

**Определение методом игр числа одновременно работающих отвалообразователей**

**Богатов Б.А.**, Шемет С.Ф.

Белорусский национальный технический университет

За 40 лет эксплуатации Старобинского месторождения калийных солей на поверхности земли в Солигорском горнопромышленном районе накопилось свыше 600 млн. тонн отходов обогащения. Устройство солеотвалов – это дорогостоящий процесс. Технология производства калийных удобрений предусматривает после основной флотации с перечисткой полученного концентрата его обезвоживание и своевременное удаление с территории фабрики на солеотвал галитовых отходов в полном объеме. В противном случае процесс прерывается и обогатительная фабрика просто останавливается. При подсыхании галитовых отходов из порового рассола выкристаллизовывается вторичная соль (NaCl), которая цементирует отходы, превращая достаточно быстро их в полускальную техногенную породу, транспортировать которую сложно.

В настоящее время на солеотвале 1 РУ смонтировано три отвалообразователя ОШ-1900-110/150 стоимостью каждого около 7,5 млн. у.е. с расчетной производительностью по массе транспортируемых галитовых отходов 2700 т/ч. По сложившейся практике на солеотвале одновременно преимущественно работают два отвалообразователя с фронтом развития работ на участках с подготовленным ложем. Все три отвалообразователя работают попеременно с КИРВом соответственно 0,8; 0,7; 0,3 (с учетом остановки на технологическое обслуживание, текущий ремонт и демонтаж при перемещении). При условии монтажа и работы на солеотвале только одного отвалообразователя с развитием фронта работ в одну сторону стоимость размещения 1 т. галитовых отходов составляет 0,805 у.е. При одновременной работе двух отвалообразователей стоимость размещения на солеотвале 1 т. галитовых отходов составляет 1,305 у.е., а при одновременной работе трех ОШ – 2,525 у.е.

Эксплуатация отвалообразователей ОШ-1900-110/150 по обустройству солеотвалов характеризуется высокой стоимостью работ и высокой неопределенностью ситуации по обоснованию числа необходимых машин. Как известно, наилучшим способом обоснования решений в условиях неопределенности является метод игр. В качестве стратегии (выбор двух ( $A_1$ ) или трех ( $A_2$ ) отвалообразователей) принимаем число ОШ. Причем, вариант одного отвалообразователя не рассматривается из-за риска остановки обогатительной фабрики с недопустимыми вытекающими последствиями размещения отходов на территории промплощадки. В качестве отклика (результата) действия стратегии А принимаем стратегию В ( $B_1$  – стоимость работ по отвалообразованию двумя ОШ – 1,3 у.е. за 1 т. и то же тремя ОШ – 2,5 у.е. за 1 т.), приведенную к долям единицы. Таким образом,  $a_{11} = 0,52$ ,  $a_{21} = 1,0$ . В качестве  $B_2$  принимаем коэффициент использования рабочего времени (КИРВ) при  $A_1$  –  $a_{12} = 0,7$  и при  $A_2$  –  $a_{22} = 0,3$ . Таким образом, матрица игры принимает вид:

Таблица

		В		$\alpha$
		$B_1$	$B_2$	
А	$A_1$	0,52	0,7	0,52
	$A_2$	1,0	0,3	0,3
$\beta$		1,0	0,7	

В матрице игры по обоснованию необходимого числа отвалообразователей использованы фактические данные эксплуатации ОШ на 1 РУ РУП «ПО «Беларуськалий». Анализируем матрицу методом минимакса и максимина. Нижняя цена игры (табл.)

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij} = 0,52.$$

Верхняя цена игры:

$$\beta = \min_j \max_i a_{ij} = 0,7.$$

Так как  $\alpha \neq \beta$ , то имеем смешанную игру, ориентируясь на средний результат  $\alpha \leq \gamma \leq \beta$ :  $A^\circ \left\{ \begin{matrix} \hat{A}_1, \hat{A}_2 \\ \delta_1, \delta_2 \end{matrix} \right\}$ ,  $B^\circ \left\{ \begin{matrix} \hat{A}_1, \hat{B}_2 \\ q_1, q_2 \end{matrix} \right\}$ ,

$$p_1 + p_2 = 1 \quad q_1 + q_2 = 1$$

Выше обозначено  $p_1, p_2, q_1, q_2$  – долевое (меньше 1) участие стратегий  $A_i$  и  $B_j$  в обосновании решения. Для определения оптимальных значений  $A^\circ, B^\circ$  составляем систему уравнений:

$$\begin{cases} 0,52\delta_1 + \delta_2 \geq \gamma \\ 0,7\delta_1 + 0,3\delta_2 \geq \gamma \\ \delta_1 + \delta_2 = 1. \end{cases} \quad \text{è} \quad \begin{cases} 0,52q_1 + 0,7q_2 \leq \gamma \\ q_1 + 0,3q_2 \leq \gamma \\ q_1 + q_2 = 1. \end{cases}$$

Обозначим  $\frac{\delta_1}{\gamma} = \tilde{\alpha}_1$ ,  $\frac{\delta_2}{\gamma} = \tilde{\alpha}_2$ ,  $\frac{q_1}{\gamma} = \tilde{\alpha}'_1$ ,  $\frac{q_2}{\gamma} = \tilde{\alpha}'_2$ . В результате вышеуказанные системы уравнений можно представить двойственной задачей линейного программирования:

$$\tilde{\alpha}_1 + \tilde{\alpha}_2 = \frac{1}{\gamma} \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$0,52x_1 + x_2 \geq 1,$$

$$0,7x_1 + 0,3x_2 \geq 1,$$

$$\tilde{\alpha}'_1 + \tilde{\alpha}'_2 = \frac{1}{\gamma} \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$0,52\tilde{\alpha}'_1 + 0,7\tilde{\alpha}'_2 \leq 1,$$

$$\tilde{\alpha}'_1 + 0,3\tilde{\alpha}'_2 \leq 1.$$

Таким образом, для первой задачи (на  $\max$ ) находим  $x_1 = 1,29$ ,  $x_2 = 0,33$ ,  $\gamma = 0,62$ . Откуда получаем  $p_1 = 0,8$  и  $p_2 = 0,2$ . Для второй задачи линейного программирования находим  $y_1 = 0,77$ ,  $y_2 = 0,89$  и  $\gamma = 0,62$ . Следовательно,  $q_1 = 0,48$  и  $q_2 = 0,52$ . Полученный результат анализа матрицы игры можно трактовать следующим образом. При условии примерного равенства «вклада» в решение вышеуказанной задачи стоимости работ по отвалообразованию ( $B_1$ ) и использования рабочего времени ( $B_2$ ) наилучший результат (эффект) будет достигнут, если 80% объема галитовых отходов будет размещаться в солеотвале при одновременной работе двух ОШ, а остальные 20% объема отходов при одновременно работающих трех ОШ.