 + l_т}{v_т}, \qquad (5)$$

где V_1 – объем работ по расширению разрезной траншеи верхнего уступа, обеспечивающий возможность подготовки нижнего уступа, м^3; n_1 – количество экскаваторных блоков при расширении разрезной траншеи верхнего горизонта; Q – производительность экскаватора, м^3/мес.; $l_в$ – длина въездной траншеи, м; l_0 – минимальное расстояние между экскаваторами, проходящим и расширяющим траншею, м; $l_т$ – длина площадки примыкания или тупика, м; $v_т$ – скорость проходки траншеи, м/мес.

Как следует из выражения (5), скорость проходки траншей является решающим фактором в определении продолжительности вскрытия и подготовки новых горизонтов к эксплуатации, а следовательно, и в создании и поддержании необходимого фронта добычных и горных работ в целом.

По виду транспорта пород при проходке траншей могут быть выделены следующие основные группы [3]: с погрузкой на железнодорожный транспорт; с погрузкой

на автомобильный транспорт; с комбинированным транспортом пород.

По организации погрузочных работ способы проходки траншей можно разделить на три группы: экскаваторами с нижней погрузкой; экскаваторами с верхней погрузкой; с комбинацией верхней и нижней погрузки.

По конструкции забоя при проходке траншей могут быть выделены следующие способы: сплошным забоем на всю высоту уступа; с разбивкой сечения траншеи по высоте на выемочные слои.

Основными параметрами являются высота уступа и ширина траншей по дну. Оба эти параметра определяют объем траншеи и, соответственно, влияют на скорость ее проходки.

В основу расчета скорости проходки траншей положены площади сечения и сменные производительности экскаваторов в траншейных условиях в зависимости от схем проходки.

Анализ результатов расчетов позволяет сделать следующие выводы:

1. При увеличении высоты уступов от 10 до 20 м скорость проходки траншей уменьшается в обратно пропорциональной зависимости:

$$v_{20-10} = K_{\text{пр}} \frac{h_{10-20}}{h_{20-10}}, \qquad (6)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент пропорциональности, $K_{\text{пр}} = 0{,}8 \div 0{,}9$ при большей высоте уступа по отношению к известной, $K_{\text{пр}} = 1{,}1 \div 1{,}25$ при меньшей высоте уступа по отношению к известной. Значение $K_{\text{пр}}$ зависит от схем проходки траншей.

2. Для увеличения производительности экскаваторов, занятых на проходке траншей, отношение емкостей транспортных сосудов и ковшей экскаваторов должно быть максимально возможным.

После установления влияния высоты уступа на скорость проходки траншей, а следовательно, на время подготовки горизонта к эксплуатации, можно определить влияние высоты уступов на скорость понижения добычных работ. На основании ранее выполненных исследований [1-3] можно утверждать, что чем больше время подготовки горизонта к эксплуатации, что соответствует большей высоте уступа, тем меньше скорость понижения горных и, соответственно, добычных работ. Это положение подтверждается произведенными расчетами.

На основании анализа результатов расчета эту зависимость можно представить выражением

$$\Pi_{\text{гр}20-10} = K_{\text{пр}} \frac{h_{10-20}}{h_{20-10}} \Pi_{\text{гр}10-20}, \qquad (7)$$

где П – среднегодовое понижение горных работ, м.

Коэффициент пропорциональности зависит от диапазона изменения высоты уступов. При изменении высоты уступов от 10 до 15 м коэффициент $K_{\text{пр}} = 1$; при изменении высоты уступов от 15 до 20 м коэффициент $K_{\text{пр}} = 0{,}9$.

Следовательно, и производительность карьеров по руде непосредственно зависит от высоты уступов, причем зависимость обратно пропорциональная. Иными словами, чем больше высота уступа, тем меньше возможная производительность карьера по руде. Поэтому при проектировании (в частности, при определении размера производительности карьера по полезному ископаемому) необходимо тщательно анализировать горно-геологические и горно-технические условия разработки по всей предполагаемой глубине карьера с целью выявления зон, где потребуется изменение высоты уступа для обеспечения стабильности объема добычных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Арсентьев А.И.* Определение производительности и границ карьеров. М.: Недра, 1970. 283 с.

2. *Арсентьев А.И.* Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений / А.И.Арсентьев, Г.А.Холодняков. М.: Недра, 1994. 336 с.

3. *Трубецкой К.Н.* Проектирование карьеров: В 2 т. / К.Н.Трубецкой, Г.Л.Краснянский, В.В.Хронин. М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. Т.2. 519 с.

REFERENCES

1. *Arsentyev A.I.* Determination of productivity and borders of pits. Moscow: Nedra, 1970. 283 p.

2. *Arsentyev A.I. Holodnyakov G.A.* Design of mining operations in the open mining. Moscow: Nedra, 1994. 336 p.

3. *Troubetzkoy K.N., Krasnyansky G.L., Hronin V.V.* Design quarry: 2 vols. Moscow: Publ. house of the Academy of Mining Sciences, 2001. Vol.2. 519 p.