

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ЗАДАЧ НА ГОРНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Лукичев С.В., Наговицын О.В., Корниенко А.В., Смагин А.В. Горный институт Кольского  
Научного Центра РАН

Целью деятельности горного предприятия является добыча полезных ископаемых открытым или подземным способом. В процессе добычи, связанной с перемещением огромных объемов горной массы, созданием сложной сети горных выработок, наземных и подземных сооружений возникает настоятельная потребность в определении точного местоположения объектов горной технологии, без знания которого не возможно решение задач проектирования, планирования и управления горными работами. Для нахождения координат объектов в арсенале маркшейдеров существует значительное число инструментов и методов решения геодезических задач. Общим для всех этих методов является необходимость выполнения большого объема вычислений, от точности которых зачастую зависит эффективность и безопасность горных работ. Развитие вычислительной техники и средств компьютерного моделирования создало хорошую базу для автоматизации решения маркшейдерских задач на основе работы с удаленными базами данных (БД) коллективного доступа и использования цифровых моделей объектов горной технологии. В настоящее время существует достаточно много компьютерных программ (в основном зарубежных) [1], предлагающих инструментальные средства для автоматизации решения маркшейдерских задач. При общей тенденции реализации большинства встречающихся в маркшейдерской практике задач, программы отличаются степенью и способами интеграции в едином информационном пространстве предприятия, возможностью работы с разнообразными исходными данными и средствами формирования выходной графической документации. В Горном институте подобные программные средства, основанные на компьютерном моделировании объектов горной технологии и комплексном решении маркшейдерских, геологических и технологических задач, создаются с 1997 г. в рамках развития автоматизированной системы MineFrame.

Автоматизация рабочего места маркшейдера горного предприятия строится на программных средствах работы с БД моделей объектов горной технологии в среде графического редактора GeoTech-3D, входящего в систему MineFrame. Основой для решения разнообразных маркшейдерских задач является каталог (БД) фактических и проектных маркшейдерских точек, а также средства их визуализации в 3-мерной пространстве моделируемого месторождения. Для работы с маркшейдерскими точками используется специализированный редактор (рис.1), интегрированный в среду GeoTech-3D. Редактор, кроме ведения каталога маркшейдерских точек, предназначен для формирования структуры хранения данных, обработки результатов тахеометрической и теодолитной съемки, определения координат точек методом прямой и обратной засечки, расчета и уравнивания теодолитных ходов. Каталог может быть представлен в трех вариантах в зависимости от выбранного режима: укороченный, неполный, полный. Реализована функция поиска маркшейдерских точек в каталоге. Добавление точек в каталог может осуществляться путем загрузки данных из файла произвольного формата.

Программные средства для определения координат точки методом прямой и обратной засечки, а также обработки результатов тахеометрической съемки предусматривают возможность сохранения исходных данных в файл и их последующей загрузки, что упрощает процедуру поиска ошибки в случае ее возникновения. Для удобства редактирования предусмотрена возможность настройки параметров таблицы, используемой для ввода и редактирования исходных данных, и возможность визуализации ситуационного плана. Формирование отчёта о результатах расчёта

реализовано в виде текстового файла, который средствами редактора может быть выведен на печать.

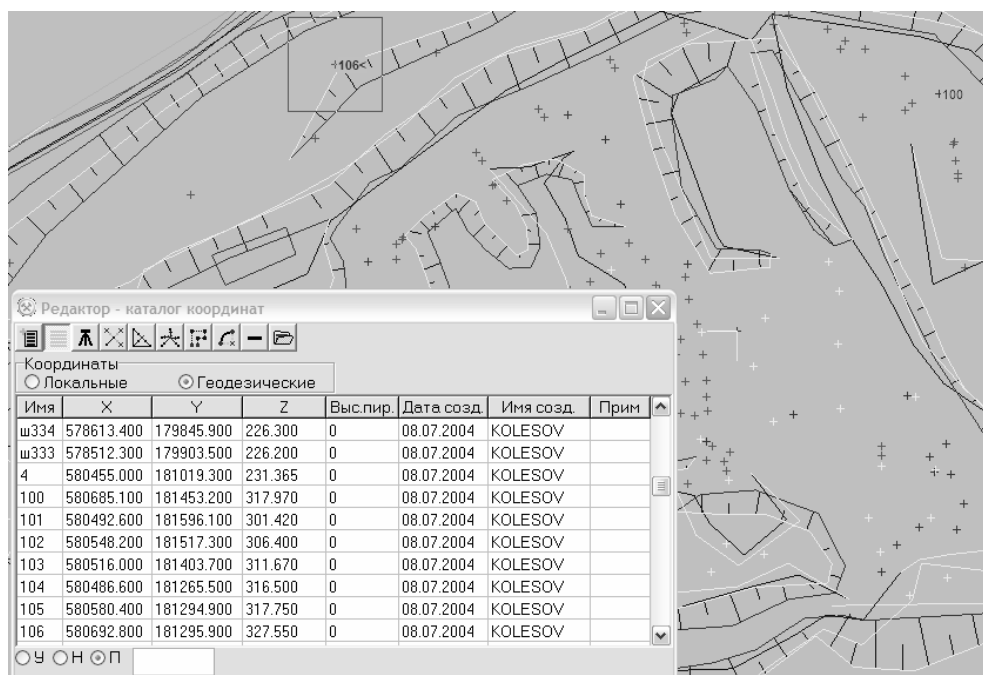


Рис.1. Работа с редактором маркшейдерских точек в режиме корректировки местоположений уступов на карьере

Для обработки результатов тахеометрической съемки предусмотрена загрузка данных из файлов, формируемых электронными тахеометрами. При этом имеется возможность импорта данных из файлов различных форматов. Результаты теодолитной и тахеометрической съемки могут использоваться как для пополнения каталога маркшейдерских точек, так и для корректировки моделей объектов горной технологии путем замены или добавления, образующих его точек.

При вычислении координат точек методом прямой и обратной засечки имеется возможность задания пределов погрешностей, в соответствии с которыми производится расчёт. В результатах расчёта указываются погрешности промежуточных вычислений, на основе которых находится окончательный результат.

С помощью инструмента для расчёта и уравнивания теодолитных ходов могут быть вычислены и графически проиллюстрированы следующие их типы:

- Висячий ход.
- Ход, опирающийся на гироскопически определённый дирекционный угол.
- Ход, опирающийся на пункт с известными координатами.
- Ход, опирающийся на пункт с известными координатами и известный дирекционный угол.

В случае появления невязок, связанных с ошибками ввода или измерения, автоматически определяются 2 стороны хода, которые являются наиболее вероятными виновниками невязок. Результаты расчёта могут быть выведены на принтер или сохранены в виде текстового файла. Исходные данные могут быть сохранены в файл с возможностью последующей загрузки и пересчета.

Наличие сети проектных и фактических маркшейдерских точек, сформированных с помощью изложенных выше методов, а также средств интерпретации результатов измерений позволяет решать следующие задачи:

1. Моделирование естественных и технологических поверхностей (рис.2), включая топоповерхность, поверхность карьера, обрушения, границ фронта подземных горных работ, складов руды.
2. Построение изолиний поверхностей.
3. Моделирование подземных горных выработок (включая их проходку) по данным маркшейдерских замеров.

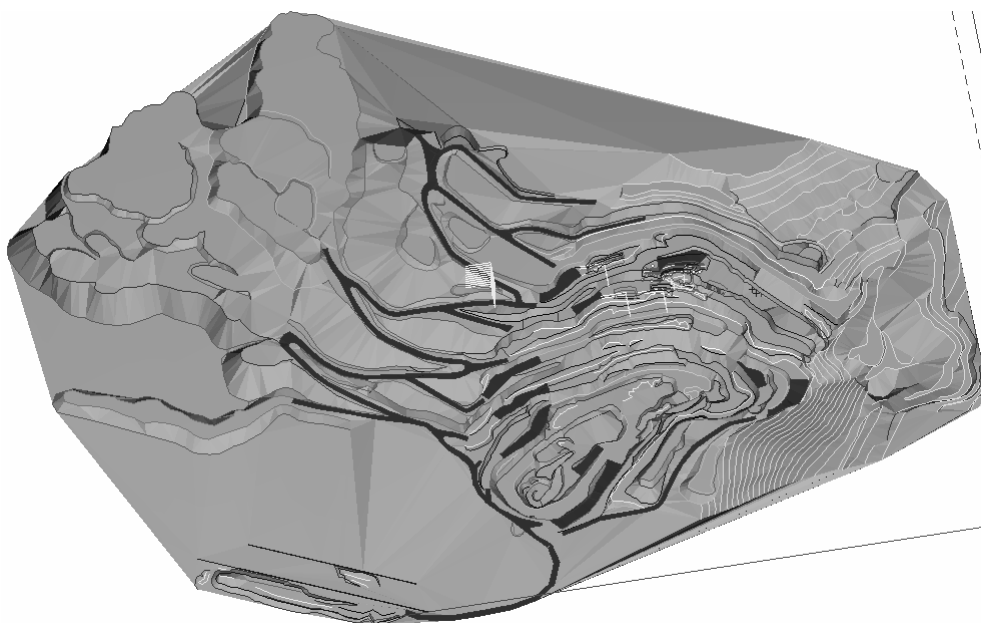


Рис.2. Моделирование поверхности карьера

4. Получение визуальной и цифровой информации о проходке выработок за любой заданный период.

Одной из наиболее важных и трудоемких задач, решаемых маркшейдерской службой предприятия, является создание и поддержание в актуальном состоянии БД моделей горных выработок. В системе MineFrame эта задача решается инструментальными средствами редактора GeoTech-3D. Векторная модель подземной горной выработки представляет собой набор контуров сечений выработки, привязанных к ее оси. Каркасная модель подземной горной выработки представляет собой триангуляционную замкнутую поверхность, построенную по точкам контуров сечений. Наличие триангуляционных поверхностей в сочетании со средствами визуализации, реализованных с помощью библиотек DirectX операционной системы Windows, обеспечивает создание реалистичных моделей, являющихся аналогом фактических и проектных горных выработок.

Главными элементами моделируемой выработки являются сечения, конфигурация и пространственное положение которых определяет размеры и форму модели. Для создания моделей выработок разработаны программные средства, обеспечивающие параметрическое формирование контуров сечений и их пространственное размещение, как в режиме интерактивного ввода, так и по траектории сформированного для этой цели полигона. Интерактивный режим формирования моделей выработок в основном применяется при создании моделей фактических выработок на основе графической информации маркшейдерских планшетов, для чего предусмотрено использование векторных подложек, загружаемых в окно горизонтального разреза. Механизм

формирования выработок в этом случае сводится к выделению контуров, отображающих стенки выработки, заданию параметров ее сечений и последовательному указанию в окне разреза точек оси выработки, каждая из которых одновременно является точкой привязки соответствующего сечения модели. Механизм вычисления расстояния между выделенными стенками обеспечивает автоматическое формирование выработок с сечениями заданной ширины. Более сложный механизм формирования моделей фактических выработок используется в случае, когда выработка меняет свои размеры, как в плане, так и по профилю. Для решения подобных задач в рамках редактора GeoTech-3D также имеется соответствующий набор инструментальных средств, обеспечивающий создание моделей фактических горных выработок любой степени сложности.

Особое место при создании и редактировании моделей фактических горных выработок занимает использование результатов маркшейдерских замеров. Редактор GeoTech-3D содержит инструментальные средства, позволяющие на основе данных о проходке выработок редактировать их модели, заменяя проектные сечения на фактические и моделируя тем самым процесс реализации проектных решений (рис.3). Используя данные маркшейдерских замеров реальных сечений выработок, средствами GeoTech-3D можно корректировать их модели, обеспечивая этим полноту информации о текущем состоянии объектов.

Рис.3. Моделирование проходки подземных горных выработок на основе маркшейдерских замеров

Все модели подземных выработок можно разделить на 4 типа: горизонтальные, наклонные, крутонаклонные (вертикальные), камерные. Несмотря на то, что модели всех типов имеют одинаковую структуру, методы их построения отличаются:

Модель горизонтальной выработки наиболее проста в построении, так как точки ее оси располагаются на одной высотной отметке. Для формирования сечений достаточно на выбранной горизонтальной плоскости последовательно указывать точки оси выработки, где автоматически будут формироваться сечения с заданными параметрами.

Формирование модели наклонной выработки осуществляется также как и горизонтальной с тем отличием, что ее сечения привязываются к заранее сформированному полигону, имеющему уклоны и траекторию будущей оси выработки.

Модели крутонаклонных и вертикальных выработок строятся на горизонтальных плоскостях, с использованием многооконного режима GeoTech-3D. Возможность использования подложек с данными о местоположении сечений выработок на планах позволяет легко создавать модели фактических выработок, информация о которых хранится только на бумажных носителях.

Модели камерных выработок отличаются от ранее перечисленных только соотношением длины, ширины и высоты. Модели могут быть созданы любым из перечисленных способов. Основная особенность их создания заключается в параллельной ориентации сечений камеры, что обусловлено геометрией объекта.

Таким образом, в системы MineFrame реализованы основные инструментальные средства автоматизации решения маркшейдерских задач применительно к подземным и открытым горным работам. Программные средства системы MineFrame находят все более широкое применение на горных предприятиях России. В настоящее время система используется на рудниках ОАО «Апатит», ОАО «Оренбургские минералы», ОАО «Бокситы Тимана», ОАО «Севералбокситруда». Кроме горных предприятий программные средства MineFrame используются при обучении студентов горных специальностей Мурманского государственного технического университета и Апатитского филиала Петрозаводского государственного университета.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1.Капутин Ю.Е. Информационные технологии планирования горных работ (для горных инженеров). – СПб.: «Недра», 2004. – 424 с.