

С. К. ЕРЖАНОВА

## АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ РЕЗЕРВНОЙ МОЩНОСТИ ДОБЫЧИ УГЛЯ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Создание резервной мощности добычи угля на действующих шахтах обусловлено необходимостью выполнения прогнозных (плановых) заданий в периоды длительных простоев очистных забоев или при снижении интенсивности их эксплуатации по различным причинам (горно-геологические нарушения, завалы, горные удары, внезапные выбросы угля и газа, пожары, прорывы воды, аварии в горных выработках, неполадки в работе выемочного комплекса и др.).

В рамках действующей шахты потенциально возможны три вида резервной мощности добычи угля: текущий, оперативный и диспетчерский резерв. Текущий резерв мощности относится к объектам годового планирования производства и связан с редкими, но продолжительными остановками действующих лав (порядка несколько недель), например, в связи с перенарезкой лавы при неожиданной встрече непереходимого горно-геологического нарушения, при консервации участка из-за подземного пожара и т. п. Оперативный и диспетчерский виды резервной мощности необходимы для регулирования процесса выполнения плана добычи угля в пределах месяца, недели, суток, смены. Эти виды резерва обусловлены целосменными и внутрисменными простоями лав.

Распространено ошибочное мнение, что основным способом организации резервной мощности на шахтах должны быть подготовка и эксплуатация специальных резервных лав. В действительности, как показывают практика и экономические расчеты, организация резервных лав оправдана лишь в редких случаях. Вместо создания специальных резервных лав главное внимание должно уделяться опережающей подготовке новых лав (на замену отработываемых лав) в качестве текущего резерва мощности, а также организации диспетчерского резерва сменной производительности действующих очистных забоев. Путем опережающей подготовки создается резервная линия очистных забоев, которая может быть введена в эксплуатацию при длительных (на несколько недель) остановках действующих

лав. На практике опережающую подготовку новых лав обычно называют запасной линией очистных забоев.

Оперативный резерв мощности добычи угля на шахте может быть организован двумя способами – путем планирования свободных (резервных) смен действующих лав или за счет резервирования сменной производительности очистных забоев. Оба способа, особенно первый из них, являются достаточно сложными, так как предполагают, что в периоды целосменных простоев лав возможно перераспределение некоторой части рабочих из простаивающего забоя в действующие лавы.

Диспетчерский резерв мощности также может быть представлен резервом сменной производительности действующих лав. Однако в отличие от оперативного резерва он не связан с переходом рабочих из аварийной лавы и используется путем повышения интенсивности производственного процесса при неизменной численности рабочих. В этом случае количество рабочих очистного забоя должно быть увеличено в соответствии с резервом сменной производительности лавы. Загруженность рабочих очистного забоя, которых условно можно назвать резервными рабочими, будет неравномерной: в отдельные смены интенсивность труда повышается, чтобы компенсировать потери добычи от целосменных и крупных внутрисменных простоев лав, в другие смены интенсивность работ понижается, когда нет необходимости (и возможности) использования резервной мощности. На выбор решения о резерве большое влияние оказывает фактор дефицитности. Это дефицит пропускной способности общешахтных звеньев (подъема, транспорта, комплекса поверхности), очистной линии забоев, рабочих. С учетом фактора дефицитности рассмотрим для текущего резерва следующие ситуации.

*Ситуация 1.* Дефицитной является пропускная способность общешахтных звеньев, т. е. суммарная мощность очистных забоев потенциально превышает пропускную способность общешахтных звеньев с учетом организационно-технических мероприятий

по расширению узких мест. В этой ситуации возможны три альтернативы: работа без резервной мощности, подготовка и эксплуатация специальных резервных забоев, опережающая подготовка новых лав. Тот же набор альтернатив возможен при точном соответствии производственной мощности очистной линии забоев пропускной способности общешахтных звеньев.

*Ситуация 2.* Дефицитной является очистная линия забоев, т. е. производственная мощность шахты ограничена развитием горных работ наряду с тем, что подъем (транспорт, комплекс поверхности) имеет некоторый резерв производительности, а в рабочих кадрах предприятие не испытывает затруднений. В этой ситуации подготовка резервной лавы (если для этого имеются условия и средства), бесспорно, является убыточным мероприятием, так как с целью увеличения добычи угля более выгодно вместо резервной лавы планировать дополнительный очистной забой. Тогда альтернативными решениями являются работа без резерва и опережающая подготовка новых лав.

*Ситуация 3.* Имеет место дефицит рабочих кадров при наличии резерва пропускной способности общешахтных звеньев. Данная ситуация сводится к ситуации 2, так как при дефиците рабочих производственная мощность ограничивается развитием горных работ.

*Ситуация 4.* Дефицит рабочих кадров сочетается с дефицитом пропускной способности общешахтных звеньев. Если дефицит рабочих кадров не затрагивает процессы подготовки очистной линии забоев, то эта ситуация сводится к ситуации 1. В противном случае единственным решением является работа шахты без текущего резерва мощности.

*Ситуация 5.* Допустим, что планирование производства на шахте не ограничено дефицитом очистной линии забоев, рабочих кадров, пропускной способности общешахтных звеньев, т. е. план добычи угля установлен заведомо ниже производственных возможностей предприятия. Планирование резерва в такой ситуации означает искусственное снижение производственной мощности предприятия. Подобные случаи подлежат исключению из практики путем усиления контроля и повышения качества экспертизы плановых разработок.

Таким образом, среди рассмотренных ситуаций первая из них охватывает все остальные в качестве частных случаев. Поэтому достаточно выполнить экономическую оценку альтернативных решений,

возможных в первой ситуации, – работа без резерва, содержание резервных лав, опережающая подготовка новых лав для использования их в качестве текущего резерва мощности.

Каждое из указанных решений будем оценивать по учтенным затратам на 1 т годовой добычи угля в пределах шахты. Учтенные затраты при работе без резерва равны величине роста себестоимости 1 т угля в периоды длительных остановок действующих очистных забоев вследствие снижения нагрузки на шахту:

$$A=0,01 S \bar{q} t T^{-1} p,$$

где  $A$  – учтенные затраты на 1 т угля при работе без резерва;  $S$  – повышение себестоимости угля при снижении нагрузки на шахту на 100 т;  $\bar{q}$  – среднесуточная добыча угля в среднем на одну действующую лаву;  $T$  – число рабочих дней в году;  $t$  – число дней длительных остановок действующих лав за годовой период;  $p$  – вероятность того, что в плановом году будут длительные остановки лав.

В случае использования на шахте специальной резервной лавы учтенные затраты складываются из удельных приведенных капитальных затрат на подготовку и оборудование резервной лавы и роста себестоимости добываемого угля вследствие снижения нагрузки на шахту, так как среднесуточная добыча из резервной лавы всегда меньше добычи из действующего очистного забоя (опыт работы шахт угольного департамента АО «Миттал Стил Темиртау» показывает, что нагрузка на резервную лаву составляет 8–11% от нагрузки на действующий забой):

$$A_1 = K_1 E_n q_1^{-1} \cdot t^{-1} p^{-1} + 0,01 S (\bar{q} - q_1) p t T^{-1},$$

где  $A_1$  – учтенные затраты при работе с резервной лавой;  $q_1$  – среднесуточная нагрузка на резервную лаву в период ее эксплуатации;  $K_1$  – капитальные затраты на подготовку и оборудование резервной лавы, тыс. тенге;  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Учтенные затраты при организации текущего резерва мощности в виде опережающей подготовки новой лавы состоят из двух элементов: удельных приведенных капитальных затрат в связи с преждевременной подготовкой лавы, роста (или снижения) себестоимости 1 т добычи от снижения (или роста) нагрузки на шахту в период длительного простоя действующей лавы, так как нагрузка на новую лаву не всегда может быть равной средней нагрузке на действующую лаву:

$$A_0^r = K_0 E_n p_k q_0^{-1} t^{-1} p^{-1} \cdot p_c^{-1} + 0,01 \Delta S (\bar{q} - q_0 T^{-1} t p p_c),$$

где  $A_0^r$  – учтенные затраты при опережающей подготовке новой лавы с целью ее использования в качестве резервной мощности;  $K_0$  – капитальные затраты на подготовку и оборудование новой лавы;  $q_0$  – среднесуточная нагрузка на новую лаву с опережающей подготовкой;  $p_k$  – вероятность того, что капитальные затраты на опережающую подготовку лавы в плановом году потребуются в отчетном году;  $p_c$  – вероятность того, что подготовка, сдача в эксплуатацию новой лавы опередит во времени начало длительного простоя действующей лавы,  $p_k = p_c = \tau$  ( $\tau$  – величина опережения подготовки новой лавы, год).

Экспериментальные расчеты по экономической оценке текущего резерва мощности выполнены для следующих условий:  $\bar{q} = 300-500$  т в сутки;  $q_1 = (0,10-0,40) \bar{q}$ ;  $K_1 = 30-70$  млн. тенге;  $K_0 = 90-330$  млн. тенге;  $E_n = 0,12$ ;  $S = 0,30$ ;  $T = 300$  дн.;  $t = 50-125$  дн.;  $p = 0,2-1,0$ ;  $p_c = 0,2-1,0$ ;  $q_0 = (0,5-1,0) \bar{q}$ . Результаты расчетов приведены ниже:

Условие сравнения учтенных затрат	$A_0^r < A$	$A_1 < A$
Количество вариантов расчета затрат	4500	720
Количество случаев экономической целесообразности текущего резерва, %	3,0	0,7

Таким образом, экономическая целесообразность резервных лав оценивается менее чем в один процент охвата всех рассмотренных ситуаций. Опережающая подготовка новых лав оказалась более выгодным способом организации текущего резерва мощности: область экономически эффективного его применения составила 3 % всех ситуаций, несмотря на то, что для новых очистных забоев, по сравнению с резервными лавами, капитальные вложения были приняты в 3–4 раза выше. Время опережения подготовки новых лав устанавливается из условия  $A_0^r < A$  при различных значениях  $\tau$ .

При оценке в целом экономической эффективности текущего резерва производственной мощности шахт следует отметить, что оба способа – в виде специальных резервных лав и путем опережающей подготовки новых забоев – не могут претендовать на широкое распространение.

По сравнению с текущим резервом большего внимания заслуживает организация диспетчерского

резерва мощности, охватывающего ситуации внутрисменных и целосменных простоев лав. Формирование диспетчерского резерва мощности также зависит от фактора дефицитности. В ситуации 1 (дефицит пропускной способности общешахтных звеньев) для одной из лав неизбежно должна быть снижена интенсивность производства (назовем эту лаву дополнительной). Мощность дополнительной лавы может оказаться настолько низкой, что возникает вопрос об ее экономической целесообразности. При этом следует рассматривать два случая: при неполной нагрузке на дополнительную лаву прочие лавы используются на полную мощность; недогружаемая мощность распределяется между дополнительной и действующими лавами. В обоих случаях образуется резервная мощность, причем в организационном отношении второй случай на некоторых шахтах может быть более предпочтительным: резерв можно распределить по пластам и районам шахты.

В ситуации 2 (дефицит очистной линии забоев) убыточность резервной мощности действующих лав не вызывает сомнений, так как эксплуатация забоев на полную мощность всегда обеспечит больший объем добычи угля по сравнению с работой при выделении части мощности лав на создание резерва. Ситуации 3 (дефицит рабочих кадров) и 4 (дефицит рабочих кадров сочетается с дефицитом пропускной способности общешахтных звеньев) сводятся к ситуации 1.

Сформулируем экономический критерий для оценки эффективности диспетчерского резерва. Будем иметь в виду, что анализ диспетчерского резерва по существу сводится к оценке эффективности дополнительной лавы, которая имеет неполную загрузку вследствие дефицита пропускной способности общешахтных звеньев.

Очевидно, что эксплуатацию дополнительной лавы следует считать экономически целесообразной, когда добыча угля из этой лавы с учетом прироста добычи от использования резервной мощности будет превышать некоторый минимальный объем, при котором окупаются затраты на диспетчерский резерв:

$$M_1 + q_p Q_{min},$$

где  $q_p$  – прирост суточной добычи при использовании диспетчерского резерва в среднем за плановый год;  $M_1$  – суточная добыча из дополнительной лавы при неполной загрузке;  $Q_{min}$  – минимальный объем добычи из дополнительной лавы, при котором окупаются затраты на ее подготовку и эксплуатацию.

Указанные затраты слагаются из двух составляющих – приведенных капитальных затрат на дополнительную лаву и затрат на заработную плату рабочим лавы за то время, когда они вынуждены простаивать при отсутствии потребности в резервной добыче угля. Экономический эффект диспетчерского резерва можно оценить величиной снижения себестоимости добываемого угля от роста нагрузки на шахту. Для сопоставления затрат и эффекта имеем соотношение

$$KE_n Q_{\min}^{-1} T^{-1} = 0,01 \Delta S Q_{\min} - Q_{\min}^{-1} CN_m, \quad (1)$$

где  $K$  – капитальные затраты на подготовку и оборудование лавы;  $N$  – количество резервной части рабочих, простаивающих в среднем за смену;  $C$  – средний заработок рабочего очистного забоя на выход, тенге;  $T$  – количество рабочих дней в году;  $m$  – число добычных смен в сутки.

Из выражения (1) при соответствующих преобразованиях можно получить следующую формулу:

$$Q_{\min} = \sqrt{(KE_n + TCNm)(0,01T\Delta S)^{-1}}. \quad (2)$$

Прирост суточной добычи угля  $q_p$  не может превышать величину разности  $(M_2 - M_1)$ , где  $M_2$  – суточная добыча из дополнительной лавы при ее эксплуатации на полную мощность, т. Поэтому  $q_p$  определяется по соотношению

$$q_p = \begin{cases} Qp_0 p_s p_p & \text{при } (Qp_0 p_s p_p) < M_2 - M_1; \\ M_2 - M_1 & \text{при } (Qp_0 p_s p_p) \geq M_2 - M_1, \end{cases} \quad (3)$$

где  $p_0$  – удельный вес целосменных и крупных внутрисменных простоев лав в рабочем времени смены;  $p_s$  – удельный вес времени, затрачиваемого непосредственно на выемку угля в лаве;  $p_p$  – удельный вес простоев, которые могут быть компенсированы путем ввода в действие диспетчерского резерва, от общей их продолжительности;  $Q$  – суточная добыча из действующих лав шахты, т.

Для диспетчерского резерва необходима дополнительная численность рабочих очистного забоя:

$$r_p = q_p m^{-1} \Pi^{-1},$$

где  $r_p$  – дополнительная численность рабочих;  $\Pi$  – производительность труда рабочих очистного забоя.

В периоды уменьшения потребности в диспетчерском резерве часть рабочих будет простаивать. В среднем количество простаивающих рабочих за смену  $N = r_p(1-p_0)p_s$ , где  $N$  – число простаивающих рабочих.

Для расчетов эффективности диспетчерского резерва приняты следующие условия:  $Q = 2000-3000$  т в сутки;  $M_2 = 300-500$  т в сутки;  $M_1 = (0,3-0,75)M_2$ ;  $K = 90-330$  млн. тенге;  $S = 0,3$  тыс. тенге;  $\Pi = 10-18$  т/вых.;  $C = 1000-1600$  тенге;  $T = 300$  дн.;  $E_n = 0,12$ ;  $m = 3$ ;  $p_0 = 0,07-0,12$ ;  $p_s = 0,4-0,6$ ;  $p_p = 0,5-0,9$ .

Расчеты показали, что для преобладающего большинства принятых условий (более 73%) организация диспетчерского резерва мощности лав является экономически эффективным мероприятием.

Диспетчерский резерв может быть сосредоточен в одном или нескольких очистных забоях.

Таким образом, для угольных шахт с осложненными горно-геологическими условиями следует планировать вместо подготовки специальных резервных лав опережающую подготовку новых очистных забоев как экономически более эффективный способ организации текущего резерва мощности. На шахтах с дефицитом пропускной способности общешахтных звеньев (подъем, транспорт, комплекс поверхности) необходимо организовать диспетчерский резерв сменной мощности очистных забоев, который позволит сократить потери добычи угля от целосменных и крупных (более 1 ч) внутрисменных простоев лав. Планирование текущего и диспетчерского резервов добычи угля должно быть основано на числовых расчетах для каждой конкретной шахты.

#### Резюме

Қолданыстағы шахта шеңберінде көмір табудың резервтік қуатын құрудың 3 түрі: ағымды, оперативті және диспетчерлік резервтер мүмкін екендігі дәлелденеді. Диспетчерлік резерв тиімділігін бағалаудың экономикалық критерийі ұсынылады. Диспетчерлік резервті есептеудің әдістемелік қағидалары құрастырылған.

#### Summary

It is proved; proven that within the framework of acting mines are potentially possible three types of reserve power a coal mining: current, operative and dispatcher reserves. Economic criterion is offered for estimation of efficiency of dispatcher reserve. Methodical principles of calculation of dispatcher reserve is Designed.

КарГУ им. Е. А. Букетова

Поступила 10.01.06г.