



КУРСЫ ПОДГОТОВКИ ГЕОМЕХАНИКОВ (ГЕОТЕХНИКОВ), ГЕОЛОГОВ И ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ ПО ПРОГРАММАМ MAP 3D И ROCSCIENCE (DIPS, ROCDATA, UNWEDGE)



В. А. ЕРЕМЕНКО, директор Научно-исследовательского центра «Прикладная геомеханика и конвергентные горные технологии», д-р техн. наук, проф. РАН, prof.eremenko@gmail.com

Горный институт НИТУ «МИСиС», Москва, Россия

Геотехническая квалификация специалистов горнодобывающих компаний, выражающаяся в обоснованной оценке состояния массива горных пород, обеспечении устойчивости выработок, выборе и расчетах крепей подземных сооружений, позволяет принимать ими более продуманные долгосрочные решения. При этом, как следствие, возрастает рентабельность предприятия, повышается безопасность и эффективность горных работ. Как показывает мировая практика, компетентность руководителей предприятий в горной геомеханике приводит к значительному сокращению несчастных случаев на производстве.

С этой целью разработаны курсы подготовки геомехаников (геотехников), геологов, горных инженеров и повышения квалификации руководителей малого, среднего и высшего звена горнодобывающих предприятий*. Обучение проводится по двум программам: «Современная практическая геомеханика в горном деле» (24 ч) и «Методы обеспечения устойчивости выработок, выбора и расчетов крепей подземных сооружений» (16 ч).

Продолжением повышения квалификации специалистов горнодобывающих компаний является разработанный в Научно-исследовательском центре прикладной геомеханики и конвергентных горных технологий Горного института НИТУ «МИСиС» курс обучения численному моделированию напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород в программ-

ном комплексе *Map 3D* (24 ч) и работе в программах *Rocscience* – *Dips*, *RocData*, *Unwedge* (32 ч).

Использование данных программ позволяет оптимизировать качество работы специалистов горнодобывающих компаний, а также обеспечить безопасность и повысить эффективность горных работ.

Основные задачи, выполняемые с помощью программ *Map 3D*, *Dips*, *RocData* и *Unwedge*, приведены ниже.

Программа Map 3D основана на методе граничных элементов и применяется для анализа и визуализации горного давления вокруг подземных выработок и камер, определения НДС массива и оценки устойчивости обнажений путем построения трехмерных моделей, расчета напряжений, деформаций, смещений, коэффициентов запаса прочности и вероятности разрушения горных пород (**рис. 1**).

Использование программы *Map 3D* на производстве позволяет существенно повысить уровень безопасности персонала горнодобывающего предприятия, а также дает возможность оптимизировать последовательность отработки различных участков шахтного поля, что в конечном итоге дает значительный экономический эффект.

Программа Dips позволяет исследовать трещиноватость массива в натуральных условиях на обнажениях выработок и камер (угол

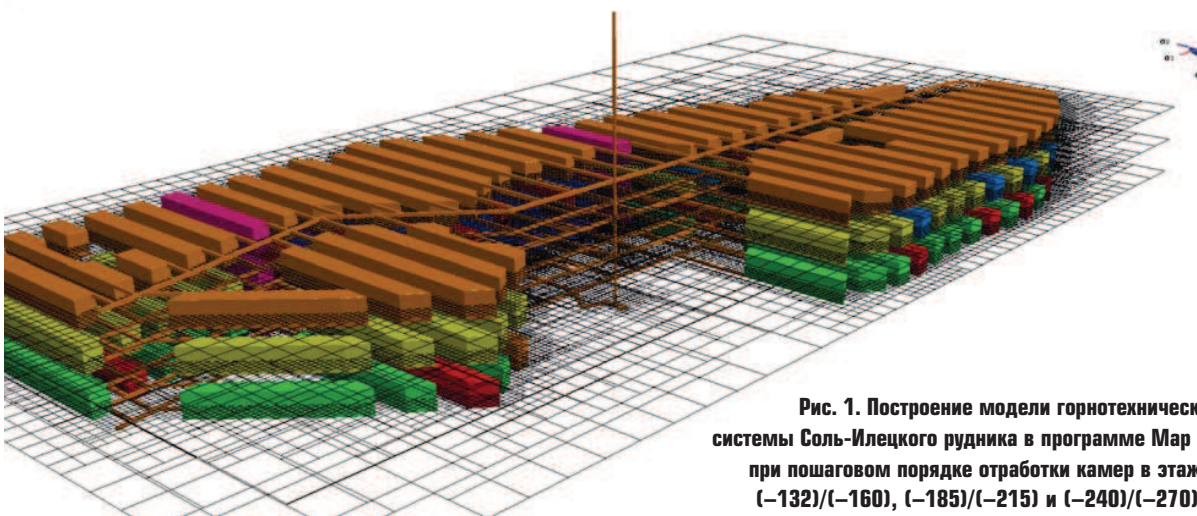


Рис. 1. Построение модели горнотехнической системы Соль-Илецкого рудника в программе *Map 3D* при пошаговом порядке отработки камер в этажах (-132)/(-160), (-185)/(-215) и (-240)/(-270) м

* См. «Горный журнал», 2017. № 9. С. 100.

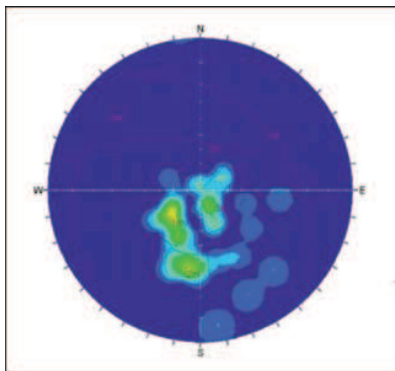


Рис. 2. Определение трех основных систем трещин массива и их параметров с использованием стереосетки, полученной в программе Dips

и азимут падения трещин); вводить полученные данные в программу и определять число трещин и их систем, их пространственные характеристики; коэффициент RQD, характеризующий качество породного массива; на основании розы-диаграммы пространственной ориентировки трещин устанавливать ориентацию оси главного максимального напряжения как основной действующей силы в породном массиве и др. (рис. 2). Полученные данные используются для количественной оценки состояния массива горных пород, например для определения категории нарушенности массива или коэффициента, характеризующего число систем трещин в массиве и проектирования параметров крепи и систем крепления выработок различного назначения. Для проведения расчетов полученные данные можно экспортировать в программы Map 3D и Unwedge.

Программа Unwedge позволяет на основе введенных данных о трещиноватости массива (например, экспортируемых из программы Dips) строить 3D-модели выработки или камеры в пространстве и определять местоположение вероятных призм обрушения горной породы в боках, кровле и почве выработки или камеры (рис. 3). В программу Unwedge для точности расчетов можно экспортировать также значения действующих напряжений, например из численных расчетов рассматриваемого участка массива, выработки или камеры, определенных с использованием программы Map 3D, и исследовать их влияние на устойчивость призм вероятного обрушения в процессе проведения кинематического анализа. Для расчетов в программе Unwedge также можно использовать данные по контактным условиям картируемых трещин, например шероховатость поверхности стенок трещин и измененность стенок трещин. Программа позволяет качественно проектировать параметры крепи выработок, определять коэффициент запаса прочности крепи и др.

Программа RocData позволяет определять физико-механические свойства горных пород (паспорт прочности горной породы) рассматриваемых участков массива рудника на определенной глубине в оперативном режиме (предел прочности на сжатие и на растяжение, на трехосное сжатие, модуль упругости, сцепление, угол внутреннего трения и др.), а также критерии разрушения массива в реальных условиях, а именно: при действии каких напряжений массив будет сохранять устойчивость, а при каких — деформироваться или разрушаться (рис. 4, 5). Полученные данные можно использовать для расчетов в других программах и ме-

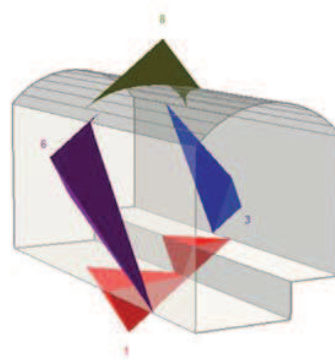


Рис. 3. Пример построения вариантов выхода вероятных призм обрушения горной породы в боках, кровле и почве выработки с помощью программы Unwedge

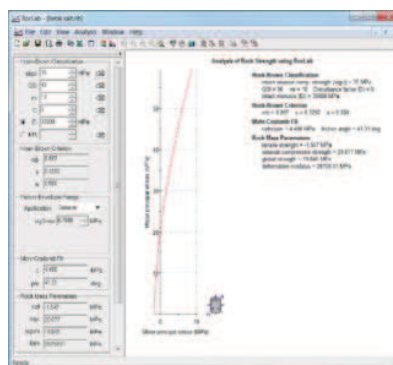


Рис. 4. Определение прочности массива горных пород по обобщенному критерию Хука-Брауна с использованием программы RocData

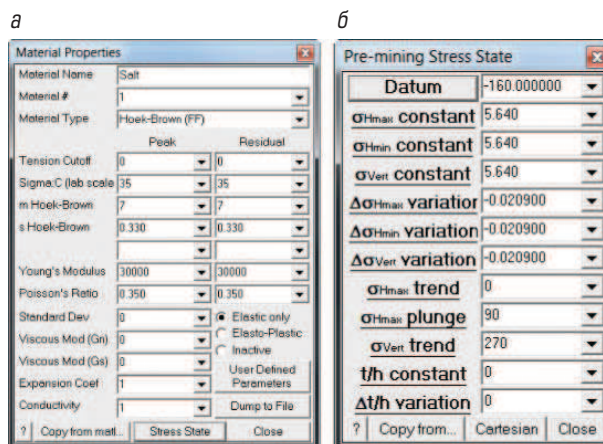


Рис. 5. Исходные входные параметры для моделирования в программе Map 3D:

a — свойства массива; *б* — тензор природных напряжений

тодах, например для определения категории устойчивости массива горных пород, а также напряженно-деформированного состояния массива горных пород в программе Map 3D.

В конце курса проводится тестирование слушателей и оценивается степень повышения квалификации каждого специалиста. Курс подготовки геомехаников (геотехников), геологов и горных инженеров проводится на базе Научно-исследовательского центра прикладной геомеханики и конвергентных горных технологий Горного института НИТУ «МИСиС» или непосредственно на горнодобывающем предприятии.