

6. Есина Н.А. Оценка ОТН работы строительных машин при производстве свайных работ в мерзлых грунтах / Н.А. Есина, С.М. Кузнецов, И.Л. Чулкова // Строительные и дорожные машины. – 2008. – № 8. – С. 11 – 14.

7. Глотов В.А. Модели эксплуатации выправочно-подбивочно-рихтовочных машин / В.А. Глотов, А.В. Зайцев, С.М. Кузнецов // Научно-исследовательские публикации. – 2014. – № 13 (17). – С. 16 – 25.

8. Кузнецов С.М. Комплексная оценка организационно-технологической надежности работы парка строительных машин / С.М. Кузнецов, К.С. Кузнецова, Н.А. Сироткин // Экономика ж. д. – 2007. – № 4. – С. 68 – 76.

9. Круглова Н.Н. Концепция формирования парка машин / Н.Н. Круглова, К.С. Кузнецова, С.М. Кузнецов // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2006. – № 12. – С. 3 – 5.

10. Автоматизированная система формирования парка строительных машин / С.М. Кузнецов, К.С. Кузнецова, А.Д. Суворов, И.А. Маслов // Жилищное строительство. – 2007. – № 3. – С. 8 – 10.

УДК 622.221.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГРАНИЦЫ КАРЬЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

Грязнова О.В.

Научный руководитель Юсупов Х.А.

*Казахский национальный исследовательский технический
университет им. К.И.Сатпаева, г. Алматы*

Использование современных компьютерных технологий позволяет определить оптимальные критерии границ перехода от открытой добычи полезных ископаемых к подземной. Оптимизационные расчеты в специализированных программах учитывают помимо горнотехнических условий и экономическую составляющую, что актуально в современной рыночной экономике.

Современные условия проектирования горных работ, по сравнению с недавним прошлым, кардинально отличаются во многих аспектах. Научно-технический прогресс позволил динамично развить не только недропользование непосредственно на производстве, но в большей степени развитие в сфере недропользования связано с активной интеграцией в данную сферу

инновационных и многофункциональных информационных систем. Интеграция как в секторы, связанные непосредственно с разработкой месторождений, добычей и переработкой полезных ископаемых, так и в секторы, связанные с проектированием и моделированием. Все это в совокупности привело к значительному скачку в сфере проектирования горных работ.

Проектирование разработки месторождений полезных ископаемых, а также различных технико-экономических обоснований и прочих документов, предполагает всестороннее исследование, анализ и ряд сложных расчётов, которые в совокупности составляют один проект. Многолетний опыт деятельности разного рода проектных институтов и организаций показывает [3], что проектирование разработки месторождений проходит по ряду типовых алгоритмов, характерных для того или иного рода намечаемой деятельности.

Как правило, эти алгоритмы являются стандартизированными для данной сферы. К примеру, при создании проекта разработки месторождений подземным или комбинированным способом используется определенная структура проекта, ключевые различия которой могут изменяться в зависимости от особенностей ряда стандартных исходных данных, таких как система разработки, основные технико-экономические показатели, и прочее. Данные алгоритмы зачастую поддаются математической обработке, а следовательно и программной реализации. Учитывая эту специфику, с развитием информационных технологий, на основе вышеупомянутых алгоритмов был разработан ряд информационных систем, ориентированных на упрощение, систематизацию, оптимизацию и увеличение производительности, как в проектной, так и непосредственно в производственной сфере.

Одной из ключевых задач при проектировании открытой или комбинированной добычи является определение конечных контуров карьера. Одним из основных критериев определения границы открытых горных работ в настоящее время является граничный коэффициент вскрыши. Определение граничного коэффициента вскрыши основывается на сравнительном анализе себестоимости открытых и подземных горных работ при комбинированной системе и на оценке по условию погашения себестоимости вскрышных и добычных работ выручкой от реализации товарной продукции.

Многие современные карьеры являются настолько сложными системами, что требуют более ответственного и взвешенного

планирования и проектирования. Самая незначительная на первый взгляд погрешность может повлечь за собой крупные дополнительные затраты.

В период рыночной экономики, основным критерием оценки эффективности принимаемого проектного решения является приведенный во времени общий денежный поток, который учитывает все виды затрат за оцениваемый период, фактор времени, разницу в качестве добываемых из карьера руд, интенсивность отработки месторождения, цены на продукцию. Необходимо принять наилучшее из всех возможных распределений во времени объемов полезного ископаемого и вскрышной породы. В связи с громоздкостью данных решений в последнее время все актуальнее становится помощь автоматизированных систем.

Рынок программного обеспечения, позволяющего автоматически произвести оптимизацию карьеров, с каждым годом расширяется. Наиболее распространенными в настоящее время являются Micromine, Surpac и Whittle, общий принцип работы которых весьма схож [2]. Стадии процесса определения оптимальных границ карьеров с использованием современных компьютерных методов приведены на рисунке 1.



Рис.1 – Стадии определения оптимальных границ карьера

Лерч и Гроссман, создали первый метод оптимизации, который можно было применить в построении больших открытых карьеров за разумное время работы [1]. Метод Лерча-Гроссмана широко используется в программном обеспечении для проектирования открытых карьеров, как промышленный стандарт.

Алгоритм Лерча-Гроссмана основан на теории графов. Для каждого блока модели месторождения рассчитывают экономические параметры (обычно – прибыль), а затем программа выбирает комбинацию блоков, которая дает максимальное значение прибыли. Этот метод предполагает предварительное удаление материала, лежащего сверху каждого анализируемого блока руды.

При детальном проектировании конечные контуры карьера определяются из условия возможности получения максимального чистого дисконтированного дохода за весь срок отработки месторождения, либо максимального значения чистого дисконтированного дохода от комбинированной разработки месторождения открытым и подземным способами.

Исходными данными для оптимизации алгоритмом Лерча-Гроссмана служат: блочная модель месторождения, геометрические параметры проектируемого карьера (генеральные углы), геологические свойства месторождения, себестоимость работ (вскрышных, добычных, обогащения), коэффициенты потерь, разубоживания и обогатимости, цена на конечный продукт (металл/концентрат), затраты на продажу и налоги.

Принцип работы заключается в поиске набора блоков, наиболее выгодных к добыче. При том у каждого блока имеются ограничения – он может быть добыт только при условии отработки вышележащих блоков.

Схематически это показано на рисунке 2. Блок А можно отработать только тогда, когда добыт блок В. Блок В может быть добыт только после извлечения блока С.

Приведенный алгоритм легко программируется, в том числе в 3D пространстве, что сделало его столь популярным в программах технико-экономической оптимизации горных работ.

Оптимизатор карьеров используется для получения оболочки максимального оптимального карьера (или серии вложенных карьеров) на основании блочной модели рудных тел для определения того, какие блоки модели должны быть добыты, а какие из них добывать нецелесообразно.

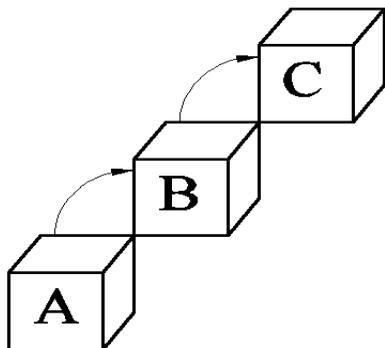


Рис. 2 – Схема ограничений на выемку карьерных блоков

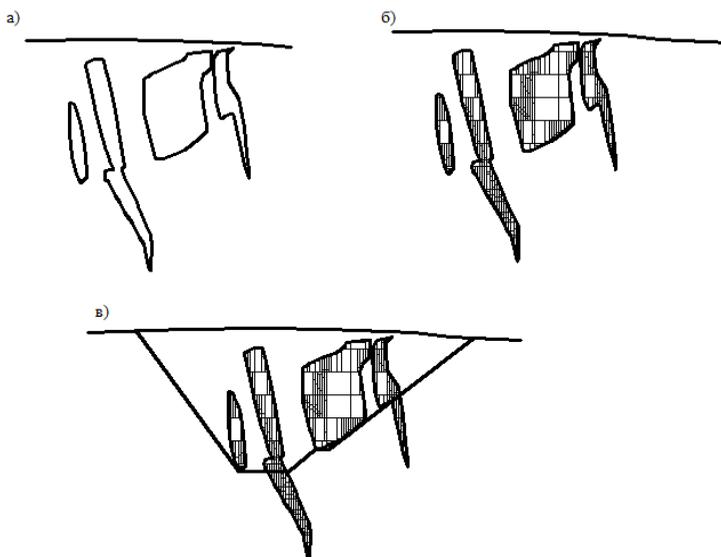


Рис. 3 – Визуализация стадий определения оптимальных границ карьера в ПО Micromine
a – построение каркасной модели рудных тел;
б – блочное моделирование рудных тел;
в – оптимальная оболочка карьера.

Серия вложенных карьеров получается, если последовательно уменьшать цену металлов до какого-то минимума с заданным интервалом. На выходе формируется таблица, в которой формируются все экономические характеристики для каждой из оболочек карьера.

На основании данной таблицы выбирается предельная оболочка, которая позволит получить максимальную величину чистого дисконтированного дохода при учете риска возможного снижения мировых цен на металлы и/или не подтверждения геологической информации о качестве и количестве полезного ископаемого, после чего проектируется детальный карьер с бермами и съездами, который не должен существенно отличаться по форме от оптимальной оболочки.

Пакет программ с оптимизатором – мощный набор инструментов, дающий в руки грамотного пользователя массу возможностей для получения действительно оптимального проекта или плана. Но для того, чтобы правильно управлять этим инструментом, специалист должен иметь понятия о целом ряде дисциплин: экономике, горном деле, геологии и технологии.

Библиографический список

1. *Бесимбаев Н.Г. Оптимизация этапов развития карьера [Текст] : Бесимбаев Н.Г., Нагибин А.А. / электронный журнал «Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело». – 2013. – №8.*

2. *Программы для оптимизации карьера: сравнительный анализ [Текст] : электронный научно-информационный журнал «Маркшейдерское дело». – 2012. – №4.*

3. *Определение оптимальных контуров открытой отработки и подсчет извлекаемых запасов из недр в соответствии с JORC [Текст] : доклад к обучению оптимизации в ПО Micromine, ООО «Мирамайн»; Никандров А.Н., Никитина М.Д., Роцин А.А. – М., 2019. – с. 3 – 11.*