

УДК 622.272

И.Н. Савич, Т.А. Гагиев, С.А. Кисиличин

**ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВОВ ПОТЕРЬ
И РАЗУБОЖИВАНИЯ ПРИ ВЫПУСКЕ РУДЫ
ПОД ОБРУШЕННЫМИ ПОРОДАМИ**

Семинар № 15

При подземной разработке рудных месторождений, одним из основных требований к технологиям очистной выемки – минимизация уровня потерь и разубоживания руды. Не являются исключением из этого правила и технологии с принудительным обрушением руд и вмещающих пород.

Как известно применение высокопроизводительных и относительно дешевых систем разработки с обрушением руды и вмещающих пород сопряжено с неизбежными повышенными потерями полезного ископаемого. Это обусловлено особенностями выпуска руды под обрушенными породами, при котором контакт отбитой руды с обрушенными породами может быть любым, – горизонтальным, вертикальным, наклонным.

Первоначально осуществляется выпуск чистой руды. Начиная с определенного момента, к пункту выпуска в возрастающем количестве начинает поступать порода, которая, смешиваясь с рудой, снижает содержание полезного компонента в рудной массе. Выпуск рудной массы осуществляется до тех пор, пока её качество не снизится до минимально допустимой величины. Все перечисленные факторы в той или иной мере усложняют определение нормативных показателей извлечения при применении систем с принудитель-

ным обрушением руд и вмещающих пород.

Таким образом существенным недостатком подобных технологических решений является относительно высокий уровень потерь и разубоживания руды, но при этом имеют место низкие затраты на добычу и повышение производительности рудника в целом.

Наиболее остро задача усовершенствования данных технологий и соответственно технологических параметров систем разработки с обрушением стоит при очистной выемке ценных руд. Самыми распространенными методами определения нормативных показателей извлечения при применении систем с обрушением являются аналитические расчеты и физическое моделирование. Оба варианта не лишены недостатков как с точки зрения корректности получаемых результатов, так и сложности их достижения.

Стремительное развитие компьютерных технологий отразилось практически на всех видах деятельности человека, в том числе и научно-экспериментальной. Такие задачи как моделирование схем, архитектурных сооружений, автомобилей и летательных аппаратов решаются с применением ПК.

Гораздо более сложными для современной техники являются многоцелевые задачи по физическому моделированию сложных (хаотических)

процессов. В данном случае необходимо создать систему, позволяющую быстро и эффективно моделировать различные ситуации при выпуске руды и получить результат, достаточно точно описывающий используемую технологию выпуска и дающий возможность обосновать её рациональные параметры. Практически идеальными для технологов, занимающихся задачами выпуска отбитой руды под обрушенными породами, являются результаты, точность которых превышает 90-95 %.

Однако физическое моделирование и построенные на его основе аналитические расчеты обладают относительно низкой сходимостью, не превышающей 80-85 %. Связанно это с тем, что этот процесс выпуска хаотичен, и движение отбитой руды или породы представить более точно весьма сложно, а на практике – нереально.

Рассмотрим вариант расчета показателей извлечения при торцевом выпуске руды, разработанный на базе исследований В.Р. Именитова, В.В. Куликова, Г.А. Малахова, Н.Г. Дубинина, Р.Г. Пепелева и др.

Особенностью торцевого выпуска является наличие призабойной стенки массива, которая существенно влияет на перемещение сыпучего материала к выпускному отверстию. При этом фигура выпуска имеет форму неправильного трехосного, усеченного эллипсоида, ось которого отклонена от вертикали стенки массива, что приводит к увеличению разубоживания от боковых пород (рис. 1). Учитывая взаимное влияние этих двух факторов, допускается аналитический расчет идеального случая при совпадении оси фигуры выпуска с вертикальной призабойной стенкой массива.

Рис. 1. Расчётное положение фигуры выпуска для торцевой схемы отработки

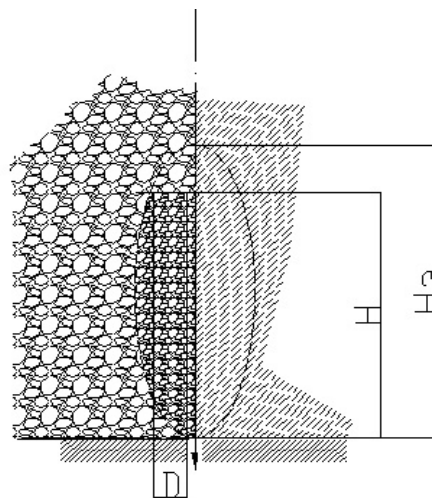
При торцевом выпуске действует как верхнее, так и боковое разубоживание. Суть методики расчета в этом случае заключается в следующем:

- на универсальном графике из начала координат проводится луч, угол наклона которого определяется в зависимости от геометрических размеров выпускаемого слоя и сыпучих свойств руды;
- на этом луче находится с использованием имеющихся на этом графике изолиний качества точка, удовлетворяющая условию достижения предельного разубоживания в дозе выпуска;
- по координатам найденной точки с помощью аналитических формул вычисляются интересующие нас показатели извлечения.

В такой ситуации необходимо найти соответствие между показателями физического моделирования, результатами математических расчетов и практическими данными предприятий, что накладывает соответствующие требования к компьютерной модели.

На основании изложенного выше можно установить основные требования, предъявляемые к системе компьютерного моделирования выпуска руды:

- достаточно высокая точность расчётов;



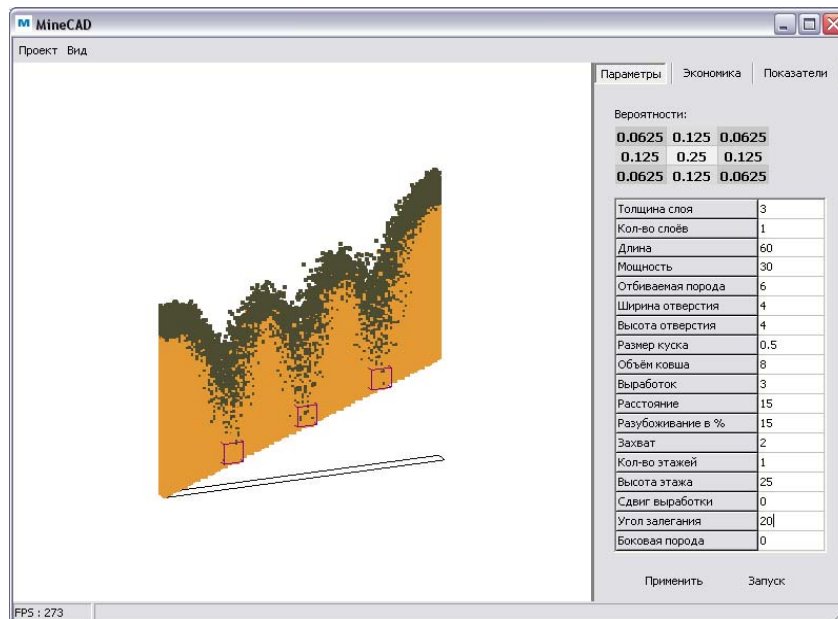


Рис. 2. Динамически развивающийся процесс выпуска.

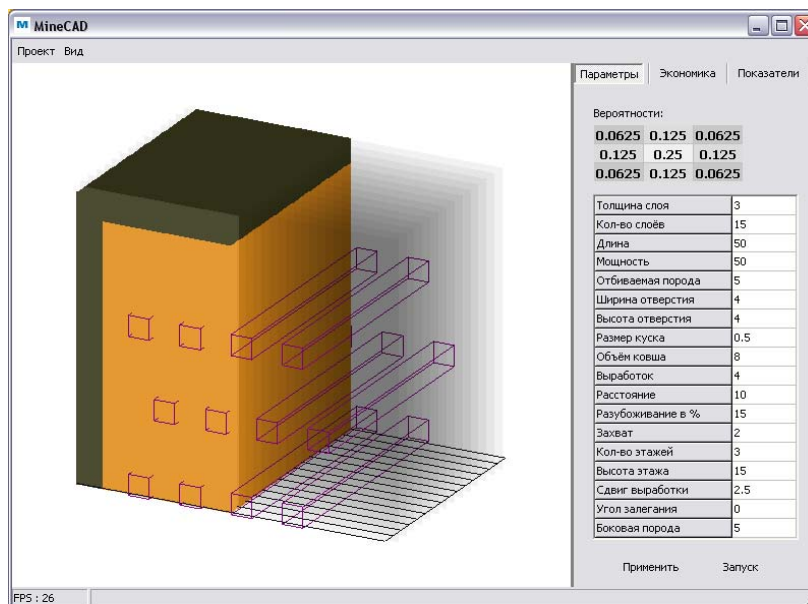


Рис. 3. Моделирование сложных, поэтапных схем выпуска

- высокая скорость работы и расчёта результата в реальном времени;
- высокая скорость работы и расчёта результата в реальном времени;
- предоставление относительно высокого спектра параметров выпуска;
- наглядность расчётов;
- удобство настройки модели;

- соответствие большинству требований и при рассмотрении различных условий.

Компьютерная модель

Программа способна работать практически на любом компьютере. Этот факт поможет избежать различных нюансов связанных с привязкой к “железу” или операционной системе.

В качестве целевой операционной системы была выбрана **Microsoft Windows XP**, в связи с большей ее распространённостью.

По мере работы программа выводит наглядное графическое представление текущего результата. Для его эффективного рендеринга были задействованы возможности библиотеки **SGI OpenGL** разработанной ещё в 1992 году, но не теряющей своей актуальности и мощи по сей день.

В работе программы задействованы статистические методы, с системой гибкой регуляции параметров, зависящих от определённых свойств отбитой руды. При построении весь блок разбивается на условные кубы, описывающие характеристики среднего размера куска отбитой руды.

После задания параметров, программа строит модель рудного тела. После запуска, системным вызовом API выделяется отдельный поток для процесса расчёта движения руды под собственным весом. Решение о выделении расчётов в отдельный поток обусловлено возможностью избегания простоя CPU (Центральный Процессор) и GPU (Графический Процессор) видеокарты,

что приводит к увеличению полезной работы совершаемой программой за единицу времени.

Выпускаемая “руда” дозируется на ковши машины по выпущенному объёму. Каждая доза вносит свой вклад в рассчитываемые показатели потерь, разубоживания и дохода.

После настройки параметров выпуска и экономики и их применения на текущей модели, можно запустить или остановить уже запущенный расчёт. По мере выпуска видеть изменение движения масс руды в реальном времени, что позволяет с лёгкостью оценивать значимость ранее внесённых корректировок параметров модели (рис. 2). Помимо этого, строятся 2 графика “Потери/Разубоживание” и “Экономический доход”. Программа также предоставляет возможность моделирования достаточно сложных схем отработки участка, подразумевающих выпуск с нескольких горизонтов (рис. 3).

На данном этапе результаты работы программы практически полностью соответствует возлагаемым на неё требованиям, причем возможности моделирования постоянно расширяются.

Программа моделирования выпуска, является разработкой Московского Государственного Горного Университета и может быть адаптирована в любых горнотехнических условиях при разработке рудных месторождений системами с принудительным обрушением и выпуском под обрушенными породами для обоснования нормативов потерь и разубоживания. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Савич И.Н., Гагиев Т.А., Кисиличин С.А. – Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 15 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. *Е.В. Кузьмин*.