

тойчивых к сейсмическим проявлениям и горным ударам систем разработки с учетом отечественного и зарубежного опыта позволит комплексно ре-

шить задачу безопасной и эффективной отработки глубоких горизонтов месторождений ОАО «Евразруд».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копытов А. И. Способы и средства интенсификации горнопроходческих работ на рудниках / А. И. Копытов, А. В. Ефремов, В. В. Першин, М. А. Копытов. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2003 – 191 с.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам : РД 06-359-09 Госгортехнадзор России – М. : 2000 – 59 с.
3. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом : ПБ 03-553-03 / Госгортехнадзор России – М. : НП НПБО-ОТ.2003. – 200 с.

### □Авторы статьи

Копытов  
Александр Иванович,  
докт. техн. наук, проф. каф. строи-  
тельства подземных сооружений и  
шахт КузГТУ, e-mail:  
L01bdv@yandex.ru

Першин  
Владимир Викторович,  
докт. техн. наук, проф. зав. каф.  
строительства подземных сооруже-  
ний и шахт КузГТУ,  
тел. 8 (3842) 39-63-77

**УДК 622.235**

**А.А. Сысоев, К.А. Голубин**

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗЕРВА ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ ПО ВСКРЫШНЫМ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫМ КОМПЛЕКСАМ

Сумма объемов резервных частей вскрышных экскаваторных блоков представляет собой общий резерв взорванной горной массы (ВГМ) по разрезу или участку.

Предлагаемый нами технико-экономический критерий, по обоснованию резерва взорванной горной массы для группы экскаваторов, работающих в условиях взаимного влияния по фактору взрывных работ, сформулирован в [1] и заключается в минимизации совокупного ущерба от простоев оборудования при проведении взрывов и замораживания оборотных средств на создание и хранение этого резерва.

Резерв взорванной горной массы, определенный в целом по разрезу, подлежит распределению по отдельным экскаваторам. Если вскрышные экскаваторы одного типоразмера и, соответственно, имеют одинаковую производительность, то резерв взорванной горной массы для каждого из них будет одинаковым, а количественное значение объема равно объему взрываемого блока. В свою очередь разовый объем взрываемой породы будет определять частоту взрывов под отдельно взятый экскаватор.

Вместе с тем практически типоразмеры экскаваторов, находящихся во вскрышной зоне, могут существенно отличаться.

Такая ситуация имеет место, например, на разрезе «Кедровский», где в зоне взаимного влияния работают два экскаватора с емкостью ковша 28 м<sup>3</sup> и несколько экскаваторов с ковшами 12,5 –

15 м<sup>3</sup>.

На разрезе «Талдинский» угольной компании «Кузбассразрезуголь» рядом с экскаватором с емкостью ковша около 60 м<sup>3</sup> работают машины в 4 – 5 раз меньшей производительности. Простои мощного экскаватора и смежного с ним оборудования не равнозначны таким же по времени простоям экскаваторов и оборудования меньшей мощности. Именно поэтому возникает задача распределения суммарного резерва взорванной горной массы по экскаваторам различной мощности с различной производительностью. Решение ее позволит дать практические рекомендации по планированию взрывных работ при подготовке горной массы к выемке при фактически существующих на конкретном разрезе типоразмерах вскрышных экскаваторов.

Рассмотрим метод распределения общего резерва ВГМ (V, м<sup>3</sup>) на примере трех экскаваторов различной мощности с месячной производительностью Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub> (м<sup>3</sup>/мес.). Необходимо установить такую частоту взрывов n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, n<sub>3</sub> (ед./мес.) для каждого из имеющихся экскаваторов, что бы обеспечивался минимум простоев с учетом их мощности. При этом естественно должно выполняться условие равенства общего объема резерва и суммы отдельных резервных блоков:

$$V = \frac{Q_1}{n_1} + \frac{Q_2}{n_2} + \frac{Q_3}{n_3}, \quad (1)$$

которое и учитывает значимость мощности экскаватора через его производительность.

Полный цикл создания резерва ВГМ заключается во взрывной подготовке блоков для каждого из экскаваторов, работающих в условиях взаимного влияния. Простой экскаваторов и смежных видов горного оборудования за полный цикл создания резерва могут быть определены на основе матрицы взаимного влияния, которая представляет собой квадратную таблицу с элементами  $m_{ij}=1$  или 0 (табл. 1). Элемент  $m_{ij}=1$ , если при взрывании блока под экскаватором  $i$  останавливается и экскаватор  $j$ . В противном случае  $m_{ij}=0$ .

Таблица 1. Общий вид матрицы взаимного влияния экскаваторов по фактору взрывных работ

Номера экскаваторов	№ 1	№ 2	№ 3
№ 1	$m_{11}$	$m_{12}$	$m_{13}$
№ 2	$m_{21}$	$m_{22}$	$m_{23}$
№ 3	$m_{31}$	$m_{32}$	$m_{33}$

Матрица взаимного влияния позволяет определить среднее количество простоев оборудования, приходящееся на один взрыв при создании резерва под  $i$ -й экскаватор:

$$\mu_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 m_{ij}. \quad (2)$$

Таким образом, целевая функция, необходимая для установления частоты взрывов  $n_1, n_2, n_3$  будет иметь вид

$$\tau = (\mu_1 n_1 + \mu_2 n_2 + \mu_3 n_3) \Delta t \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $\Delta t$  – продолжительность простоя одного экскаватора за один массовый взрыв.

С учетом ограничения (1), связанного с производительностью экскаваторов различной мощности, и после простых преобразований целевую функцию можно записать только через две искомые переменные:

$$\bar{\tau} = \mu_1 n_1 + \mu_2 n_2 + \frac{\mu_3 Q_3}{V - \frac{Q_1}{n_1} - \frac{Q_2}{n_2}}. \quad (4)$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сысоев А.А. К вопросу об обосновании резерва взорванной горной массы на разрезах/ А.А. Сысоев, Я.О. Литвин, К.А. Голубин //Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2012. Материалы XIV Международной научно-практической конференции, 1-2 ноября 2012г. / редкол.: В.Ю. Блюменштейн (отв. редактор), В.А. Колмаков (зам. отв. редактора), КузГТУ. – Кемерово, 2012. – С. 36-39

### □ Авторы статьи

Сысоев  
Андрей Александрович,  
докт. техн. наук, проф. каф.  
открытых открытых  
горных работ КузГТУ  
E-mail: [ia\\_sys@mail.ru](mailto:ia_sys@mail.ru)

Голубин  
Кирилл Андреевич,  
аспирант каф. открытых  
горных работ КузГТУ  
E-mail: [kirilla1407@rambler.ru](mailto:kirilla1407@rambler.ru)

Минимум целевой функции будет находиться при  $n_1, n_2$ , удовлетворяющих системе уравнений

$$\frac{\partial \bar{\tau}}{\partial n_1} = 0, \quad \frac{\partial \bar{\tau}}{\partial n_2} = 0. \quad (5)$$

Не вдаваясь в детали рассуждений при отыскании искомого решения, отметим, что в терминах частоты взрывов оно будет иметь вид:

$$n_i = \frac{Q_i}{V} \sum_{j=1}^3 \sqrt{\frac{\mu_j Q_j}{\mu_i Q_i}} \quad (i = 1; 2; 3). \quad (6)$$

Полученный результат можно записать и в виде объема отдельного взрываемого блока для создания резерва для каждого экскаватора:

$$\Delta V_i = \frac{Q_i}{n_i} = \frac{V}{\sum_{j=1}^3 \sqrt{\frac{\mu_j Q_j}{\mu_i Q_i}}} \quad (i = 1; 2; 3). \quad (7)$$

В табл. 2 представлены исходные данные и результат расчета объема взрывных блоков (или распределения общего резерва ВГМ) для трех экскаваторов, работающих в условиях полного взаимного влияния по фактору взрывных работ ( $m_{ij}=1$ ) при общем резерве  $V=2000 \text{ м}^3$ .

Таблица 2. Исходные данные и итоги расчета

Тип экскаватора	Емкость ковша, $\text{м}^3$	Расчетная производительность, тыс. $\text{м}^3$	Резерв ВГМ	
			тыс. $\text{м}^3$	месяцев работы
РН-2800	28	900	937	1,0
ЭКГ-15	15	370	600	1,6
ЭКГ-10	10	220	463	2,1

Отметим два момента, свидетельствующие о качественной и количественной адекватности предложенного метода. Во-первых, сумма резервов по экскаваторам совпадает с общим объемом резерва. Во-вторых, для экскаваторов меньшей мощности требуется резерв ВГМ на большую продолжительность работы. Последнее означает, что при подготовке резерва для этих экскаваторов более мощные машины с более дорогими простоями будут останавливаться реже.