

УДК 622.013.3; 622.276.6

А.И. Косолапов, А.И. Пташник, Ю.П. Пташник

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВАРИАЦИЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТЬЮ РУДНЫХ КАРЬЕРОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРУТОПАДАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Затронуты вопросы синхронизации интенсивности производства, с меняющейся потребностью рынка. Рассмотрены современные технологические приёмы и исследована возможность интенсификации производственной мощности за счёт управления параметрами этапной разработки.

Ключевые слова: интенсификация производственной мощности, временно нерабочие борта, этапная разработка месторождений.

Общий экономический кризис и спад промышленного производства в начале 90-х годов XX в., вызванные реформированием экономики и переходом к рыночным отношениям, привели к резкому падению внутреннего спроса практически на все виды минерального сырья, что способствовало согласно данных Госкомстата Российской Федерации [1] увеличению доли экспорта производимой продукции (рис. 1).

Мировой рынок характеризуется меняющейся во времени потребностью, что предопределяет отсутствие у субъекта хозяйствования стабильного объёма заказов на добываемое сырьё. Поэтому, предприятия открытой разработки, работая с постоянной производственной мощностью, сталкиваются с большими расходами, связанными с хранением нереализованной готовой продукции на складе – в период падения спроса, а также упускают возможность покрытия потребности рынка, за счёт оперативной интенсификации производства – в период роста спроса.

В настоящее время эффективно управлять режимом горных работ по-

зволяет вариация параметрами зоны разноса, при этапной разработке крутопадающих месторождений, регулирование высоты постановки временно нерабочего борта в границах этапа, изменение параметров системы разработки, позволяющих активно перераспределять объёмы производства (изменяют скорость углубки и подвижения фронта горных работ за счёт изменения высоты уступа, ширины и протяжённости рабочих площадок, а также их числа в плане и по глубине рабочей зоны карьера), обоснование расположения зон концентрации, ввод дополнительных мощностей горнотранспортного оборудования, повышение производительности технологического оборудования за счет использования эффективных технологических схем и повышения уровня организации в каждом технологическом процессе открытых горных работ.

Анализ мирового опыта предприятий, ведущих открытую разработку крутопадающих месторождений, долгие годы функционирующих в условиях рынка, позволяет сделать следующие выводы:

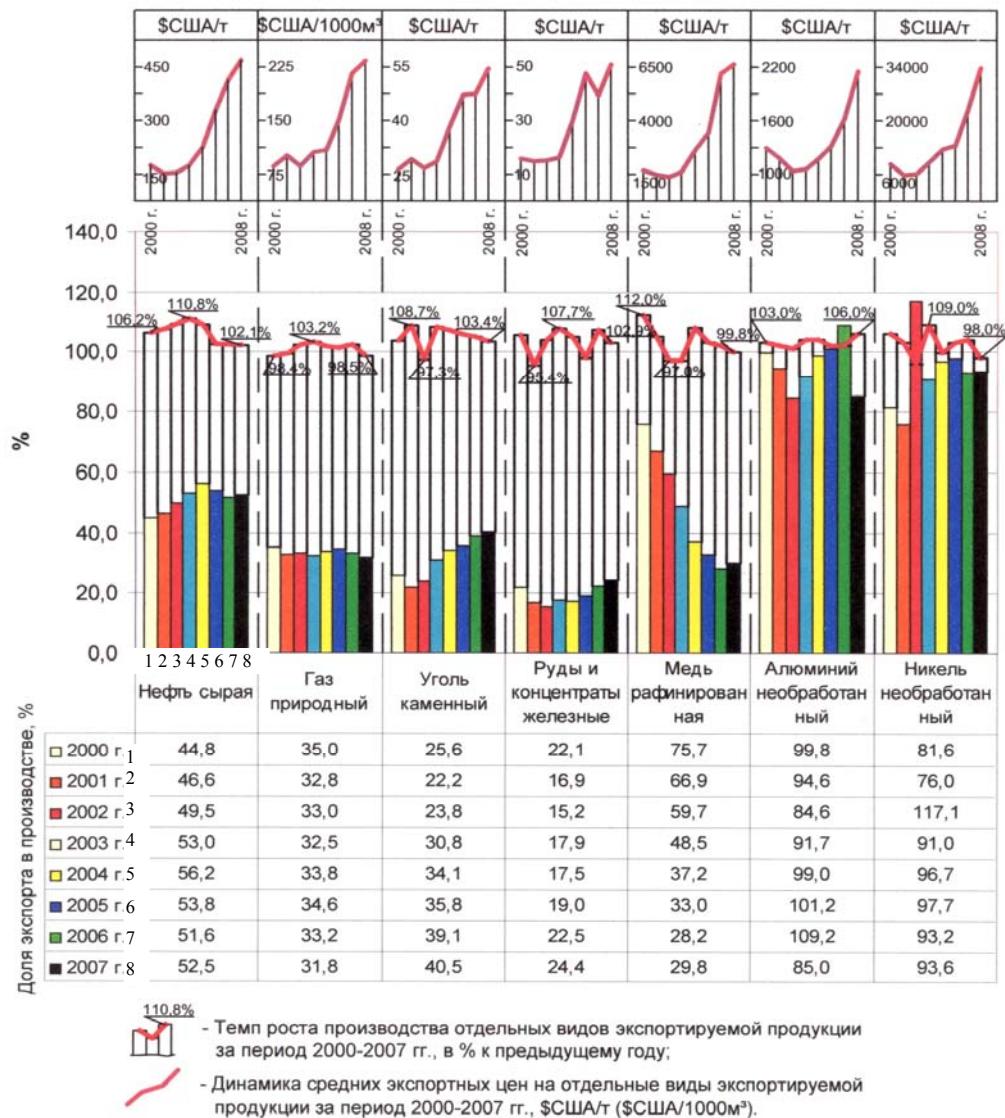


Рис. 1. Темп роста производства, доля экспорта в производстве и динамика средних экспортных цен на отдельные виды экспортной продукции в период 2000-2007 гг.

- для достижения высокой эффективности при вариации производительности с учётом особенностей внешней среды (динамики спроса, конъюнктуры на рынке), целесообразно прогнозировать величину этих изменений и заблаговременно интен-

сифицировать либо сокращать производство;

- при значительных колебаниях потребности рынка в продукции горных предприятий, некоторые из них работают с резервом производственной мощности как на карьере, так и на

обогатительной фабрике, до 50 %, обеспечивая при этом высокую экономическую эффективность;

- активно используется координирование выемочных единиц занятых на добывчих работах по заботам с различным качественным составом руды, ведение работ зонами концентрации, а также изменение параметров системы разработки, позволяющих управлять развитием рабочей зоны карьера, и в конечном счёте, регулировать режим горных работ.

Таким образом, за рубежом, для вариации мощности по добыче на карьерах, в принципе используют те же технологические приёмы, однако стоит отметить более высокую степень внедрения программных продуктов профильного назначения по оперативному планированию, прогнозированию и организации производства, что, несомненно, повышает эффективность последнего.

Резюмируя вышесказанное, а также учитывая тот факт, что на сегодняшний день отработка крутопадающих месторождений в обязательном порядке ведётся очередями (этапами), следует, что в качестве механизма регулирования текущего коэффициента вскрыши и интенсификации производственной мощности карьеров по добыче, необходимо и целесообразно управлять параметрами рабочей зоны в пределах этапа отработки. Это даёт возможность временного увеличения производительности карьера по полезному ископаемому, без ввода дополнительных мощностей, за счёт их высвобождения со вскрышных работ, а следовательно без капитальных затрат на покупку оборудования и реконструкцию схемы вскрывающих трасс.

Однако, сама по себе этапная отработка, подразумевает перенос погашения некоторых объёмов вскрыш-

ных пород на более поздние периоды разработки, а консервируемая вскрыша во временно нерабочих бортах, в любом случае должна быть отработана на последующих этапах разработки. Исследованиями [2, 3, 4 и др.] установлено, что при этапной отработке карьера, разнос в пределах последующей очереди необходимо начинать заранее, до окончания отработки текущего этапа, иначе неизбежно выбытие производственной мощности, вплоть до временного прекращения добывчих работ. Формирование рабочей зоны при поэтапной отработке показано на рис. 2.

При глубине карьера H_1 верхний уступ рабочих бортов GD и EF, сформированных под углом γ , достигает контура первого этапа ABCD – 1, при этом длина проекции линии откоса рабочего борта по вскрышным породам равна величине B . Если отработку вести в пределах этого этапа, а уступы достигшие контура этапа погашать под углом β , то при достижении горными работами глубины, соответствующей глубине первого этапа H_1 этапа, добывчные работы прекратятся, из-за отсутствия готовых к выемке запасов. Так же очевидно, что в случае отработки в контуре 1 этапа, при достижении карьера глубины H_1 , текущий коэффициент вскрыши достигает своего максимума, а затем начинает уменьшаться. Кроме того, происходит постепенное сокращение протяжённости вскрышного фронта работ, что особенно характерно для округлых в плане месторождений и происходит постепенное выбытие производственной мощности по горной массе. Так, с понижением горных работ с глубины H_1 до H_k длина проекции линии откоса рабочего борта по вскрышным породам уменьшается до величины B_1 .

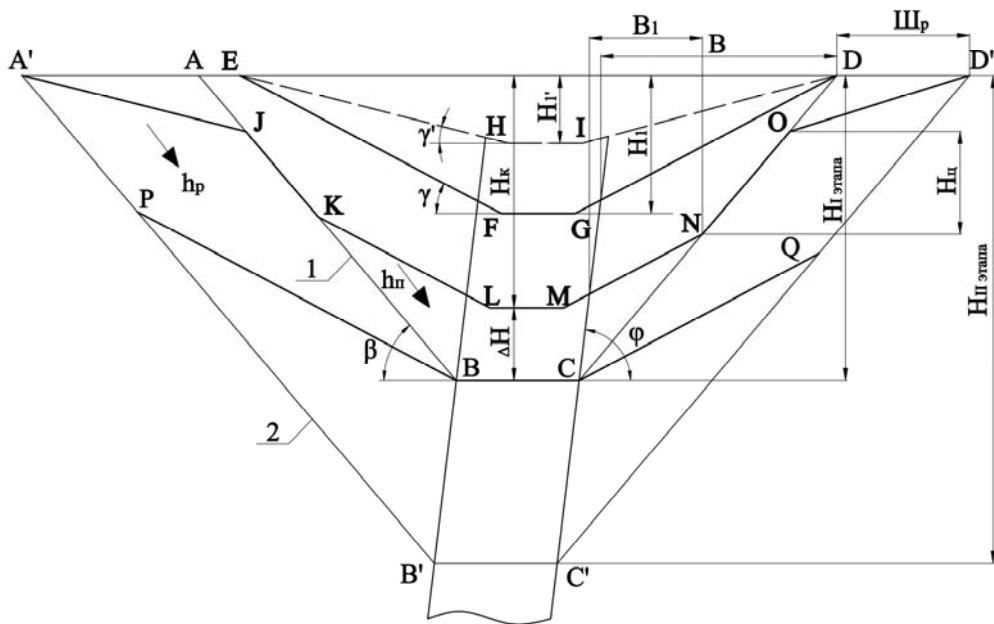


Рис. 2. Принципиальная схема открытой разработки месторождения этапами

До определённой глубины, равной H_k , происходит формирование по контуру этапа 1 временно нерабочего борта AK и DN за счёт погашения уступов рабочего борта, что позволяет законсервировать значительные объёмы породы и перенести их отработку на последующие периоды, а по её достижению, одновременно с отработкой в границах первого этапа, необходимо начать ускоренный разнос бортов A'J и OD' и временно нерабочих бортов AK и DN в пределах последующей очереди A'B'C'D'. К моменту достижения карьером глубины H_l этапа рабочая зона примет положение A'PBCQD'.

Автором работы [5] установлено, что при соответствующих скоростях углубки промежуточного контура h_n и контура разносимого борта h_p , глубина ведения горных работ в промежуточном контуре, при достижении которой начинается разнос временно нерабочего борта, определяется по формуле

$$H_k = \frac{\Delta H \cdot (h_p - h_n)}{h_n}, \text{ м} \quad (1)$$

а, понижение горных работ в промежуточном контуре ΔH за период разноса временного борта $t_{\text{рек}}$, определяется по формуле:

$$\Delta H = t_{\text{рек}} \cdot \frac{Q_d}{S}, \text{ м} \quad (2)$$

где Q_d – производительность карьера по добыче руды, м^3 ; S – площадь рудного тела, м^2 .

Определение по данным зависимостям момента начала разноса временно нерабочего борта, позволяет избежать выбытия производственной мощности по добыче руды и определяет правильный режим горных работ при поэтапной разработке крутопадающих месторождений.

При рассмотрении этапной разработки с позиции использования как механизма интенсификации производственной мощности необходимо отметить, что поддержание производительности

по руде происходит как за счёт углубления, так и за счёт подвигания рабочих уступов. Как правило, при углубочных системах разработки воспроизводство добычного фронта обеспечивается в большей степени за счёт углубки карьера. Поэтому, интенсивная отработка возможна по двум направлениям:

- горные работы развиваются с максимальной интенсивностью в глубину, а в горизонтальном направлении обеспечивается только минимальная необходимая скорость, чтобы сохранить нормальную ширину рабочих площадок;

- горные работы развиваются с максимальной интенсивностью в глубину и в горизонтальном направлении.

Очевидным становится зависимость угла откоса рабочего борта в пределах этапа разработки и угла погашения временно нерабочих бортов, от потенциальных возможностей по интенсификации. На (рис. 2) показано положение рабочей зоны EHID, соответствующее глубине H_1' , с уменьшенным углом рабочего борта до значения γ' . В этом случае, начальные периоды разработки характеризуются незначительными объёмами добычи, однако достижение уступами рабочего борта контуров этапа, происходит на меньшей глубине, что увеличивает возможную продолжительность интенсификации производства при понижении горных работ до глубины H_k . Высвобождающееся выемочно-погрузочное оборудование со вскрышных работ по мере снижения текущего коэффициента вскрыши может быть использовано в качестве добычного, повышая суммарную производительность комплекса добычных работ. Авторами работы [6], выполнены расчёты по определению глубины карьера, при которой необходимо начать расширение его этапных бортов и построена номограмма (рис. 3) для определения глубины, соответствующей началу реконструкции.

Анализ номограммы показывает что предельная глубина H_1 (рис.2) увеличивается с ростом угла откоса рабочего борта, т.е. имеет прямую зависимость, и уменьшается при повышении угла откоса нерабочего борта. Чем выше угол откоса нерабочего борта, тем больше объём консервации, быстрее уменьшается активный фронт вскрышных работ, тем значительнее выбытие производственной мощности карьера по горной массе с глубиной.

В свою очередь, чем больше угол откоса рабочего борта, тем больше глубина карьера, при которой начинается расширение его этапных бортов, и тем больше уступов можно вовлечь в единовременную отработку.

Таким образом, резюмируя вышеизложенное необходимо отметить, что интенсификация добычных работ при поэтапной отработке возможна тем больше и продолжительнее, чем меньше угол откоса рабочего борта и больше угол откоса нерабочего борта.

На сегодняшний день, для определения потенциальных возможностей предприятия по наращиванию производственной мощности по добыче оперируют такими показателями, как наличие активных рудных площадей и подготовленного добычного фронта, резерв готовых к выемке запасов, возможность высвобождения выемочно-погрузочного оборудования. Для оценки состояния рабочей зоны и оперативного его контроля вводят показатели соответствия развития горных работ в добычной и породной зонах, основанные на скоростях подвигания и углубления, используют показатели, такие как, удельная длина фронта работ, необходимая для добычи 1 млн.м³ руды в год при определённой скорости его подвигания и высоте уступа [7], рассматривают положение целиков в пространстве и возможную эффективность их отработки.

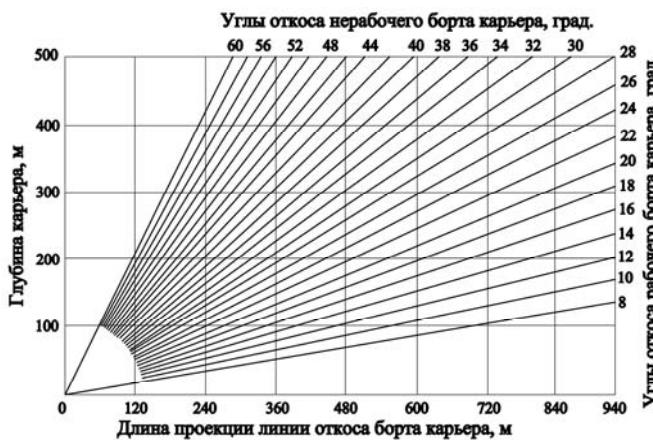


Рис. 3. Номограмма определения глубины карьера, при которой начинается расширение его этапных бортов

Опыт работы предприятий по их адаптации, к меняющимся условиям рынка, наглядно показывает отсутствие механизма по обоснованному выбору технологии ведения работ и её параметров при вариации производственной мощности на карьере. Доказательством является возникновение внеплановых временно нерабочих бортов, за счёт нарушения закона соразмерного ведения работ и развития карьерного пространства, а также формирование временно нерабочих бортов в добычной зоне, что является недопустимым. Однако, для разработки обоснованного механизма по выбору пути интенсификации производства существует множество препятствий, главным из которых является, огромное количество положений развития рабочей зоны характерных для различных стадий ведения работ и особенностей горногеологического, горнотехнического и гидрогеологического строения месторождений.

Анализ работы предприятий и современные исследования данного вопроса, уже сегодня позволяют сделать определённые выводы, изложенные ниже, касающиеся синхронизации тех-

нологии производства с меняющейся потребностью рынка.

1. Оперативная вариация производственной мощности карьера по добыче, при поэтапной разработке крутопадающих месторождений, целесообразна за счёт комплексного управления параметрами системы разработки, такими как ширина рабочей площадки, высота уступа, высота и протяжённость временного целика в рабочей зоне карьера, ограничиваясь при этом, имеющимся комплексом оборудования, необходимостью сохранения проектной схемы вскрытия и достаточной эффективностью ведения работ в последующие периоды разработки.

2. Расширить интервал управления режимом горных работ, посредством уменьшения текущего коэффициента вскрыши, при поэтапной разработке, возможно за счёт выделения в объёмном контуре этапа карьерного поля участков с дифференцированными параметрами рабочей зоны, обеспечивающими необходимый объём производства на определённый временной промежуток.

3. Существующими исследованиями отмечено, что любое из предложенных решений по вариации производственной мощности имеет инерционность конечного результата, в том числе приобретение и монтаж дополнительного оборудования. С этой целью доказана целесообразность прогнозирования поведения конъюнктуры рынка и определение затрат времени при различных механизмах интенсификации производительности.

4. На сегодня отсутствует методика оперативного определения потенци-

альных возможностей предприятий по адаптации к изменениям во внешней среде. Методика должна обосновывать максимально возможную величину вариации, с целью дальнейшего динамичного и сбалансированного ведения горных работ и не допускать возникновение незапланированного вскрышного отставания. Она должна быть построена на оперативной оценке и сравнении существующего состояния рабочей зоны, с допустимым, определяемым из условия эффективного возобновления работ в пост интенсификационные периоды разработки.

5. Горные работы на глубоких карьерах характеризуются разработкой с выделением этапов. Поэтому найденные технологические решения по эффективному формированию и раскон-

сервации временно нерабочих бортов, возможности управления активным фронтом горных работ, обоснованному изменению параметров этапов, и всего остального, что приводит к управляемому изменению режима горных работ и повышению производительности горнотранспортного оборудования, представляют огромную ценность с позиции исследования вопроса вариации производственной мощности. Необходимо отметить, что уменьшение производственной мощности не представляет особых трудностей с технологической точки зрения, но значительно влияет на организацию производства и снижает экономическую эффективность отработки, за счёт увеличения доли условно-постоянных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Российский статистический ежегодник. 2007: Стат.сб./Росстат. - Р76 М., 2007. - 825 с.*
2. *Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. 2-е изд. пер. и доп. М.: Недра, 1970. – 319 с.*
3. *Усынин В.И. и др. Регулирование вскрышных работ в глубоких карьерах. Л.: Наука, 1982. – 188 с.*
4. *Мельников Н.В., Виннищий К.Е., Меньшов В.С., Реентович Э.И. Вопросы выбора производственной мощности карьера. М.: Наука, 1971. – 166 с.*
5. *Андрюсов А.Д. Технологические основы разработки глубоких кимберлитовых карьеров в условиях многолетней мерзлоты //Дис. ... док. техн. наук: 05.15.03 / Андросов Артур Дмитриевич. Новосибирск, 1993. – 367 с.*
6. *Мартыненко В.П., Алексеев Ф.К., Варава И.П., Генералов Г.С., Малюта Д.И. Поддержание мощности карьеров по руде при разработке крутопадающих месторождений. Горный журнал, - 1983. №8. – С. 38 – 41.*
7. *Колибаба В.Л., Станиславский Л.Я. Определение этапов вскрытия и отработки глубоких горизонтов карьеров для поддержания проектной мощности. Горный журнал, - 1981. №3. – С. 34 – 37. ГИАБ*

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Косолапов Александр Иннокентьевич – доктор технических наук, профессор, Kosolapov1953@mail.ru

Пташник Александр Игоревич – аспирант, Ptashnik_@mail.ru

Пташник Юлия Павловна – аспирант, Ptashnik_@mail.ru

*Сибирский федеральный университет,
Институт горного дела, геологии и геотехнологий, кафедра «Открытые горные работы».*

