

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОСВОЕНИИ ГОРНОГО ПРОЕКТА КУМТОР

Кумтор тоо кен проектисин өздөштүрүүдө маалымат (информациялык)
технологияларды колдонуу

Use of information technologies when developing the Kumtor mining project

Аннотация: В статье рассматриваются комплексные производственные задачи горных проектов, решения которых связаны с использованием современных информационных технологий. Приводятся примеры использования программных продуктов на примере разработки месторождения Кумтор.

Аннотация: Бул макалада заманбап маалымат технологияларын пайдалануу менен чечимдерди кабыл алууга байланышкан тоо-кен долбоорлорунун, комплекстүү өндүрүштүк маселелерди чечүүнү иликтейт. Кумтор кенинин өздөштүрүү үлгүсү менен программалык камсыздоону колдонуу мисалдары келтирилген.

Annotation: The article deals with the complex production tasks of mining projects, the solutions of which are connected with the use of modern information technologies. Examples of the use of software products are given on the example of the development of the Kumtor deposit.

Ключевые слова: информационные технологии; горный проект; параметры разработки; оптимизация; комплексные задачи; программный продукт; NPV; IRR.

Урунттуу сөздөр: маалымат технологиялары; тоо-кен проектиси; өздөштүрүүнүн параметрлери; оптималдаштыруу; татаал маселелер; программалык камсыздоо, NPV; IRR.

Keywords: information technologies; mining project, development parameters; optimization; complex tasks; software; NPV; IRR.

Решение многочисленных проблем с использованием информационных технологий, связанных с освоением горных проектов в Кыргызской Республике на современном этапе развития экономики страны, весьма актуально.

В настоящее время в мире насчитывается десятки систем, могущих действительно претендовать на роль комплексного решения для горного предприятия. На рынке СНГ сегодня серьезно представлены 3 системы: *DATAMINE*, *SURPAC*, *GEOMCOM*.

Все 3 системы очень схожи друг с другом по функциональности.

Что касается компьютерных технологий, то в последнее десятилетие в мире главным образом использовались 2 алгоритма оптимизации предельных контуров карьеров – Плавающего конуса и Лерча-Гроссмана. Первый из них больше встречался на Американском континенте, а второй – на остальной территории, связанной с горными работами. Мы опустим здесь разбор математического аппарата этих методов и отметим только, что в основном они дают не слишком расходящиеся результаты.

Австралийская компания *WhittleProgramming* долгое время была мировым монополистом в решении задач, связанных с оптимизацией карьеров. Большинство консультационных фирм использовали в работе ее пакеты по всему миру, и в конце концов они стали своеобразным стандартом, несмотря на неудобный интерфейс пользователя и сравнительно медленное обновление продукции.

Не так давно каждая «уважающая себя» горная интегрированная система имела в своем составе или каждую из вышеупомянутых программ, или интерфейсы для использования программ других специализированных компаний.

Сейчас ситуация несколько изменилась, и второй метод, благодаря в основном компании WhittleProgramming (сейчас она приобретена фирмой Gemcom), завоевал лидерство в мире. Основные различия находятся в области реализации интерфейса пользователя, программного интерфейса, эргономики.

Все рассматриваемые системы можно рассматривать как достаточно развитые в области моделирования месторождений, моделирования поверхностей, но слабые в области решения горных задач.

Кроме австралийской компании WhittleProgramming, выпустившей на рынок такие широко известные продукты, как *Three-D*, *Four-D*, *OptiCut*, *Four-X*, появилась новая компания *Earthwork*, которая выпустила несколько горных приложений высокого уровня и в том числе программу оптимизации карьеров по методу Лерча-Гроссмана – *MaxiPit*, которая вошла в состав пакета (системы) *NPVSheduler*. Этот пакет предлагает сегодня набор высокотехнологичных компьютерных инструментов для проектирования и планирования открытых горных работ с широким использованием различных методов оптимизации.

Не так давно появилась новая программа оптимизации карьеров *Four-X*, которая распространяет свое влияние уже на процесс планирования и оптимизации бортовых содержаний по критерию максимума NPV. Эта программа оперирует на основе расчета оптимальной последовательности выемки запасов месторождения.

Пакет *Four-XAnalyser* представляет собой набор средств стратегического планирования горных работ, спроектированный для профессиональных горных инженеров. Имеется расширяющийся набор модулей, которые могут быть добавлены к основному ядру, еще больше увеличивая его производительность и полезность. В частности, Модуль *Multi-element* расширяет возможности *Four-XAnalyser*, позволяя определять в модели месторождения до десяти различных элементов (содержаний). Этот модуль весьма полезен для анализа рудников по добыче многокомпонентного сырья. С помощью модуля *Multi-element* можно смоделировать и отслеживать также ядовитые или вредные минералы и примеси.

Появившийся в последние 10-13 лет и интенсивно развивающийся программный комплекс *NPVSheduler* создан американским специалистом Болеславом Толминским. Он включает в себя много функций, автоматизирующих процессы проектирования и планирования карьеров. Комплекс имеет развитый современный интерфейс пользователя и имеет возможность разностороннего импорта и экспорта информации, а также развитую современную графику с 3-х мерным визуализером.

Первой частью комплекса является программа *Maxipit*, которая также использует алгоритм Лерча-Гроссмана (ЛГ) и выдает результаты, в общем, не отличающиеся от результатов программы *Four-D*.

В большей степени эффект от внедрения того или иного пакета информационных технологий зависит не столько от самого пакета сколько от того – насколько будет организовано эффективное его использование, поскольку все рассматриваемые пакеты – только лишь ИНСТРУМЕНТЫ для решения задач, а не решатели задач.

Рассмотрим опыт использования информационных технологий при освоении нагорного месторождения Кумтор.

Кумторское золоторудное месторождение, расположенное в Иссык-Кульской области Кыргызстана, в настоящее время обрабатывается открытым способом. Рудник Кумтор является флагманом горной промышленности Кыргызской Республики и занимает по современным оценкам 16-е место в мире по годовому объему производства золота и 5-е – по минимуму его себестоимости.

Большое внимание уделяется на руднике планированию горных работ в широком смысле данного термина – от проектирования карьера и долгосрочного планирования (по западной терминологии – стратегического) до краткосрочного. При этом на

предприятию, работающем на высоком мировом уровне, применяются и самые современные методы планирования горных работ.

Проектирование рудного карьера представляет собой, как известно, многостадийный и динамичный процесс: проект периодически обновляется по мере изменения условий и накопления информации; основными причинами этого, как правило, являются: корректировка запасов (на основе новых геологоразведочных данных и результатов отработки месторождения); изменение экономических параметров (в первую очередь, цены на металл и себестоимости продукции); пересмотр технических и технологических показателей (производительности оборудования, извлечения полезного компонента при переработке и т. д.); уточнение геомеханических параметров (в особенности углов откоса борта карьера).

Если предварительный проект рудника Кумтор в ТЭО был разработан специализированной фирмой *WesternKilbornEngineering* (Канада), то все последующие проектные проработки были выполнены в основном специалистами *KumtorOperatingCompany* с участием местных специалистов (в т.ч. и с участием автора). В частности, новые варианты проекта карьера (и, соответственно, планы развития горных работ на весь срок службы рудника) были подготовлены ими последовательно, в различные годы (1995, 1999, 2000 и 2001 гг. и др.).

На данный момент на руднике Кумтор используется пакет программы GEMCOM.

При помощи данной программы выполняются задачи: маркшейдерские работы, геологические работы, проектирование БВР, проектирование и планирование горных работ.

Для оптимизации развития горных работ на предприятии используется пакет прикладных программ, разработанный компанией *Whittle* (Австралия) - одним из мировых лидеров в данной области. При работе над описываемыми проектами применялась программа *WhittleFour-X* - одна из последних версии системы оптимизации карьера, служащая дополнением к общему пакету горных программ, используемых на руднике, - *GemcomforWindows* (Канада). В настоящее время в распоряжении компании имеется новая разработка компании *Whittle - Four-XProteusEnvironment* (программа, предназначенная для работы в среде Windows); на руднике было организовано обучение, в процессе которого специалисты предприятия получили возможность приобрести знания о данной системе (и практические навыки использования) фактически из первых рук - от ее разработчиков из Австралии.

Упрощенно процесс оптимизации выглядит следующим образом: блок модель запасов месторождения импортируется из системы *Gemcom в WhittleFour-X* с определенной начальной поверхностью (материал выше которой "удален"). Блок-модель проходит через оптимизатор при заданных технических и экономических параметрах (в основу математического аппарата положен при этом алгоритм ЛерчаГроссмана); в результате определяются оптимальные контуры карьера *Whittle*, которые импортируются в *Gemcom* и используются в качестве ориентира при фактическом проектировании карьера.

Выбор контуров карьера должен производиться с учетом множества факторов, которые не отражены в файле параметров. Данные факторы включают срок службы рудника, NPV (чистую текущую стоимость), объем производства металла и график горных работ. Их учет представляет собой наиболее тонкую часть процесса оптимизации *Whittle*. Разумеется, если определяющим является срок службы карьера или объем производства металла, очевидным будет выбор наибольшего карьера. Однако в горной промышленности, в общем случае, работают под контролем компаний и держателей акций, которые больше заинтересованы в возврате инвестиций. Поэтому важным является обоснование графика горных работ и, как следствие, оценка NPV и IRR.

Общих четких правил обоснования контуров карьера не существует. Графики тоннажа руды и породы и потока наличности для различных контуров могут дать хорошее

представление о том, какие контуры целесообразно использовать, но не всегда. Форма графиков зависит от геометрии рудного тела и используемых параметров. Так, для условий Кумтора эти графики имеют довольно плоскую форму, и выбор контуров неочевиден.

Кроме того, при выборе контуров карьера мы сталкиваемся с довольно специфичным случаем: существенным фактором является планируемое, через определенное время, снижение себестоимости продукции за счет сокращения числа занятых в проекте иностранных специалистов. Другой важный фактор – необходимость обеспечения баланса между целевой NPV для работающего в западном стиле предприятия, использующего заемный банковский капитал, и увеличением срока службы рудника в интересах Кыргызстана. Учет данных факторов определяет построение в системе Whittle своеобразного сценария. Использование двух наборов экономических параметров во время одного прогона оптимизации невозможно, поэтому требуется определить точку, в которой происходит их изменение.

Поскольку кривая потока наличности, полученная в результате оптимизации, имеет довольно плоскую форму, мы можем выбрать контуры карьера, которые обеспечивают добычу руды в течение первых несколько лет, до выплаты заемного банковского капитала. По окончании данного периода

долг предприятия банкам будет выплачен, привлечение иностранных специалистов сократится, и отработка

оставшейся части месторождения будет продолжена при сниженных затратах. На данной стадии может быть выбран для отработки наибольший возможный карьер, чтобы увеличить срок службы рудника и максимизировать прибыль для кыргызской стороны.

Для обоснования предварительного графика развития горных работ с обеспечением постоянства подачи руды на фабрику и максимизации NPV (на обеих стадиях) в системе Whittle используется алгоритм Милавы.

Для проектирования карьера было использовано программное обеспечение *GemcomforWindows* (где имеется, специально предназначенная для данной цели подсистема *PitDesign*). После того, как проектный карьер отстроен, производится сравнение его параметров с целевыми значениями, характеризующими контуры Whittle. В идеале разница в общем объеме горной массы, тоннаже руды, коэффициенте вскрыши, содержании полезного компонента, количестве металла должна быть минимальной; в реальности приемлемым считается расхождение до 5%.

Как показал опыт планирования горных работ на руднике Кумтор, рекомендуемые системой Whittle промежуточные контуры, обеспечивающие теоретически наибольшую NPV, часто требуют чрезмерного рассредоточения и сложного порядка ведения горных работ, что делает прямое их применение на практике затруднительным. В данных условиях, при максимально возможном использовании разработанных компьютером рекомендаций в качестве ориентира, последнее слово вновь остается за инженером-проектировщиком, и при анализе им практически приемлемых решений попрежнему важным является следование сформулированным выше основным принципам планирования горных работ.

Для разработки плана развития горных работ применяется программное обеспечение *GemcomforWindows*. С использованием подсистемы *CutEvaluation* мы выбираем какую-либо начальную поверхность, создаем несколько полигонов, моделирующих фактический процесс выемки, рассчитываем объемы руды и породы внутри этих полигонов, корректируем их (полигоны) в соответствии с поставленными целями, и если полученные в результате цифры являются приемлемыми, создаем новую поверхность – конечную для данного периода. В принципе аналогичная методика (с некоторыми отличиями) применяется как для долгосрочного (например, на весь срок службы рудника), так и для краткосрочного (на год, квартал, месяц) планирования.

Таким образом, на данном примере мы видим, что как выполненные разработки по проектированию карьера и обоснованию плана развития горных работ, так и перспективные проекты освоения месторождений полезных ископаемых с использованием современных информационных технологий будут направлены на обеспечение их рационального освоения, увеличение обрабатываемых запасов, продление срока службы предприятия и получение

максимальных экономических результатов при условии баланса интересов кыргызстанских и зарубежных иностранных партнеров по совместному предприятию.

Список цитируемых источников

1. Попков Ю.Н. Информационные технологии в горном деле // Попков Ю.Н., Прокопов А.Ю., Прокопова М.В. Издание: ЮРГТУ (НПИ). Новочеркасск - 2007 г. - 202 стр.
2. Капутин Ю.Е. Информационные технологии и экономическая оценка горных проектов. // - СПб. - М: Недра - 2008г. - 493 с.
3. T.S. Golosinski. Use of the Internet and Information Technology in Mining. International Mining Congress and Exhibition of Turkey. IMCET – 2001.- ISBN 975-395-417-4.

Рецензент: Шамбетов З. С. – кандидат физико-математических наук