

Е.А. КОСЬМИНОВ
Инж. (АО "Ленинскуголь")

А.А. ОРДИН
(АО "Ленинскуголь")

А.В. РЕМЕЗОВ
Канд. техн. наук
(АО "Ленинскуголь")

В.И. КЛИШИН
Канд. техн. наук
(АО "Ленинскуголь")

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПОИСК РЕНТАБЕЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННОГО ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ

В статье характеризуется современное состояние добычи угля комплексно-механизированными очистными забоями в России, описываются недостатки существующих методов расчета технологических параметров очистных работ. Приводится дискретная постановка задачи и излагается методология автоматизированного поиска рентабельной производительности очистного забоя по критерию максимума дифференциальной ренты. Описываются конкретные решения поставленной задачи в непрерывной и дискретной постановках.

Современное состояние добычи угля комплексно-механизированными очистными забоями в России в сравнении с передовыми угледобывающими странами характеризуется низкой производительностью труда рабочих очистных забоев (табл. 1), обусловленной невысокими значениями производительности очистного забоя и значительным по количеству штатом промышленно-производственного персонала (ППР) [1,2]. Так, например, в угольном бассейне

New South Wales (Австралия) в 1991 г. на шахте со среднегодовой добычей угля 890 тыс. т численность рабочих в среднем составила 250 чел., в то время как, например, в Кузбассе на шахте со среднегодовой добычей угля в 1350 тыс.т численность ППР составила 2200 чел. При этом среднесуточная нагрузка на комплексно-механизированный очистной забой соответственно составила: в Австралии - 5000 т, в ФРГ - 3730 т, в России - 721 т [1-3].

Таблица 1

Краткая характеристика показателей добычи угля в основных угледобывающих странах по состоянию на 1991 г.

Страна	Объем добычи угля подземным способом, млн.т/год	Количество комплексно-механизированных очистных забоев	Средняя нагрузка на очистной забой, т/смена	Средняя производительность труда рабочего, т/выход
Китай	650	2000	1190	13.3
США	450	105	2000	35.0
Россия	100	435	721	12.6
Польша	190	120	1160	25.0
Великобритания	114	100	991	22.6
ФРГ	126	41	3731	54.1
Австралия	76	102	5000	60.0

Низкая производительность комплексно-механизированного очистного забоя в России обусловлена рядом причин, главными из которых, на наш взгляд, являются: сложные схемы вскрытия, транспортирования и проветривания шахт вследствие одновременной эксплуатации на шахте нескольких очистных забоев; использование недостаточного количества подготовительных выработок и малые площади их сечений (8-12 м² по сравнению с 16-21 м² в ФРГ) непосредственно в выемочном поле очистного забоя, вследствие чего нагрузка на очистной забой часто ограничивается по фактору вентиляции; недостаточно обоснованный расчет при выборе технологических параметров очистных и подготовительных работ, вследствие чего при эксплуатации очистного забоя появляются многочисленные "узкие звенья".

Существующие методы и программы на ЭВМ по расчету производительности очистного забоя построены, главным образом, на концепции обоснования значения нагрузки на очистной забой с учетом сложившейся фактической структуры шахты к данному моменту времени. Использование этих методов на практике фактически подтверждают существующие на шахтах низкие значения нагрузок на очистные забои и принципиально не могут дать ответа на вопрос: с какой скоростью должен двигаться очистной забой, чтобы рентабельно отработать запасы угля выемочного поля?

Этот вопрос является весьма актуальным в связи с тем, что для окупаемости затрат на приобретение дорогостоящих механизированных комплексов необходимо более тщательное обоснование схем и параметров их рентабельного использования. Поиск экономически выгодных нагрузок на очистные забои выходит, на наш взгляд, за рамки традиционных методов проектирования.

Существующая в мире горнодобывающая техника и практика ее эксплуатации на шахтах Австралии, США и других стран показывает технологическую возможность и достижимость рентабельной отработки выемочных полей. Естественно, что при этом достигаются высокие и рекордные нагрузки на очистной забой (до 22 тыс. т/сут. в США и до 40 тыс. т/сут. в Австралии [2,3]). Важным является также то обстоятельство, что схемы вскрытия и подготовки на этих шахтах разработаны специально для обеспечения высокой пропускной способности по вентиляции и грузопотокам. Как правило, на таких рентабельных шахтах работает один комплексно-механизированный очистной забой, который обслуживается целой серией (до 5-6) подготовительных и вскрывающих выработок.

Таким образом, для обоснования технологических параметров комплексно-механизированных очистных забоев, обеспечивающих рентабельную их работу, необходимо, на наш взгляд, использование следующих методических подходов: варьирование значений нагрузок на очистные забои в широких, технически достижимых пределах; "привязка" технологических параметров выемочного поля, схем вскрытия, подготовки, транспортирования и вентиляции к значениям производительности очистного забоя (а не наоборот!); использование в модели дискретного ряда технических и технологических параметров, зависящих от производительности очистного забоя; использование в модели целевой функции типа дифференциальной ренты, включающей в себя интегральную прибыль и капиталовложения с учетом экономического ущерба от их замораживания в период подготовки очистного забоя [4].

На основе полученных нами закономерностей формирования оптимальной проектной мощности шахты [4] в общей постановке поставленной задачи рентабельная производительность (A) очистного забоя определяется путем максимизации целевой функции дифференциальной ренты (дисконтированной суммарной прибыли, накопленной шахтой за период отработки выемочного поля с промышленными запасами угля (Q)), с учетом экономического ущерба от замораживания капиталовложений в период подготовки очистного забоя:

$$\text{MAX}_{i, A_i} \left\{ \sum_{t=T^c(A_i)+1}^{Q/A_i} \frac{(C_i - C_n(A_i))A_i}{(1+E_{np})^t} - \frac{K_i(A_i)}{T^c(A_i)} ((1+E_{np})^{T^c(A_i)} - 1) \right\} \quad (1)$$

при условии:

$$A_{min} \leq A_i \leq A_{max} \quad (2)$$

где A_i - i-ый вариант производительности очистного забоя, (i = 1N); T^c(A_i) - функциональная /возрастающая/ зависимость срока подготовки очистного забоя от его производительности, лет; Ц - оптовая цена угля в t-ый год, руб./т; C_n(A_i) - суммарная себестоимость добычи угля по выемочному полю или шахте (в случае эксплуатации одного очистного забоя) в t-ый год, рассчитанная для i-го варианта производительности очистного забоя (без реновационных отчислений), руб./т;

$$C_n(A_i) = \sum_{f=1}^m C_f(A_i), \quad (3)$$

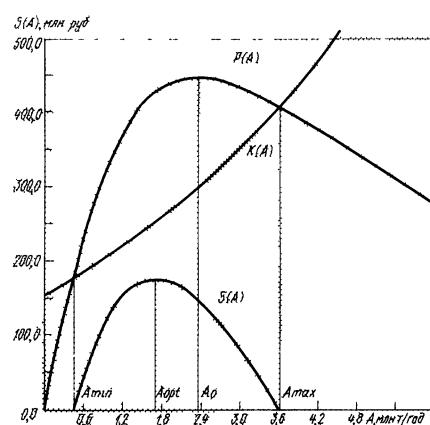
где C_f(A_i) - зависимость себестоимости i-го вида работ в t-ый год от i-ой производительности очистного забоя: руб./т; K_i(A_i) - суммарные капиталовложения (затраты, вносимые шахтой до начала эксплуатации очистного забоя) в зависимости от i-ой производительности очистного забоя, включающие в себя расходы на приобретение механизированного комплекса, конвейеров и другого оборудования, а также затраты на проведение подготовительных и разрезных выработок, примыкающих к очистному забою, млн.руб.:

$$K_i(A_i) = \sum_{f=1}^m K_f(A_i), \quad (4)$$

где K_f(A_i) - зависимость капиталовложений i-го вида работ от i-ой производительности очистного забоя: руб./т; A_{min}, A_{max} - соответственно минимальное и максимальное технически достижимые значения производительности очистного забоя, млн.т/год; E_{np} - нормативный коэффициент приведения разновременных затрат или норма дисконта.

Как показано нами в работе [4], в непрерывной постановке целевая функция (1) состоит из двух частей: интегральной прибыли P(A), имеющей максимум относительно проектной мощности шахты, и дисконтированных капиталовложений K(A) с учетом экономического ущерба от их замораживания в период строительства шахты, функция которых от проектной мощности шахты представляет собой возрастающую нелинейную кривую (рис. 1). Разность этих функций (S(A)=P(A)-K(A)) формирует кривую дифференциальной ренты, имеющей максимум относительно проектной мощности шахты, а также устанавливающей минимальное и максимальное значения мощности шахты, внутри диапазона которых достигается рентабельная работа шахты (см. рис. 1).

Рис. 1. Зависимость дифференциальной ренты S(A) от проектной мощности шахты в непрерывной постановке задачи



В дискретной постановке (1) перечисленные закономерности применительно к оценке производительности очистного забоя в целом сохраняются. Отличие здесь заключается в том, что дискретная постановка задачи в большей степени отражает действительную ситуацию различного ценообразования горношахтного оборудования как внутри страны, так и за рубежом, что в свою очередь определяет существование локальных минимумов и максимумов целевой функции (рис. 2). Как видно из рисунка 2, влияние этих локальных точек на решение задачи существенно - оптимальное решение смещается с 9.0 тыс. т/сут (по условию максимума интегральной прибыли, обозначенной на рис. 2 цифрой 1) до 5.0 тыс. т/сут. (по условию максимума ренты, обозначенной на рис. 2 цифрой 3).

Для решения поставленной задачи (1) поиска рентабельной производительности комплексно-механизированного очистного забоя нами разработан пакет прикладных программ "ПРОЗА" (Прибыль Очистного Забоя) для IBM PC AT, которая включает в себя базу данных и СУБД для автоматизированного выбора типоразмеров очистного и проходческого оборудования; блок расчета технологических параметров очистных, подготовительных и транспортных работ; блок расчета экономических параметров,

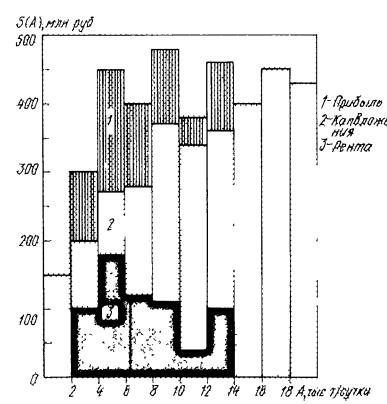


Рис. 2. Зависимость дифференциальной ренты $S(A)$ от производительности комплексно-механизированного очистного забоя в дискретной постановке

включающих в себя вычисление капитальных и эксплуатационных затрат, формирование на этой основе интегральной прибыли и определение максимума целевой функции (1) с соответствующим вычислением оптимальных технологических параметров: 1) производительности очистного забоя и

скорости его подвижения, 2) типа механизированной крепи; очистного комбайна, скребкового конвейера; 3) типа ленточного конвейера, ширины и скорости движения ленты, количества ставов в штреке, 4) площадей сечения и количества подготовительных выработок, примыкающих к очистному забою; 5) типа проходческого комплекса и крепи подготовительных выработок

Решение конкретной задачи обоснования рентабельной работы комплексно-механизированного очистного забоя показывает действительное существование локальных оптимумов целевой функции (1) (см рис 2), окончательный выбор из которых должен осуществляться проектировщиком

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Мышляев Б.К.** Результаты работы очистных забоев на шахтах РФ и ФРГ // "Уголь" - № 10, 1994.
- 2. Комплексно-механизированная выемка угля на зарубежных шахтах.** - М. ЦНИИ уголь, 1988
- 3. New South Wales. Coal yearbook.** Australia. 1989.
- 4. Ордин А.А.** Динамические модели оптимизации проектной мощности шахты / Новосибирск. - ИГД СО РАН, 1991