

Ю.П. Ашаев, канд. техн. наук, доц., КазНТУ

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА

Основным экономическим показателем производственной деятельности карьера является себестоимость единичного объема руды и вскрыши. Как правило, данный показатель определяется на календарный период (обычно год) для всего горнодобывающего предприятия в целом. Значение себестоимости вскрышных и добычных работ имеет тенденцию к росту по мере отработки карьера. Это связано прежде всего с увеличением глубины карьера, усложнением горнотехнических условий разработки месторождения, использованием низкоэффективных горнодобывающих комплексов и нерациональных технологических схем. Кроме того, определенное влияние оказывает изменение во времени значений финансово-экономических показателей, что особенно ярко проявляется в период кризисных ситуаций, характерных для экономики нашего государства в настоящее время. Поэтому определение дифференциальных составляющих себестоимости вскрышных и добычных работ в зависимости от горнотехнических и горно-технологических факторов открытой разработки месторождения является актуальной задачей, результаты решения которой позволяют проанализировать производственную деятельность горнодобывающего предприятия и обеспечивают возможность повышения достоверности перспективного планирования горных работ в карьере.

Предлагаемая в данной статье методика позволяет определить погоризонтную составляющую себестоимости вскрышных и добычных работ, рассчитать часть затрат, приходящихся на конкретный технологический комплекс, работающий в определенных горнотехнических условиях, т.е. на определенном добычном или вскрышном уступе, прогнозировать значения дифференциальных составляющих себестоимости.

Рассмотрим постановку задачи определения погоризонтной составляющей себестоимости добычных (вскрышных) работ. Исходными данными задачи являются следующие параметры:

- срок эксплуатации карьера - T лет;
- общее количество добычных (вскрышных) уступов, вовлекаемых в отработку за истекший период - N ;
- общая годовая себестоимость единичного объема руды (вскрыши) - C_1 ;
- годовые объемы добычных (вскрышных) работ в целом по карьере - Q_1 ;
- годовые погоризонтные объемы добычных (вскрышных) работ - G_{nt} .

Искомым параметром является погоризонтная составляющая себестоимости добычных (вскрышных) работ - C_n .

В целом задача описывается системой T линейных уравнений с N неизвестными вида

$$\begin{cases} G_{11} * c_1 + G_{12} * c_2 + \dots + G_{1N} * c_N = Q_1 * C_1 \\ G_{21} * c_1 + G_{22} * c_2 + \dots + G_{2N} * c_N = Q_2 * C_2 \\ \dots \\ G_{t1} * c_1 + G_{t2} * c_2 + \dots + G_{tN} * c_N = Q_t * C_t \end{cases} \quad (1)$$

Система линейных уравнений (1) в общем случае сводится к классической системе уравнений вида $A * x = b$ при $T \geq N$, т.е. число уравнений в системе должно быть не меньше, чем число неизвестных. В основу решения положен метод квадратных корней.

Реализация задачи позволяет проанализировать эффективность применения горного оборудования на вскрышных и добычных работах на различных глубинах отработки карьера. Постановка задачи в такой интерпретации сводится к определению погоризонтной составляющей себестоимости вскрышных и добычных работ с учетом разновидности применяемого горного оборудования. Для вскрышных и добычных комплексов задача также решается независимо.

Исходные данные для решения задачи аналогичны исходным данным, используемым в предыдущей задаче, и дополнительно задаются следующие исходные параметры:

- количество типов горного оборудования, применяемого на добычных (вскрышных) работах, - R;
- погоризонтные объемы добычных (вскрышных) работ по каждому типу горного оборудования по годам отработки - V_{tng} .

Искомым параметром является погоризонтная составляющая добычных (вскрышных) работ для t -го типа горного оборудования (C_{tr}). В целом задача описывается системой T линейных уравнений с $N * R$ неизвестными вида

$$\begin{cases} V_{t11} * c_{11} + V_{t12} * c_{12} + \dots + V_{t1r} * c_{1r} + \\ V_{t21} * c_{21} + V_{t22} * c_{22} + \dots + V_{t2r} * c_{2r} + \dots + \\ V_{tN1} * c_{N1} + V_{tN2} * c_{N2} + \dots + V_{tNr} * c_{Nr} = Q_t * C_t \\ \dots \\ V_{t11} * c_{11} + V_{t12} * c_{12} + \dots + V_{t1r} * c_{1r} + \\ V_{t21} * c_{21} + V_{t22} * c_{22} + \dots + V_{t2r} * c_{2r} + \dots + \\ V_{tN1} * c_{N1} + V_{tN2} * c_{N2} + \dots + V_{tNr} * c_{Nr} = Q_t * C_t \end{cases} \quad (2)$$

Решение систем линейных уравнений (1), (2) может быть получено только в случае, если $T \geq N * R$. На практике, особенно для начальных периодов планирования, данное условие вследствие недостатка исходных данных не всегда выполнимо. Чтобы обеспечить возможность получения решения, предлагается искусственный прием снижения размерности задачи. Это достигается следующим образом. Верхние уступы, количество которых L , $L = N - T + 1$, условно объединяются и в дальнейшем рассматриваются как единый горизонт отработки. Объемы добычных (вскрышных) работ по этим горизонтам суммируются и также рассматриваются как для единого уступа. В результате решения зада-

чи определяется значение себестоимости, которое также рассматривается как единое для всех L верхних горизонтов. Аналогичным образом можно поступить и при расчете погоризонтной составляющей себестоимости добычных и вскрышных работ с учетом применяемого горного оборудования. При большом количестве исходных данных, что характерно при длительных периодах эксплуатации карьера, размерность задачи также может быть снижена путем объединения нескольких смежных во времени периодов отработки карьера в единый этап. При этом объемные и стоимостные показатели для объединяемых периодов суммируются, а результаты суммирования в последующем рассматриваются как единичные показатели. Вышеописанные приемы могут применяться и с целью приведения системы линейных уравнений к классическому виду, т.е. когда количество неизвестных равно количеству уравнений ($T = N$ или $T = N * R$ в зависимости от класса решаемой задачи). Для решения системы линейных уравнений такого вида имеется множество апробированных методов, обеспечивающих получение точных решений.

В процессе эксплуатации карьера исходные данные постоянно пополняются, поэтому периодически значения погоризонтных составляющих себестоимости пересчитываются с целью повышения достоверности расчетных значений.

Особое внимание в данной методике следует уделять значениям стоимостных показателей. В связи с тем, что курс национальной валюты постоянно меняется, целесообразно значения стоимостных показателей задавать в более твердой валюте, например: доллар США, немецкая марка и т.д. или в универсальных международных денежных показателях - например, эвкк. В этом случае появляется возможность сравнивать, оперировать разновременными стоимостными показателями, прогнозировать их на будущие периоды. Хорошие результаты могут быть достигнуты путем введения поправочных коэффициентов аналогично показателю дисконтирования, позволяющих привести разновременные финансово-экономические показатели к одному периоду. В данной статье эти вопросы не рассматриваются, но в расчетах уже используются значения стоимостных показателей, приведенных к единому моменту времени.

Для прогнозирования значений стоимостных показателей предлагается использовать методы статистического прогнозирования, которые за рубежом стали неотъемлемым атрибутом экономической деятельности любой самостоятельной хозяйственной единицы - от мелких фирм до крупных компаний, и тем самым давно показали свою состоятельность и экономическую целесообразность. В основу предлагаемой методики прогнозирования положены исследования американского ученого К.Д.Льюиса (США). Суть методики заключается в следующем. На основе дискретных данных прошедших периодов или этапов строятся функциональные зависимости. По одному или по совокупности критериев из всех зависимостей выбирается оптимальная, которая служит основой для прогнозирования экономических показателей. Согласно исследованиям К.Д.Льюиса рекомендуется использовать следующие функциональные зависимости: линейную ($y = a * x + b$); экспоненциальную ($y = a * e^{bx}$); степенную ($y = a * x^b$); гиперболическую I типа ($y = a + b/x$); гиперболическую II типа [$y = 1 / (a + b * x)$]; гиперболическую III типа [$y = x / (a + b * x)$]; логарифмическую [$y = a + b * \ln(x)$]; S-образную [$y = c(a + b/x)$]; обратно логарифмическую [$y = 1 / [a + b * \ln(x)]$]; мо-

дифференцированную x экспоненту ($y = a + b \cdot cx$); кривую Гомперца ($y = a \cdot bc$); логистическую [$y = 1 / (a + b \cdot cx)$]. В данных функциональных зависимостях в качестве аргумента x могут выступать периоды отработки или горизонты отработки в зависимости от вида решаемой задачи. Функция Y определяет искомое числовое значение экономического показателя.

При выборе наилучшей функциональной зависимости предлагается руководствоваться следующими критериальными оценками:

- коэффициентом детерминации - D;
- средним квадратом ошибки - В;
- коэффициентом корреляции - G;
- среднеабсолютной ошибкой, % - А.

Практическая апробация разработанной методики проводилась на примере полиметаллического месторождения. Исходные данные по добычным работам приведены в табл. 1.

Таблица 1

Календарные объемы добычи руды для полиметаллического месторождения

Номер горизонта	Объемы добычи руды по годам отработки, тыс. т							
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й
Г-1	87,13							
Г-2	191,04	94,99	40,06	11,24				
Г-3	154,23	480,20	237,80		6,38			
Г-4		41,59	338,90	555,80	193,80	66,20		1,60
Г-5				172,60	379,30	162,30	253,80	84,40
Г-6					160,00	474,40	441,00	131,60
Г-7							170,00	883,30
Г-8								135,50
Итого	432,40	616,80	616,80	739,60	739,40	703,00	864,70	1236,3
Себестоимость 1 т	13,84	12,47	15,95	12,62	12,78	14,77	13,95	14,75

Себестоимость 1 т руды по годам отработки задается в условно-постоянных денежных единицах.

Результаты определения погоризонтной составляющей себестоимости добычных и вскрышных работ для полиметаллического месторождения приведены в табл. 2.

Результаты прогнозирования значений погоризонтной составляющей себестоимости 1 т руды на нижние рабочие горизонты, подлежащие отработке, приведены в табл. 3, где даны результаты прогнозирования на 4 нижележащих рабочих уступа. В связи с тем, что критериальные оценки для различных функциональных зависимостей имеют противоречивые значения, в табл. 3 приведены резуль-

таты прогнозирования, полученные по 6 функциональным зависимостям. В табл.4 даны результаты прогнозирования значения себестоимости 1 т руды для всего карьера в целом на ближайшие 4 года.

Таблица 2

Данные по горизонтной составляющей себестоимости 1 т руды и 1 т вскрыши

Номер ге- горизонта	Погоризонтная составляющая себестоимости	
	руды	вскрыши
Г-1	13,78	0,273
Г-2	13,82	0,286
Г-3	13,47	0,461
Г-4	14,97	0,742
Г-5	8,95	1,905
Г-6	16,92	-
Г-7	13,71	-
Г-8	23,35	-

Таблица 3

Прогнозируемые значения по горизонтной составляющей себестоимости 1 т руды

Функциональная зависимость	Значение критеральных оценок				Значение погоризонтной составляющей себестоимости			
	D	B	G	A	Г - 9	Г - 10	Г - 11	Г - 12
$Y=A+Bx$	0,25	10,73	0,50	18,5	18,61	19,45	20,28	21,12
$Y=A \cdot e^{bx}$	0,17	10,77	0,41	17,7	17,65	18,46	19,32	20,21
$Y=A \cdot x^b$	0,08	12,67	0,28	17,6	15,82	16,00	16,17	16,32
$Y=1/(A+Bx)$	0,13	11,72	0,36	17,6	16,49	17,18	17,93	18,75
$Y=A+B \cdot \ln(x)$	0,13	12,46	0,37	18,5	16,70	16,92	17,12	17,30
$Y=1/[A+B \cdot \ln(x)]$	0,08	13,66	0,28	17,0	14,90	15,02	15,13	15,24

Данные прогнозирования себестоимости 1 т руды для всего карьера на будущие периоды

Функциональная зависимость	Значения критериальных оценок				Прогнозные значения себестоимости			
	D	B	G	A	9-й	10-й	11-й	12-й
$Y=A+Bx$	0,06	1,248	0,25	6,74	14,45	14,57	14,69	14,82
$Y=A \cdot ebx$	0,07	1,249	0,26	6,70	14,44	14,58	14,72	14,85
$Y=1/(A+Bx)$	0,08	1,254	0,28	6,67	14,43	14,58	14,74	14,89
$Y=A+B \cdot Cx$	0,11	1,178	0,34	7,07	13,82	13,81	13,83	13,83

Определение прогнозных показателей себестоимости вскрышных и добычных работ позволяет более обоснованно планировать горные работы в карьере. Причем для перспективного планирования рекомендуется использовать прогнозные календарные значения себестоимости, тогда критерий оптимальности для выбора рационального варианта отработки имеет вид

$$\sum_{i=1}^T \Pi_i = \sum_{i=1}^T [Z_i * Q_{mi} - (C_{pi} * Q_{pi} + C_{mi} * Q_{mi})] \rightarrow \max,$$

где Π_i - прибыль в i -м году; Z_i - цена за металл в i -м году; Q_{mi} - количество металла, извлеченного в i -м году; C_{pi} , C_{mi} - себестоимость 1 т руды и вскрыши в i -м году по карьере; Q_{pi} , Q_{mi} - объемы добычных и вскрышных работ в i -м году в целом по всему карьере.

Для обоснования и выбора рационального варианта отработки из множества возможных календарных (годовых или квартальных) планов горных работ предлагается использовать следующий критерий оптимальности:

$$\sum_{k=1}^K (C_{pk} * Q_{pk} + C_{nk} * Q_{nk}) \rightarrow \min,$$

где C_{pk} , C_{nk} - себестоимость 1 т руды и вскрыши на k -м горизонте отработки; Q_{pk} , Q_{nk} - объемы руды и вскрыши, извлекаемые с k -го горизонта, K - количество горизонтов, вовлекаемых в отработку в планируемый период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Льюис К.Д. Методы прогнозирования экономических показателей / Пер. с англ. и предисл. Е.З.Демиденко. М.: Финансы и статистика, 1986. 133с.
2. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа. М.: Наука, 1967. 368с.
3. Дьяконов В.И. Справочник по алгоритмам и программам на языке Бейсик для персональных ЭВМ: Справочник. М.: Наука, 1987. 240с.