УДК 622.014.2

Р.А.БАГАТЕЕВ, *старший научный сотрудник, rafbag@ list.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

R.A.BAGATEEV, *senior research assistant, rafbag@list.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Описаны принципы календарного планирования в современных горно-геологических системах открытых и подземных горных работ. Очерчен круг задач, решаемых с помощью таких систем на горно-рудных предприятиях и в проектных организациях. Описан общий подход к подготовке данных для расчета календарного плана при открытом и подземном способах отработки, в том числе подготовка геологических, технологических и экономических параметров для получения повариантных результатов расчетов. Приведены преимущества внедрения горно-геологических систем проектирования.

Ключевые слова: горно-геологические системы; календарное планирование работ.

CALENDAR PLANNING IN PRESENT-DAY GEOLOGICAL AND MINING SYSTEMS

The article describes the principles of the calendar planning in the present-day geological-and-mining systems of the open-pit and underground mining. At present, a set of tasks was outlined being solved with using these systems at ore mining plants and design companies. A common approach to data preparation for the calculation of a calendar plan in the open pit and underground mining is described, including the determination of geological, technological and economical parameters to obtain the co-variant results of calculations. The advantages of introduction of geological-and-mining systems into the field of designing work are shown.

Key words: geological and mining systems; calendar planning of mining operations.

Использование горно-геологических систем (ГГС) в работе действующих предприятий и проектных институтов получает все большее распространение. На большинстве предприятий существуют автоматизированные рабочие места, на которых специалисты выполняют свою часть работы, используя современные программные продукты; есть примеры централизованного внедрения таких систем. В небольших компаниях, выполняющих предпроектные проработки, использование таких программных продуктов давно стало нормой.

На мировом рынке представлено огромное количество ГГС, выполняющих сходные задачи. Большинство из них было разработано под конкретное предприятие или не получило широкого распространения. Около 10 крупных компаний стали основными продавцами таких систем. Из них в России получили широкое распространение такие, как «Gemcom» (Канада), «Micromine» (Австралия), «Mincom» (Австралия), «Datamine» (Англия). Кроме того, развитием таких систем активно занимаются российские разработчики, самые известные из них это «Mineframe» (Горный институт Кольского НЦ РАН, г.Апатиты) и «Геомикс» (ВИОГЕМ, г.Белгород).

Всего 5-7 лет назад такие программные пакеты могли себе позволить только очень крупные и финансово успешные предприятия, тогда как сегодня в большинстве горно-рудных компаний и даже на небольших

предприятиях, состоящих из одного-двух карьеров или рудников, инженерные службы используют ГГС. С помощью них выполняются следующие виды работ:

• на действующих предприятиях – оконтуривание рудного тела, моделирование рудных тел и пустот, подсчет объемов горной массы, количества металла, среднего содержания по очистным единицам, создание горно-графической документации;

• в проектных организациях – создание моделей рудных тел, подсчет объемов, содержаний полезного компонента, моделирование открытых горных работ, оптимизация контура карьера, создание горно-графической документации.

В большем объеме производится обработка геологических данных, а также создание горно-графической документации, затем обработка данных маркшейдерских съемок. Гораздо хуже такие системы применяют в области проектирования и планирования. Несмотря на наличие в каждом крупном пакете модуля планирования, календарное планирование с помощью таких модулей практически не производится.

Процессу планирования обычно предшествует анализ различных аспектов работы горных предприятий:

1. Геологические параметры
   - Бортовое содержание руды
   - Конфигурация рудного тела (обновленные данные по разведке). Расположение и распределение рудного тела относительно топоповерхности
   - Минеральные типы руды, их физико-механические свойства
2. Технологические параметры
   - Производительность фабрики
   - Производительность и количество оборудования
   - Коэффициент вскрыши (количество, удельный вес подготовительной и нарезной проходки)
   - Геометрические параметры отработки (размеры рабочих площадок, превышения, размеры блоков, камер и т.д.)
   - Последовательность отработки
   - Объемы селективной выемки
   - План производства (необходимое количество конечной продукции с маркетинговой точки зрения)
3. Экономические параметры
   - Капитальные и эксплуатационные затраты
   - Количество прибыли
   - Использование забалансовой руды
   - Экономические и политические условия.

Список необходимо пересматривать каждый раз, когда изменяется один из параметров анализа.

Таким образом, результатом расчета календарного плана в современных системах становится повариантный набор данных:

• по периодам (долгосрочный, краткосрочный), при необходимости можно укрупнять или уменьшать единичный период;

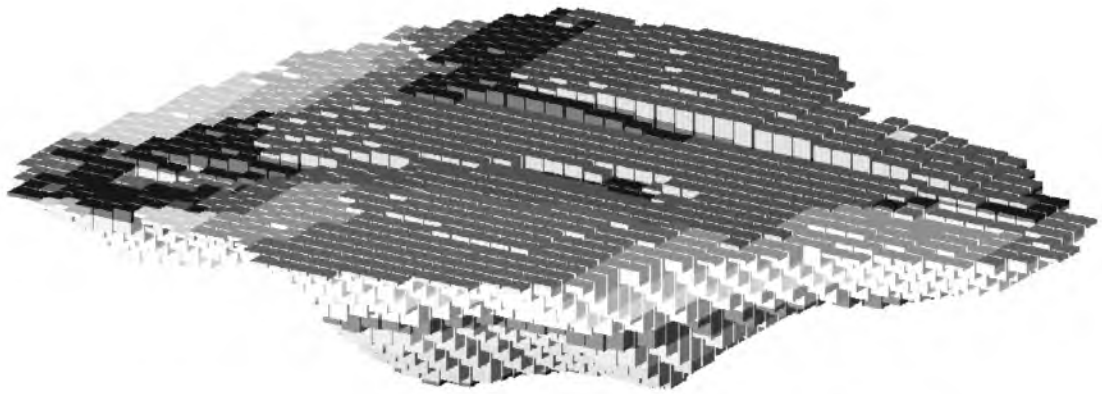
• по направлениям горных работ, подбор вариантов направления фронта очистных работ для исключения провалов по любым значениям (количество металла, коэффициент вскрыши и т.д.);

• по набору оборудования, в том числе и с учетом графика планово-профилактических ремонтов;

• по различным наборам ограничителей, в том числе технологическим параметрам (геометрическим размерам блоков, уступов, площадок, камер и т.д.) и целевым показателям.

Модуль позволяет сразу рассчитать количество конечной продукции, получать табличный и графический материал.

Многие производители горно-геологических систем используют одинаковые принципы при расчете календарного плана. Основой и регулятором для расчета объемов добычи по периодам является производительность оборудования. Установленные ограничители и целевые показатели играют роль необходимых рамок для выполнения расчета, основной же переменной является производительность выбранного оборудования. При этом может учитываться как погрузочно-доставочное, так и буровое, зарядное и вспомогательное оборудование. Установлена последовательность расчетов во времени. Например, после вы-



Автоматическое деление на блоки в программном обеспечении Mineshed («Gemcom»)

полнения расчета времени на отгрузку отбитой горной массы, с учетом необходимого простоя, производится расчет времени обуривания, зарядки очистного блока. При этом могут быть использованы расчетные переменные для получения объема бурения, зарядки и т.д.

Основными исходными данными для планирования *открытых горных работ* являются: проектный контур карьера (планирование на весь период работы карьера), блочная модель месторождения, топоповерхность. В зависимости от используемого программного обеспечения к этим данным предъявляются различные требования подготовки (линии, каркасы, замкнутые и т.д.).

Затем производятся главные настройки для расчета календарного плана:

1) рабочее время (рабочие смены, количество смен в сутки, отчетные периоды, выходные, начало и окончание планирования); обычно это настройки глобального календаря и календаря для работы оборудования с учетом ППР;

2) количество и производительность оборудования;

3) настройка и ссылки на исходные данные;

4) размеры единичных блоков (могут не совпадать с блочной моделью).

Здесь нужно отметить, что в процессе подготовки данных все геометрическое пространство, подлежащее отработке, включая вскрышу и руду, делится на блоки различными способами. В некоторых продуктах пространство необходимо поделить на блоки полигонами, в других после указания размеров деление происходит автоматически (см.рисунок).

После выполнения основных настроек необходимо установить параметры отработки. В зависимости от применяемого пакета их установка отличается количеством параметров (ограничителей) и легкостью их настройки. Основные ограничители:

1) пространственные отношения (последовательность отработки участков, ограничения по подработке нижних горизонтов);

2) технологические ограничения (направление и метод отработки, высота уступа, размеры рабочей площадки);

3) расстановка оборудования.

Затем производится выбор горизонта планирования и отчетного периода, запуск модуля планирования.

Первичными результатами, являющимися основой для вывода практически любых результатов, служат значения основных показателей в блоках (см.таблицу).

В результате выполненных расчетов блокам присваиваются значения рабочего периода, полученные в результате применения всех ограничителей, последовательности и производительности оборудования, остальные значения присваиваются исходя из геометрии и обработки блочной модели.

В большинстве современных программных продуктов поддерживается анимация для просмотра процесса отработки, выполненная на различном качественном уровне. Кроме презентационной цели ани-

Пример расчета календарного плана в программе Minestar («Mincom»)

I_BENCH	*K_TMONTH*	*K_TYEAR_Z*	*T_MACHINE*	*TT_BVOL*	*TT_BARE*	*TT_BTHK*	*TT_CMSS*
Bench	To Month Name		Step Machine				
P150	January	2009	MCBURDEN	3739,49	56,29	7,14	0
P150	January	2009	MCCOAL	0	0	–	462,83
P165	January	2009	MCCOAL	0	0	–	23,57
P150	February	2009	MCBURDEN	3738,71	46,81	8,67	0
P165	February	2009	MCBURDEN	14,18	0,78	1,83	0
P150	February	2009	MCCOAL	0	0	–	296,34
P165	February	2009	MCCOAL	0	0	–	191,8
P150	MARCH	2009	MCBURDEN	2212,61	39,89	7,62	0
P165	MARCH	2009	MCBURDEN	1942,38	61,69	4,47	0

мация главным образом используется для проверки справедливости принятых решений (включая табличные результаты):

- визуальный контроль за последовательностью отработки;
- верность установленных технологических ограничений и корректность их работы;
- объемы и положение фронта работ за период.

На основании первичных значений с помощью интерфейса программного обеспечения возможно различное представление результатов.

Для расчета календарного плана при *подземном способе выемки* все настройки делятся на две группы: установки для расчета очистных и проходческих горных работ. Обычно очистные работы – это частный случай настроек для открытых работ, но ограничение размеров производится не в пределах чаши карьера, а в очистном пространстве с помощью каркасной модели или метода полигонов с различным направлением отработки внутри камеры. Для корректной работы необходима поддержка обработки нескольких объектов (камер) и условий начала работ (последовательность).

Планирование проходческих работ имеет свою специфику. Так, в качестве исходных используются графические данные осевых линий выработок, так как основным параметром планирования, в отличие от очистных работ, является длина проходки, а не объемы отбойки. Для остальных расчетов, в том числе и объемов отбойки и скорости проходки, используются параметры горных выработок (имя выработки, форма сечения и размеры, уходка за цикл и т.д.). По направлению развития горных работ ограничителем служит установка взаимной последовательности проходки горных выработок.

При планировании проходческих работ главную роль играет производительность проходческой бригады (средняя скорость проходки). Деление на блоки не имеет ключевого значения и в некоторых ГГС не используется (при этом могут быть искажены объемы разубоживания в пределах периода). Основным технологическим параметром является последовательность проходки горных выработок. Необходимый результат достигается путем корректировки последовательности и производительности проходческой бригады. Последовательность проходки иногда может указываться автоматически с использованием направления и мест соединения осевых линий.

Результаты так же, как и в случае открытых горных работ, выводятся в виде таблиц, графиков и диаграмм. Выполняется проекция горных выработок на горизонтальную плоскость (на открытых горных работах – обычно горизонтальные разрезы по горизонтам).

Использование для расчета долгосрочного плана ведения горных работ, особенно при отработке руд с большой изменчивостью, программного обеспечения с модулем планирования позволит достичь следующих преимуществ:

• быстрая проверка множества альтернативных стратегий развития горных работ;

• включение в расчет множества экономических показателей;

• расчет с использованием разных целевых качественных показателей;

• возможность проверки планирования при изменении соотношения подготовительных и очистных работ, производительности и количества оборудования, коэффициента вскрыши;

• расчет вариантов рудопотоков, содержания на складе;

• выявление «узких мест» при долгосрочном планировании во времени;

• контролирование всего процесса планирования;

• использование данных календарного плана в дальнейших работах (проектирование).

Работа модулей такого рода возможна при широком использовании на предприятиях блочного моделирования, ведения трехмерных моделей отработанного пространства, а также при наличии специалистов. Планирование является уже заключительным этапом работы горно-геологических систем с использованием широкого спектра данных и проводится специалистами, имеющими определенный опыт и навыки работы с такими системами.