

УДК 622.015 : 622.271.3.004.4

Средства автоматизированного планирования открытых горных работ в системе Mineframe

О.В. Наговицын, А.Ю. Алисов

Горный институт КНЦ РАН

Аннотация. В статье представлены результаты разработки средств для автоматизированного планирования на карьерах в системе автоматизированного проектирования и планирования горных работ Mineframe. Показаны такие особенности процесса автоматизированного планирования, как выделение погоризонтных запасов, создание годовых прирезок, набор из них квартальных (месячных) объемов, составление месячного графика работы оборудования с расстановкой по уступам, решение задач декадно-суточного и сменного планирования на основе моделирования заходок.

Abstract. The article presents the results of development for computer-aided planning in open-pit mines with the system of mining design and planning – MINEFRAME. There have been shown such peculiarities of computer-aided planning process as horizon reserves, development of annual cutbacks, searching of quarterly (monthly) volumes, scheduling of equipment operation placed on benches, solution of the problems of ten-day periods – daily and by shifts planning based on bench modeling.

Ключевые слова: планирование горных работ, моделирование объектов горной технологии

Key words: mining scheduling, modeling of mining technology objects

1. Введение. Современное состояние автоматизации планирования горных работ

Планирование горных работ является непрерывным процессом составления последовательности управляющих решений для различных календарных периодов, уточняющих решения по разработке месторождения. В нем занят широкий круг специалистов инженерных служб рудника. Реальная непрерывность такого процесса возможна только при создании общего информационного пространства, включающего исходные данные, такие, как геолого-маркшейдерскую информацию, состав и состояние техники, экономические показатели и др. Опыт разработки и внедрения информационных технологий показывает, что с созданием условий обеспечения информационного наполнения при планировании горных работ лучше всего справляются специализированные программные продукты.

На мировом рынке в настоящее время предлагается более десятка интегрированных горных систем (ИГС), которые имеют примерно одинаковую функциональность:

- управление базами данных;
- интерактивная 3-мерная графика и картирование;
- статистическая и геостатистическая обработка информации;
- трехмерное моделирование геологических объектов и поверхностей;
- проектирование открытых и подземных горных работ;
- планирование развития рудников и календарное планирование;
- маркшейдерские расчеты;
- проектирование буро-взрывных работ (БВР);
- создание горной графической документации.

В системах разных компаний обычно предлагаются дополнения к стандартному набору, которые заметно расширяют возможности программного продукта. Большинство ИГС работают с различными операционными системами (Windows, Unix и т.д.), на любых платформах, а также имеют интерфейсы для работы с практически любой периферией (плоттерами, дигитайзерами, сканерами, стримерами и т.д. и т.п.).

Большинство серьезных систем рассчитано на работу в многопользовательском режиме в сетях. Такая конфигурация позволяет очень быстро обрабатывать огромные объемы информации, одновременно запускать несколько программ, а также в полной мере использовать все возможности 3-мерной графики (Капутин, 2004).

2. Планирование в системе Mineframe

Система автоматизированного проектирования и планирования горных работ *Mineframe*, разрабатываемая в Горном институте КНЦ РАН, обеспечивает вышеперечисленную функциональность, имеет развитые средства для планирования горных работ; при этом инструменты планирования

основаны на вариантной оценке объемных и качественных показателей выемочных единиц, таких, как уступ, прирезка, блок.

Исходными данными для процесса планирования являются плановые показатели добычи по объему и качеству руды, объемы выемки вскрыши, направление развития горных работ, положение карьера на начало планируемого периода, модель геологической обстановки (блочные модели рудных тел).

В основе метода решения задачи текущего планирования лежит интерактивный подбор выемочных единиц, обеспечивающих заданный объем и качество руды на планируемый период.

Автоматизация процессов планирования включает в себя:

1. Определение объемов руды по степени подготовленности.
2. Формирование прирезок.
3. Расчет качественных показателей полезного ископаемого (ПИ) в них.
4. Набор годового плана.
5. Переход к квартальному плану.
6. Ежемесячное планирование.
7. Недельно-суточное планирование.

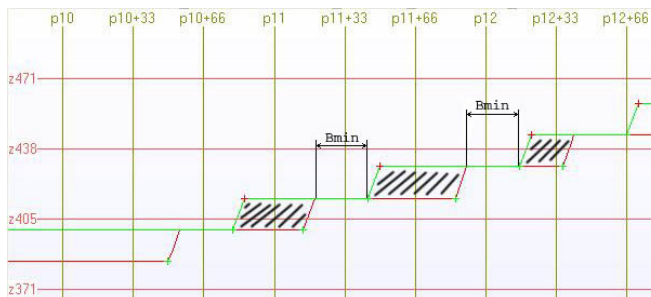


Рис. 1. Готовые к выемке запасы в карьере

Годовой план обычно разрабатывается на предприятии за несколько месяцев до начала нового года. Планирование начинается от предполагаемого на конец года положения горных работ. Далее составляется план по руде, рассчитываются объемы запасов по степени подготовленности и, если их не хватает, предусматривается вскрытие новых горизонтов.

Инструменты *Mineframe* позволяют определить объемы руды по степени подготовленности по классификации проф. А.И. Арсентьева: готовые к выемке запасы (рис. 1), подготовленные к выемке запасы и вскрытые запасы. Исходными данными для такой классификации являются проектный угол откоса уступа и минимальная ширина рабочей площадки (B_{min}). Определение запасов руды происходит путем построения эквидистантных контуров от исходного положения карьера.

Горизонт	ГВЗ, м ³	ПВЗ, м ³	ВЗ, м ³
430-415	101250	170645	206617
415-400	30375	59320	76391
400-385	155250	198388	268594
Всего	286875	428353	551602

Рис. 2. Таблица запасов по степени подготовленности

Профессор А.И. Арсентьев предложил связывать определение "вскрытые запасы" со вскрытием данных горизонтов, "подготовленные" – с завершением на них горно-подготовительных работ, "готовые к выемке" – с освобождением запасов от расположенного на них оборудования и сооружений.

Результатами работы инструмента являются таблица объемов каждого вида запасов по горизонтам (рис. 2) и контуры, показывающие пространственное расположение этих запасов в карьере.

На основании анализа выделенных запасов можно отстраивать прирезки. Прирезки представляют собой часть уступа с относительно однородными геологическими условиями и технологическими параметрами разработки (Лукичев, Наговицын, 2005). Модели прирезок (рис. 3) обычно имеют форму скошенной призмы. Ее подошва одной стороной повторяет нижнюю бровку, положение другой задает ширину прирезки. Обычно, уровень подошвы – это отметка нижележащего горизонта, в некоторых случаях подошва следует форме почвы или кровли пласта. Верх прирезки создается точно по форме площадки верхнего горизонта, повторяя ее рельеф. Боковые поверхности прирезки отстраиваются по фактическому или проектному углу откоса обрабатываемого уступа. Каждая прирезка содержит информацию об объеме и качестве ПИ с разбивкой на разновидности горных пород.

2.1. Последовательность и стадии планирования в системе Mineframe

Прирезку можно отнести к определенному периоду разработки (год, квартал, месяц), можно разбить на произвольное количество свободно конфигурируемых частей с отнесением каждой к своему периоду разработки в соответствии с логикой развития горных работ на данном уступе (рис. 4).

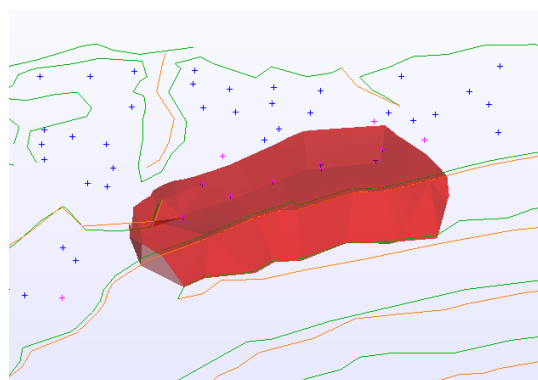


Рис. 3. Модель прирезки

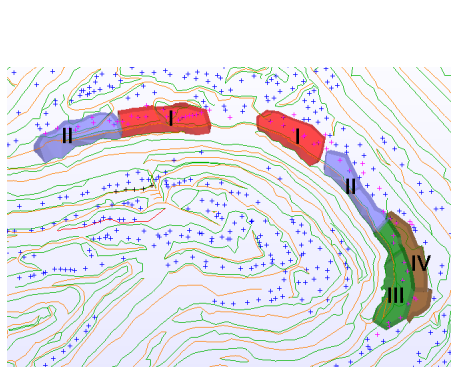


Рис. 4. Календарное разбиение прирезок

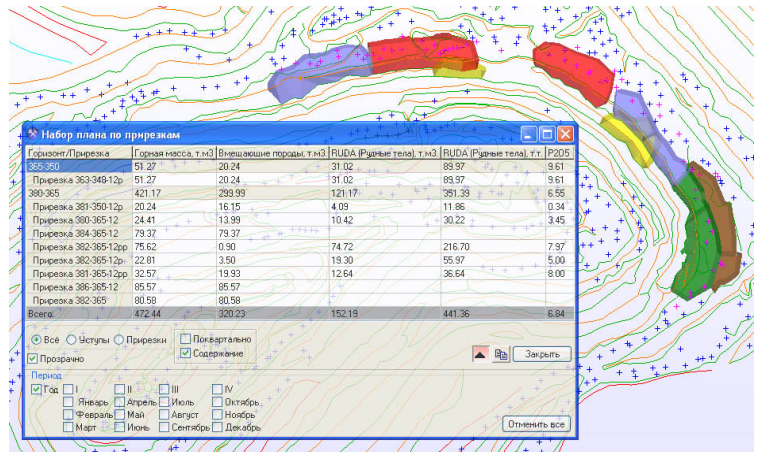


Рис. 5. Набор плана по прирезкам

Для контроля набора объемов и качественных показателей в прирезках по планируемым периодам используется сводная таблица (рис. 5). Эта таблица может находиться в открытом состоянии во время создания и модификации прирезок. По мере появления новых или изменения старых прирезок данные в таблице также будут синхронно изменяться. Также имеется возможность в произвольном порядке отображать/скрывать прирезки, относящиеся к определенному периоду отработки.

Подсчет качественных показателей может быть произведен инструментальными средствами *Mineframe* тремя способами: с использованием блочных моделей рудных тел с рассчитанными заранее параметрами распределения качества ПИ, методом метро-процентом с использованием моделей проб или путем применения процедуры интерполяции (метод обратных расстояний или кригинг) к блочной модели самой выемочной единицы. При подсчете объемных и качественных показателей выемочных единиц производится учет всех геологических объектов, представленных в ее границах.

На последнем этапе планирования нужно сформировать модель карьера на конец планируемого периода. Осуществляется это корректировкой положения верхних и нижних бровок по границам созданных прирезок (рис. 6).

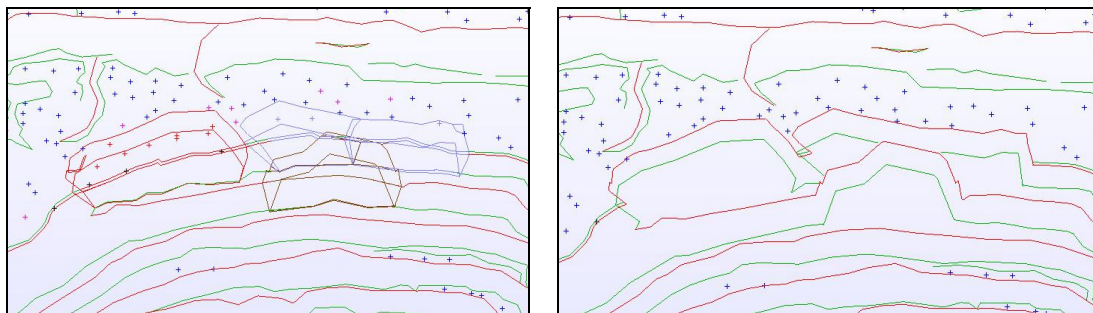


Рис. 6. Карьер на начало (слева) и конец (справа) периода планирования

2.2. График работы оборудования и сменно-суточное планирование

При решении задач месячного планирования необходимо задавать расстановку горного оборудования, создавать график работы оборудования по блокам, уступам. Для этого в системе *Mineframe* имеются автоматизированные инструменты, позволяющие рассчитывать месячный график работы экскаваторов и буровых станков (рис. 7). График содержит информацию о размещении экскаваторов по горизонтам карьера, их состоянии на каждый день (планово-предупредительные ремонты (ППР), техническое обслуживание (ТО), добыча руды или вскрыши), данные по объемам горной массы и руды на начало и конец месяца, а также объемы, добытые конкретным экскаватором с каждого горизонта, и метраж набуренных скважин по каждому буровому станку. Данные по составу и основным параметрам горного оборудования хранятся в базе данных, которая ведется программой мониторинга горнотранспортного оборудования *MineGear* системы *Mineframe*. Эта база данных содержит информацию о производительности, графиках ППР, ТО и пр. Инструменты обеспечивают создание как планового, так и фактического графика работы с возможностью загрузки в него данных по объему добычи руды и вскрыши из диспетчерских систем. Реализован алгоритм автоматического создания графика работы по начальным данным о размещении оборудования в карьере и проводимых массовых взрывах.

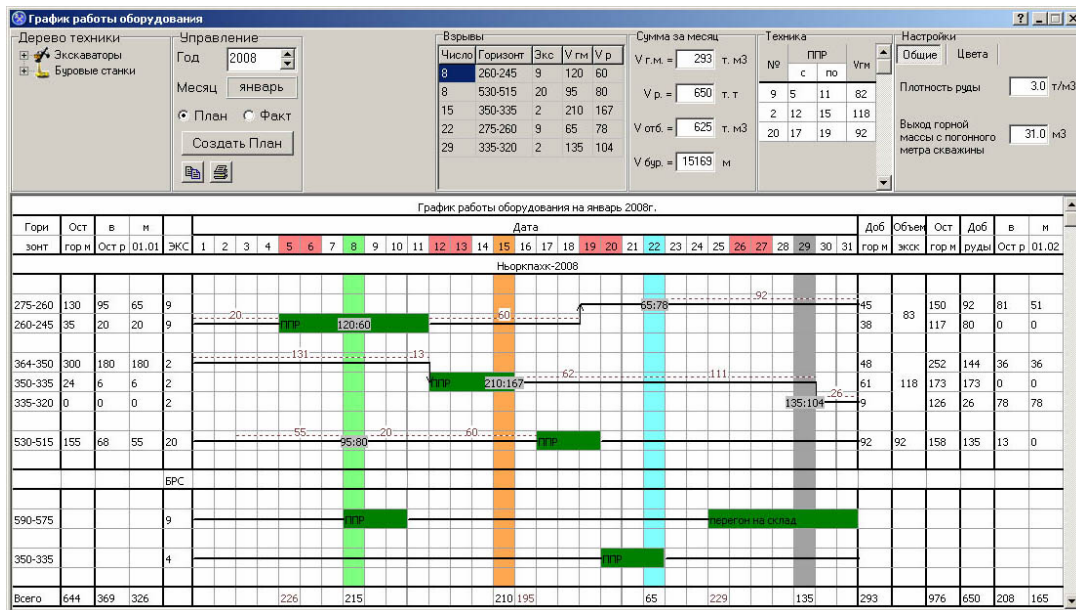


Рис. 7. График работы оборудования

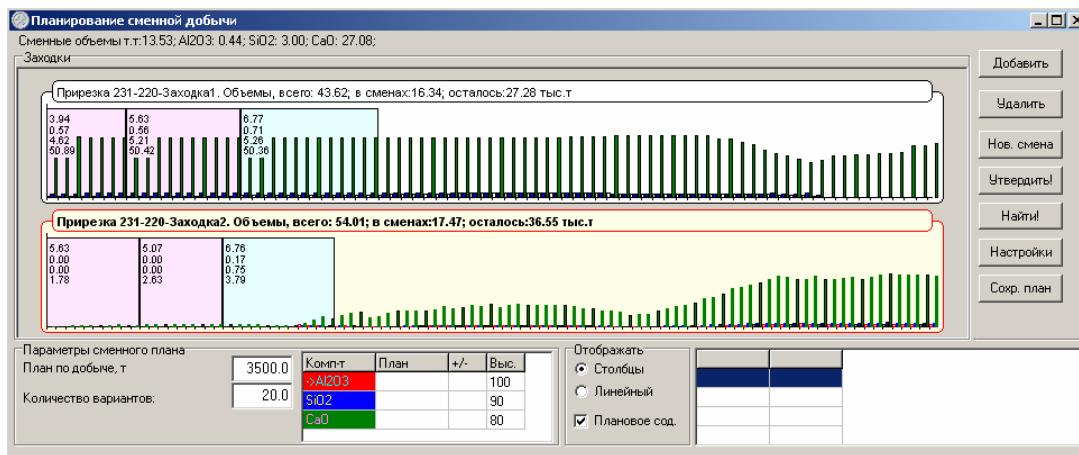


Рис. 8. Набор сменных объемов

Процесс сменно-суточного планирования заключается в контроле нагрузки на добычной забой, таким образом, чтобы при соблюдении плановых качественных характеристик суммарного грузопотока, обеспечить и его объемные показатели. Для обеспечения такого режима работы необходимо иметь модели выемочных единиц, при ведении БВР – модель развала горных пород с прогнозом распределения качества опробованных компонентов, и модели экскаваторных заходок. Модели заходок формируются с учетом направления обработки, они разбиты на множество элементарных подвижек одинакового объема, для каждой подвижки также рассчитаны прогнозные показатели качества опробованных компонентов.

Процесс планирования заключается в интерактивном регулировании нагрузки на каждый забой. Он осуществляется с помощью специального инструмента, который показывает каждую заходку в виде диаграммы, по оси абсцисс которой размещена шкала элементарных подвижек, по оси ординат – шкала содержания опробованных полезных и вредных компонентов. В заголовке каждой заходки отображены: общий объем, отработанный объем и остаток. Нагрузка на забой представлена прямоугольниками различных цветов (отражают состояние нагрузки – планируемая, утвержденная к отработке, отработанная). Внутри каждого прямоугольника (нагрузки) отображены объем и качественные показатели. Также отображаются суммарные сменные показатели – объем и качество по компонентам. Таким образом, процесс планирования заключается в подборе таких нагрузок на забой, чтобы объемные и качественные показатели смены находились в пределах плановых показателей (рис. 8). Во многих случаях ручной подбор вариантов распределения нагрузок на забой является сложной задачей. Для облегчения решения этой задачи предусмотрен автоматизированный режим, в котором происходит поиск вариантов нагрузок, отвечающих плану. Специалисту остается лишь выбрать наиболее рациональный.

3. Заключение

Таким образом, система *Mineframe* представляет собой информационную технологию автоматизированного планирования горных работ, позволяющую обеспечить информационное пространство многостадийного процесса планирования, повысить производительность труда специалистов, исключить дублирование информации и создать условия для повышения эффективности технологических решений. Система применяется не только на горных предприятиях России, но и в учебном процессе при подготовке студентов горных специальностей.

Литература

- Капутин Ю.Е.** Информационные технологии планирования горных работ (для горных инженеров). СПб., Недра, 424 с., 2004.
- Лукичев С.В., Наговицын О.В.** Автоматизированная система MineFrame 3.0. *Горная промышленность*, № 6, с.32-35, 2005.