Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LII, вып. 1, 1966 г.

УДК 622.271.4

ПРИНЦИПЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ГРАФИКА УДАЛЕНИЯ ПУСТЫХ ПОРОД

А. Ф. Богачев

При проектировании карьеров с заданной годовой производительностью по полезному ископаемому возникает вопрос определения количества ежегодно удаляемых пустых пород. Так как объем пустых пород в основном значительно превышает количество добываемого полезного ископаемого, правильное планирование ведения вскрышных работ по годам разработки чрезвычайно важно. Решение этого вопроса влияет на масштабы горнорудного предприятия и размеры его промышленной базы, что в свою очередь определяет эффективность использования капитальных вложений в народное хозяйство.

Существующие в настоящее время методы определения производительности карьера по пустым породам не гарантируют надежного выбора из множества возможных планов удаления пустых пород единственного требуемого варианта. В. В. Ржевский [1957], проанализировав большое число возможных режимов удаления пустых пород, приходит к правильному выводу, что при длительном сроке работы рудника текущие объемы вскрыши необходимо усреднять по отдельным периодам (10—12 лет) и предлагает проводить технико-экономический анализ в каждом конкретном случае выбора режима вскрышных работ. А. И. Арсентьев [1961], построив график зависимости объемов пустых пород от объема полезного ископаемого, предлагает принимать такой режим удаления пустых пород, при котором постоянная производительность карьера выдерживается наиболее продолжительное время. А. И. Арсентьев подтверждает правильность вывода В. В. Ржевского о необходимости усреднения текущих объемов вскрыши по периодам разработки при длительном сроке работы рудника.

В проектной практике производительность карьера по пустой породе определяют по среднеэксплуатационному коэффициенту вскрыши с учетом неравномерности ведения вскрышных работ. При этом коэффициент неравномерности принимают интуитивно от 1,0 до 1,3—1,4 в зависимости от условий залегания рудных тел и рельефа поверхности месторождения.

Вследствие отсутствия обоснованной научной методики определения режима вскрышных работ часто планируют большое опережение вскрышных работ, что приводит к неоправданному замораживанию материальных средств.

Как видно из графика текущих объемов, в результате усреднения в период t_1 выемке подлежат те объемы вскрыши, которые можно было бы удалять в период t_2, т. е. создается опережение вскрышных работ.

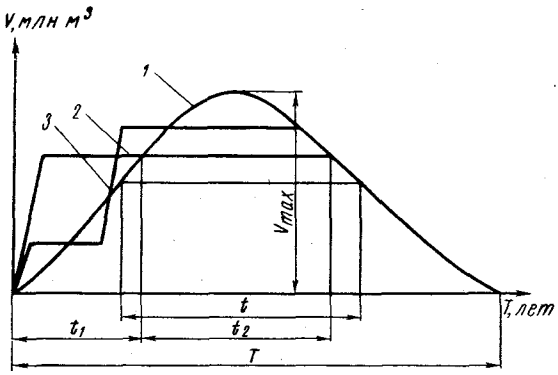
Оптимальный график вскрышных работ (см. рисунок, кривую *3*), занимающий промежуточное положение, с одной стороны, не должен допускать больших колебаний объемов производства, а с другой — значительного опережения вскрышных работ.

Под оптимальным планом удаления пустых пород следует понимать такой график режима вскрышных работ, при котором сумма приведенных затрат на разработку всего месторождения будет минимальной. Затраты на разработку месторождения с точки зрения колебаний горнорудного предприятия по вскрыше можно представить в виде

$$R = r + \Delta r,$$

где r — затраты, не зависящие от колебания производительности карьера по вскрыше;

Δr — издержки, связанные с изменением производительности карьера по пустой породе.



Графики режимов вскрышных работ:
1 — текущих объемов вскрыши без усреднения; *2* — максимально усредненных объемов вскрыши; *3* — промежуточного плана удаления пустых пород.

Оптимальный план удаления пустых пород F соответствует

$$F \to \min R \quad \text{или} \quad F \to \min \Delta r.$$

Поэтому при определении оптимального плана ведения вскрышных работ можно минимизировать только затраты, связанные с колебаниями объемов производства. К ним относятся: 1) на создание опережения вскрышных работ; 2) на расширение объемов горнорудного предприятия; 3) по свертыванию объемов производства.

Характер и степень влияния каждой из этих групп затрат на выбор оптимального графика вскрышных работ различны. Так, первая группа в процессе минимизации вызывает стремление оптимального плана к графику текущих объемов вскрыши. Вторая группа затрат — капитальные вложения на расширение объемов производства — при минимизации оказывает двоякое влияние. Минимизация ежегодных затрат на увеличение производительности карьера по вскрыше вызывает приближение оптимального плана к графику текущих объемов. Однако в этом случае абсолютный размер капитальных вложений будет наибольшим и равным величине пикового объема вскрыши V_{max}. Поэтому эта группа затрат начинает оказывать второе, противоположное первому, влияние — стремление приблизить искомый график к прямой *2*, соответствующей максимальной степени усреднения текущих объемов и минимальному размеру затрат на расширение производства.

Третья группа — издержки на свертывание производства — в процессе минимизации затрат вызывает приближение оптимального графика вскрышных работ к прямой *2*, обеспечивающей наименьший абсолютный размер капиталовложений на расширение (следовательно, и свертывание) производства и имеющей наибольшую продолжительность амортизации свертываемых основных фондов. Таким образом, первая и третья группа затрат оказывают на оптимальный график вскрышных работ противоположное, а вторая группа двоякое влияние.

Первая группа затрат представляет собой эксплуатационные расходы на удаление пустых пород. Смысл их минимизации в каждый данный мо-

мент состоит в следующем. Во-первых, любые более ранние затраты невыгодны, так как они изымают оборотные средства из сферы обращения и исключают возможность получения ежегодной прибыли ε, которая для железорудной промышленности в соответствии с методикой института «Гипроруда» [1963], составляет около 15%. Во-вторых, как показал В. С. Хохряков [1962], стоимость удаления пустых пород имеет неуклонную тенденцию к снижению за счет совершенствования средств и методов разработки. Среднегодовое снижение стоимости удаления 1 $м^3$ пустых пород составляет, по В. С. Хохрякову, 2—5%.

Тогда стоимость удаления 1 $м^3$ пустых пород, например, в k-й год разработки

$$b_k = b_0 \frac{(1-nk)}{(1+\varepsilon)^{k-1}}, \qquad (1)$$

где b_0 — стоимость разработки 1 $м^3$ пустых пород в настоящее время;
n — ежегодное снижение стоимости разработки за счет технического прогресса;
$(1+\varepsilon)$ — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Формула (1) имеет приближенный характер, так как показатель n с течением времени уменьшается (кривая стоимости разработки 1 $м^3$ с годами хотя и приближается к оси времени, но никогда ее не пересечет).

Вторая группа затрат — капитальные вложения на увеличение мощности горнорудных предприятий — делится на стоимость строительно-монтажных работ и оборудования. Как показывает анализ, в среднем по железорудной промышленности для открытых горных работ доля строительно-монтажных работ составляет 0,7—0,8, а оборудования 0,2—0,3 от всей суммы капитальных вложений. Увеличение или уменьшение производительности карьера по вскрыше особенно остро сказывается на первой части основных фондов — на объектах строительно-монтажных работ и капитального строительства, которые погашаются по потонной ставке. Оборудование, погашаемое вне зависимости от размеров запасов, при необходимости можно демонтировать и передать другому предприятию. Кроме того, стоимость оборудования в виде амортизационных отчислений входит в минимизируемую стоимость удаления 1 $м^3$ горной массы. Поэтому стоимость оборудования из минимизируемой части затрат надо исключить. Тогда удельные капитальные затраты на расширение производства (затраты на единицу расширяемой мощности) в k-й год

$$a_k = \frac{0{,}7\, a_0}{(1+\varepsilon)^{k-1}}, \qquad (2)$$

где a_0 — удельные капитальные вложения в настоящее время.

Величину a_0 можно определить на основании анализа проектных и фактических данных. Для железорудной промышленности, например, институтом Гипроруда разработаны нормативы удельных капитальных вложений [1963].

Наиболее сложна задача определения удельных затрат на свертывание объемов производства. В литературе по этому поводу рекомендаций нет. Для расчета оптимального графика вскрышных работ предлагается следующая методика определения издержек по свертыванию промышленной базы горнорудного предприятия. Убытки при свертывании производства можно рассматривать как стоимость недоамортизированной части сокращаемых основных фондов. При полном сроке амортизации основных фондов T лет и сроке их эксплуатации (от расширения до свертывания)

t_1 лет недоамортизированная часть их от общей стоимости будет равна $\frac{T-t_1}{T}$.

Если в момент расширения масштабов предприятия удельные капитальные вложения, определенные по формуле (2), составили a_k, то спустя t лет стоимость их сокращения будет равна

$$c_{k+t} = \frac{a_k (T-t)}{(1+\varepsilon)^{t-1} T},$$

или

$$c_{k+t} = \frac{0{,}7\, a_0 (T-t)}{(1+\varepsilon)^{k+t-1} T}. \qquad (3)$$

Продолжительность действия основных фондов t определяется по графику текущих объемов как длина горизонтального отрезка прямой, соединяющей на графике текущих объемов вскрыши момент расширения и свертывания производства.

Если минимизировать сумму приведенных затрат, связанных с колебаниями объема производства, то можно получить наиболее экономичный план удаления пустых пород по годам разработки. Как показывает предварительный анализ, эта задача имеет вариационный характер и может быть решена методами математического программирования. Решение ее позволяет создать методику экономического обоснования плана удаления пустых пород и восполнить пробел в существующих методах проектирования карьеров.

ЛИТЕРАТУРА

А р с е н т ь е в А. И. Определение производительности и границ карьеров. Госгортехиздат, 1961.

Нормативы удельных капитальных вложений для железорудной промышленности СССР, Гипроруда, 1963.

Р ж е в с к и й В. В. Режим горных работ при открытой добыче угля и руды. Углетехиздат, 1957.

Х о х р я к о в В. С. К вопросу экономической оценки открытой разработки месторождений по очередям. Изв. вузов, Горный ж., № 3, 1962.