

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСКАВАЦИИ ПОЛУСКАЛЬНЫХ ПОРОД В  
МАССИВЕ И РАЗРЫХЛЕННОМ СОСТОЯНИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ  
ГОРЮЧЕГО СЛАНЦА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЭЛЬ-ЛАЖУН**

Ефективність екскавації порід у масиві чи розпушеному стані залежить від тривалості копання в циклі екскавації, зміни продуктивності екскаватора протягом його терміну служби і тривалості терміну служби екскаватора. У залежності від виїмки порід безпосередньо з масиву чи після буропідриєвних робіт для відпрацювання всього родовища буде потрібно різна кількість екскаваційних машин. Ефективність залежить від співвідношення витрат на екскаваційні і буропідриєвні роботи.

**EFFICIENCY EXCAVATE HALF-SKAL OF BREEDS IN A FILE AND  
LOOSENED CONDITION BY DEVELOPMENT OF COMBUSTIBLE SLATE  
OF A DEPOSIT EL-LAJUN**

The efficiency excavate of breeds in a file or loosened condition depends on duration digging in a cycle excavate, change of productivity of a dredge during its service life and duration of service life of a dredge. Whether depending on a collection of breeds directly from a file after drilling and blasting of works for completed of all deposit the different quantity excavation of machines is required. The efficiency depends on a parity of expenses on excavation and drilling and blasting of work.

Месторождение горючих сланцев Эль-Лажун представлено битуминозно-мергелистыми породами, переслаивающимися кремнистыми сланцами. Мощность покрывающих пород колеблется от 15 до 30 м, мощность горючего сланца от 20 до 30 м. Плотность горючего сланца в среднем составит 1,8 г/см<sup>3</sup>. Прочность пород по шкале Протодьяконова 4,5 - 6 баллов. Породы трещиноватые (особенно верхние горизонты), относятся к полускальным.

При проектировании карьеров на месторождениях с полускальными породами необходимо установить целесообразность проведения разработки пород с применением буровзрывных работ или без них. Как известно, продолжительность копания в цикле эскавации составляет 20 - 30% [1], что не является фактором, определяющим эффективность эскавации в данных условиях. Более существенно влияет срок службы эскаватора, изменение его производительности в этот период и необходимое количество эскаваторов для отработки месторождения. В то же время экономическая оценка эффективности эскавации пород в массиве и разрыхленном состоянии выполняется по приведенным затратам в расчете на один год, что не отражает действительное изменение затрат во времени. Многочисленность факторов, влияющих на производительность эскаваторов, может быть учтена в экономической оценке только при опытно-промышленной проверке эскавации полускальных пород в массиве и разрыхленном состоянии [2 - 4]. Для проектируемых месторождений определение эффективности эскавации пород в массиве или после рыхления применительно к условиям разработки горючего сланца можно произвести с учетом следующего:

а) изменения производительности экскаватора за счет различной продолжительности процесса копания;

б) изменения годовой производительности экскаватора за период его срока службы;

в) изменения продолжительности срока службы экскаватора, зависящий от условий его работы: экскавация пород из массива и в разрыхленном состоянии после буровзрывных работ; поэтому за весь период срока службы экскаватора в зависимости от условий копания будет вынут различный объем горной массы.

Процесс копания полускальных пород характеризуется изменением усилий и скорости движения рабочего органа при копании. Каждая модель выемочной машины характеризуется расчетным (номинальным) усилием копания, а следовательно, и номинальными размерами стружек при необходимом усилии копания. Если усилия копания, необходимые для экскавации пород, больше расчетных, то необходимо уменьшать толщину срезаемой стружки. Разновидностям пород, характеризуемым физико-механическими свойствами, трещиноватостью, влажностью, и каждому рабочему органу с принятой технологией экскавации соответствуют определенные усилия копания. На этой основе для проектирования экскавационных работ разработаны классификации горных пород по трудности их разработки одноковшовыми экскаваторами [1].

Удельная трещиноватость пород рассматриваемого месторождения горючего сланца изменяется по горизонтам. Причем трещиноватость вскрышных пород и полезного ископаемого различна. Удельная трещиноватость вскрышных пород колеблется от 3,1 до 1,0 м<sup>-2</sup>, а полезного ископаемого от 1,0 до 0,2 м<sup>-2</sup>. Согласно классификации пород по трещиноватости вскрышные породы можно отнести к среднетрещиноватым, а полезное ископаемое – к малотрещиноватым породам, т.е. соответственно к III и IV категориям [4]. Величина сцепления в массиве колеблется от 0,162 до 0,505 МПа. Естественная влажность пород составляет 11 - 14%.

При проектировании экскавационных работ для перспективных месторождений необходимо определить к какой категории относятся породы по трудности их экскавации. Для этого устанавливают величину удельного сопротивления пород копанию. В работе [1] для прочных разновидностей полускальных пород и сильно трещиноватых скальных пород при величине сцепления в массиве  $C_m = 0,085 - 0,50$  МПа величину удельного сопротивления пород копанию при выемке их из массива  $K_F$  рекомендуется определять по выражению:

$$K_F = (1,72C_m + 0,1) \cdot M_3$$

где  $M_3$  – коэффициент, учитывающий типоразмер экскаватора по емкости ковша (для экскаваторов ЭКГ-12,5 и ЭКГ-20 соответственно составляет 0,9 и 0,85).

Проведенные расчеты по приведенной зависимости свидетельствуют, что породы относятся к V категории. Для полускальных и скальных пород при

выемке их после рыхления буровзрывными работами величину удельного сопротивления пород копанию можно определить [1] по выражению

$$K_F = 0,018 \sigma_{сж} K_T M_{\Sigma},$$

где  $\sigma_{сж}$  – прочность пород на сжатие,  $K_T$  – коэффициент, учитывающий трещиноватость пород (для условий рассматриваемого месторождения он составляет 0,6 - 0,77).

Расчеты по приведенной зависимости при прочности пород на сжатие 6 – 10 МПа свидетельствуют, что породы месторождения относятся к IV категории.

В дальнейшем будем полагать, что удельное сопротивление пород копанию  $K_F$  находится в пределах 0,28 - 1,0 МПа при выемке горной массы из массива и 0,09 - 0,28 МПа при экскавации взорванных пород.

Техническую производительность экскаватора для экскавации породного полускального массива и взорванных скальных пород согласно [3] можно определить по выражению

$$Q_T = \frac{3600 E K_{\Sigma}}{t_k + t_n + t_p},$$

где  $E$  – емкость ковша экскаватора, м<sup>3</sup>;  $K_{\Sigma}$  – коэффициент экскавации;  $t_n$ ,  $t_p$  – время на повороты и разгрузку;  $t$  – продолжительность процесса копания, которая определяется по выражению

$$t_k = \frac{E K_F K_P}{102 N_n \eta}$$

где  $K_F$  – удельное сопротивление копанию, принимается различным при экскавации пород массива и взорванных пород;  $N_n$  – мощность подъемного двигателя экскаватора;  $\eta$  – коэффициент полезного действия оборудования мехлопаты,  $\eta = 0,45$ .

Эксплуатационная годовая производительность

$$Q_c = Q_T T K_u$$

где  $T$  – количество часов работы экскаватора в течение года, ч;  $K_u$  – коэффициент использования экскаватора, принимается различным при выемке горной массы из массива и при взрыве.

Выше была рассмотрена зависимость годовой производительности экскаватора только за счет изменения продолжительности процесса копания в цикле

экскавации. Далее рассмотрим изменение производительности экскаватора за срок его службы.

В течение нормативного срока службы производительность экскаватора изменяется: она низкая в период освоения, затем номинальная в течение основного срока службы, а затем снижается в результате интенсивного износа механизмов. В этой связи, количество экскаваторов, необходимое для выполнения заданных объемов работ будет различным. Кроме того, следует учесть и различие условий работы экскаваторов по разработке (массива и взорванной горной массы).

Для условий карьеров с полускальными породами на основе фактических данных в работе [1] приведено изменение производительности экскаваторов в течение эксплуатации. Изменение производительности экскаватора за период его срока службы с учетом особенностей месторождения горючих сланцев Эль-Лажун учитывается коэффициентом  $K_{ni}$  (табл. 1).

Таблица 1 – Изменение производительности одноковшовых экскаваторов в течение срока службы ( в долях единицы от номинальной)

| Тип экскаватора<br>(емкость ковша)                  | Значение коэффициента $K_{ni}$ по годам эксплуатации |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|
|                                                     | 1                                                    | 2    | 3    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | $K_{n,ср}$ |
| Прямые<br>мехлопаты<br>( $E = 6 - 8 \text{ м}^3$ )  | 0,88                                                 | 0,93 | 0,98 | 1,00 | 0,97 | 0,90 | 0,86 | 0,82 | 0,67 | 0,60 | 0,864      |
| Прямые<br>мехлопаты<br>( $E = 8 - 20 \text{ м}^3$ ) | 0,85                                                 | 0,91 | 0,95 | 1,00 | 0,98 | 0,90 | 0,82 | 0,78 | 0,75 | 0,71 | 0,868      |
| Драглайны                                           | -                                                    | 0,91 | 0,94 | 1,00 | 0,95 | 0,92 | 0,90 | 0,85 | 0,78 | 0,71 | 0,776      |

Объем горной массы  $V_o$ , который выработает экскаватор за весь срок своей службы  $T_c$ , составит

$$V_o = \sum_0^{T_c} Q_e K_{ni}.$$

Если принять коэффициент изменения производительности экскаватора средним  $K_{n,ср}$  за весь срок его службы, то

$$V_o = Q_e T_c K_{n,ср}.$$

Нормативный срок службы экскаватора  $T_n$  определяют исходя из экскавации пород массива, представленных средними условиями, т.е. удельное сопротивление копанью является средним  $K_{FC}$  (нормативным). Срок службы экскаватора изменяется соответственно изменению условий его работы: удельное сопротивление пород копанью повышается – срок службы экскаватора

относительно нормативного снижается; при снижении сопротивления пород копанью – срок службы экскаватора повышается, т.е.

$$T_c = T_n \frac{K_{FC}}{K_F}.$$

Тогда

$$V_3 = Q_z K_{n.c.p.} T_n \frac{K_{FC}}{K_F}.$$

Таким образом, объем горной массы, который выработает экскаватор, зависит от продолжительности процесса копания в цикле экскавации, изменения его производительности в течение срока службы, от срока службы экскаватора.

$$V_3 = \left( \frac{3600 E K_3}{E K_F K_3 K_p + t_n + t_p} \right) T K_n K_{n.c.p.} T_n \frac{K_{FC}}{K_F}.$$

Для отработки запасов месторождения  $V_3$  в зависимости от выемки пород из массива или в разрыхленном состоянии после буровзрывных работ потребуется различное количество экскаваторов

$$Ш_3 = \frac{V_3}{Q_z K_{n.c.p.} T_n \frac{K_{FC}}{K_F}}.$$

Оценку эффективности экскавации пород из естественного массива или в разрыхленном состоянии после буровзрывных работ для рассматриваемого месторождения можно произвести по энергозатратам [5].

Из проведенных исследований следует, что при экскавации пород из массива энергозатраты выше, чем при экскавации взорванных скальных пород. Если качество дробления пород взрывом снижается до уровня, когда усилия копания достигают до 0,4 - 0,5 МПа (т.е. выше среднего уровня), то энергозатраты при этом выше только на 30 – 40%. Таким образом, в условиях рассматриваемого месторождения при применении одноковшовых экскаваторов целесообразно экскавацию пород производить после их взрывного разрушения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляков Ю.И. Проектирование экскаваторных работ. М.: Недра, 1983 – 348 с.
2. Репин Н.Я. Подготовка и экскавация вскрышных пород угольных разрезов, М.: Недра, 1978.
3. Беляков Ю.И., Владимиров В.М. Совершенствование экскаваторных работ на карьерах. М.: Недра, 1974.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. 4.1. Производственные процессы. М.: Наука, 1985 – 500 с.
5. Темченко А.Г. Ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кривий Ріг: „Мінерал”, 2000 – 216с.

УДК 622.271

Асп. О.А. Медведева (ИГТМ НАН Украины)

### **ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ВСКРЫТИЯ ГОРИЗОНТОВ В УСЛОВИЯХ ПЕРВОМАЙСКОГО КАРЬЕРА ОАО «СевГОК»**

Приведено сучасний стан гірничих робіт і у зв'язку з цим розглянуто перспективні схеми розкриття глибоких горизонтів Першотравневого кар'єру ВАТ «ПівніГЗК».

### **CHOICE OF RATIONAL OPENING SCHEMES OF HORIZONS IN CONDITIONS OF MAIDEN MAY OF OPENCAST OPENED JOINT-STOCK COMPANY "NORTHERN MINING ENRICHING CENTRE"**

The state of the art of mining operations and is adduced in this connection the opening schemes of deep levels of Maiden May of opencast Opened Joint-stock company "Northern Mining Enriching Centre" are reviewed.

Эффективная работа добычи железных руд открытым способом в Кривбассе определяется производственной мощностью карьеров, зависящей от производительности горнотранспортного вскрышного комплекса и применяемых схем вскрытия глубоких горизонтов. В настоящее время в связи с интенсивным понижением горных работ глубина карьеров достигает 300 – 450 м и такую же высоту во многих случаях составляет рабочая зона. Одновременно в рассредоточенной рабочей зоне карьера применяют несколько технологий: цикличную, циклично-поточную и поточную, которые включают следующие виды транспорта: автомобильный, железнодорожный, конвейерный и комбинированный, а также внешнее и внутреннее отвалообразование.

Заданная производительность карьера по руде может быть достигнута при согласованной работе видов транспорта, которая должна обеспечиваться: поддержание такой высоты рабочей зоны, которая соответствует эффективному применению данного вида транспорта; изменении высоты рабочих зон каждого вида транспорта при понижении горных работ.

Однако, если схемы вскрытия не эффективны (большие расстояния транспортирования, отсутствие нерабочих бортов, неоптимальное развитие горных работ), то производительность горнотранспортного вскрышного комплекса снижается и также снижается производственная мощность карьера.

В настоящее время потребность в рудном сырье по Первомайскому карьере ОАО «СевГОК» снизилась с 30,5 до 15 млн.т, поэтому необходим ввод новых схем вскрытия.