© А.О. Игнатов, 2005

УДК: 622.271:65.011.46

А.О. Игнатов

ОБОСНОВАНИЕ СТУПЕНЧАТО-УБЫВАЮЩЕГО ГРАФИКА РЕЖИМА ДОБЫЧНЫХ РАБОТ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК С МОЩНОЙ ТОЛЩЕЙ ПОКРЫВАЮЩИХ ПОРОД

Европейский Север России богат месторождениями алмазоносных кимберлитов, в то же время они отличаются высокой сложностью условий залегания. Типичным и наиболее сложным из них является трубка им. В. Гриба, на примере которой перечислю возможные неблагоприятные условия залегания характерные всем залежам (рис. 1):

- мощный слой покрывающих пород;
- залегание бедных руд в кратерной части с увеличением содержания по падению;
- достаточно высокая мощность самого кратера;
- существенно высокие концентрации в жерловой части (в среднем уровень содержания по падению практически не изменяется);
- весьма высокая степень сложности гидрогеологических условий.

Перечисленные особенности условий залегания оказывают большое влияние на инвестиционную привлекательность проекта разработки месторождений этого типа. В мировой практике используется ряд критериев оценки эффективности инвестиционных проектов, которые помогают ответить на вопрос, в достаточной ли степени оправдываются капитальные вложения [1]. В идеале проектные параметры карьера должны обеспечивать: превышение показателем *IRR* принятой нормы дисконта *E*; положительную величину чистого дисконтированного дохода (*NPV*); индекс прибыльности (*IP*) более единицы. Но помимо указанных показателей, исключительно важным является обеспечение допустимого срока окупаемости инвестиций T_o, причем дисконтированных инвестиций дисконтированными чистой прибылью и амортизацией.

Традиционный подход при проектировании карьера [2] для разработки кимберлитовых трубок Архангельской области: выход на производственную мощность в бедных рудах верхней кратерной части трубки и, поддержание ее до окончания отработки запасов, обуславливающее нормальную работу обогатительной фабрики, при равномерном режиме работы карьера как по вскрышным так и по добычным работам показал себя не привлекательным для инвестирования, так как срок окупаемости достигает 16-ти и более лет. В результате освоение многочисленных кимберлитовых трубок Европейского Севера России не рационально, а мировые рыночные отношения требуют расширения алмазодобывающей промышленности страны.

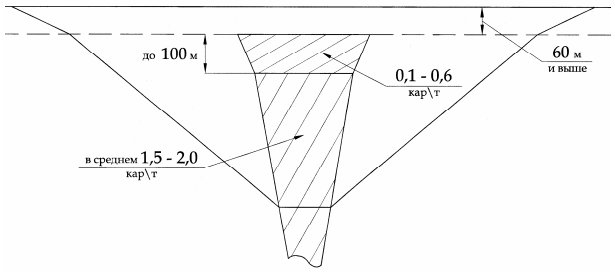


Рис. 1. Особенности залегания кимберлитовых трубок Европейского Севера России

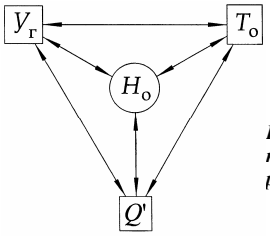


Рис. 2. Взаимосвязь параметров горных работ

В настоящих условиях маловероятно появление новых революционных горных технологий, и основным направлением повышения эффективности освоения рассмат-риваемых месторождений является поиск технологических решений, способных сократить срок окупаемости инвестиций. Для его сокращения следует стремиться в первую очередь к увеличению производительности по полезному компоненту в добываемой руде даже за счет роста инвестиций и эксплуатационных расходов, по возможности их ограничивая.

Необходимо в течение всего срока T_o обеспечить высокий темп углубления, сократить срок горно-капитальных работ (ГКР) и сдать в эксплуатацию карьер на запасах относительно богатой руды (нижней части кратера или непосредственно в жерле), временно складируя бедные руды соответственно. Освоить максимально возможную производственную мощность карьера на этих запасах и поддерживать ее, по крайней мере, до тех пор, пока не окупятся дисконтированные инвестиции.

После окончания сокращенного срока T_o (а именно сокращение T_o является главной целью) можно (а скорее необходимо по горно-техническим условиям) снизить темп углубления горных работ по руде, компенсировав снижение производительности переработкой ранее заскладированной бедной. При дальнейшем отсутствии возможностей поддержания производительности по добыче, следует пойти на ее снижение, оставляя недозагруженными мощности по переработке.

Итак, речь идет об интенсификации горных работ в периоды строительства, освоения и поддержания достигнутой производственной мощности, вплоть до окончания срока окупаемости вложенных инвестиций. Основной задачей является определение экономических параметров 1-ой ступени графика режима добычных работ, а он будет иметь вид ступенчатого, причем ступенчато-убывающего с выбытием мощности по руде после завершения периода T_o.

Понятие «режим горных работ», впервые было введено в начале 50-х годов академиком В.В. Ржевским. Им были разработаны его теоретические основы, а за пол века это направление исследования получило огромное развитие и до наших дней дошли многочисленные труды не только его учеников, но и представителей других научных школ [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

На данный момент предложены и обоснованы различные формы графика режима горных работ. Они состоят из смежных графиков добычных и вскрышных – в соответствии с этим, можно отметить 9 и более возможных вариантов, включая пикообразные и ступенчатые.

Авторы методов обоснования всегда базируются на определенных условиях применения того или иного графика. Эти условия могут быть не только горно-геологи-ческими, но и экономическими, климатическими, технологическими и т.д.

При всех неблагоприятных горно-геологических условиях залегания кимберлитовых трубок Архангельской области следует отметить относительно правильные формы залежи, которые характеризуют предпосылки к аналитическому исследованию технологии и организации ведения горных работ. В этих условиях горные выработки можно приближенно считать правильными геометрическими тела-

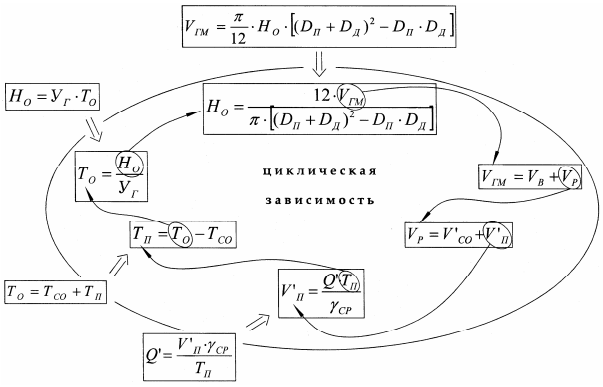
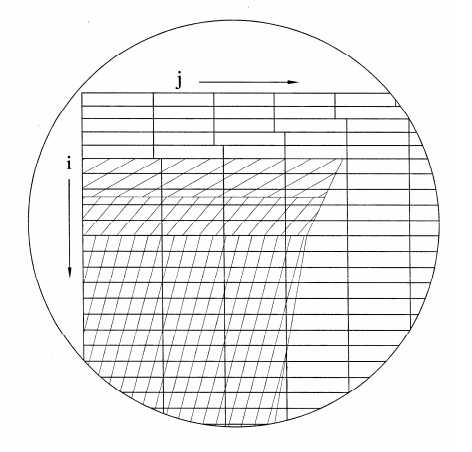


Рис. 3. Аналитическая модель взаимосвязи темпа углубления, срока окупаемости и производственной мощности по руде

Рис. 4. Вертикальное сечение блочной модели карьера по его оси



ми, что существенно облегчает расчеты, связанные с объемами производимых работ, и упрощает вид этих расчетов.

Аналитические исследования были проведены с целью установления и обоснования взаимосвязи таких важных параметров как (рис.2.): производственная мощность карьера по руде (Q'), темп углубления горных работ ($У_г$) и срок окупаемости инвестиций (T_o). Связующим звеном между ними является текущая глубина карьера соответствующая окончанию срока окупаемости (H_o), характеризующая суммарный объем вскрышных пород и полезного ископаемого отработанный за этот период. Для рассматриваемых кимберлитовых трубок Европейского Севера России общий вид определения данного объема будет соответствовать формуле усеченного конуса.

На рис. 3. изображена аналитическая модель взаимосвязи вышеперечисленных параметров: где D_n и $D_д$ – диаметры карьера по поверхности и по дну соответственно, м; V'_{co} И V'_n, T_{co} и T_n – объемы и сроки добытой руды в периоды строительства и освоения производственной мощности карьера и ее поддержания соответственно. Модель отражает циклическую зависимость и дает понять систему регулирования параметрами открытых горных работ.

В результате расчетов, задав в исходных данных срок окупаемости и темп углубления в разумных пределах от минимальных до максимальных значений, получаем сумму графиков, образующих область их влияния на изменение параметров 1-ой ступени режима добычи руды. Это дает возможность определить марку и количество основного карьерного оборудования и исследовать технологические возможности его работы с целью корректировки режима. Учесть технолого-организационные аспекты.

Открытые горные работы в каждый период времени или их производства реализуются в виде технологических схем разработки месторождения. В целом развитие горных работ представляет собой определенную последовательность реализации этих технологических схем во времени и пространстве.

Производится построение блочной модели (рис. 4.) карьера в полярной системе координат, где каждый блок представляет собой приращения объемов формы кольца в плане и высотой равной высоте уступа. Физической сущностью такого блока является разнос горизонта до параметров позволяющих углубиться на нижележащий. Каждый блок имеет двойной порядковый номер: i – горизонта, j – этапа, который влияет на определение его линейных параметров.

Долгосрочное планирование с циклом не менее месяца работы позволяет построить график работы экскаваторов по горизонтам нарастающим итогом по
годам отработки, который способен объяснить отклонение темпа углубления от средней величины в тот или иной период объемами производимых работ на верхних уступах, а управление вводом и организацией работы экскаваторов дает возможность регулировать этим темпом на разных периодах работы карьера.

На основании проведенных исследований установлена взаимосвязь главных параметров карьера и технологии и организации ведения горных работ, предложены методы аналитического определения этих параметров и разработаны технологические схемы, обеспечивающие высокий темп углубления. Результаты показывают возможность снижения срока окупаемости с 16 до 10-12 лет и формирование графика режима добычных работ ступенчато-убывающего вида.

Определяющий сокращение срока окупаемости инвестиций ступенчато-убываю-щий график режима добычных работ осуществляется максимизацией темпа углубления в периоды строительства, освоения производственной

мощности и первый этап эксплуатации карьера и затем корректируется при управлении порядком ввода и функционирования основного карьерного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пешкова М.Х.* Экономическая оценка горных проектов. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003.
2. ТЭО разведочных кондиций. Выполнено по заказу ОАО «Архангельскгеолдобыча».
3. *Ржевский В.В.* Режим горных работ при открытой добыче угля и руды. – М.: Углетехиздат, 1957 – 200 с.
4. *Арсентьев А.И., Холодняков Г.А.* Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений. – М.: Недра, 1994. – 335 с.
5. *Пешков А.А.* Управление развитием горных работ на глубоких карьерах. – М.: ИПКОН РАН, 1999. – 321 с.
6. *Арсентьев А.И.* Технико-экономические особенности поэтапной отработки карьерных полей. Развитие теории открытых горных работ. – М.: МГИ, 1991. – 321 с.
7. *Истомин В.В.* Исследование развития горных работ на рудных карьерах: Дис. на соиск. учен. степени доктора технических наук. – М.: 1991. – 485 с.
8. *Истомин В.В.* О режиме открытых горных работ и его экономической оценке.- Горные науки и промышленность. М.: Недра, 1989. – С.251-258.
9. *Новожилов М.Г., Куценко В.И.* Обеспечение равномерного режима вскрышных работ на глубоких карьерах.- Горный журнал, 1985, N 3.
10. *Кононыхин М.А.* Разработка методов управления интенсивностью эксплуатации месторождений открытым способом в условиях изменения потребности в добываемом сырье: Дис. на соиск. учен. степени кандидата технических наук . – М.: ИПКОН РАН, - 2002. – 160 с.

Коротко об авторах

Игнатов Антон Олегович – аспирант, Московский государственный горный университет.

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
КУЗЬМИНА Ирина Евгеньевна	Экономический механизм обоснования технологий подземной разработки кимберлитовых месторождений	08.00.05	к.э.н.
КРЯЖЕВ Николай Михайлович	Определение рациональных параметров центробежной мельницы для тонкого измельчения карбонатных отходов	05.05.06	к.т.н.
МОНАКОВ Алексей Сергеевич	Разработка метода прогнозирования пылегазовых выбросов горно-обогатительными комбинатами в окружающую среду	25.00.36	к.т.н.