

Ю.М. НИКОЛАШИН, д-р техн. наук, проф.; П.О. ВДОВИЧЕНКО, магистрант,
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

АЛГОРИТМ МОДУЛЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ФАКТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВРЕМЕННО НЕРАБОЧИХ БОРТОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ

Безопасность открытых горных работ по условиям устойчивости временно-нерабочих бортов и уступов карьеров со сложной геолого-тектонической нерешенностью, является важной научно-практической задачей. Критерием оценки фактического безопасного состояния является величина нормального коэффициента запаса устойчивости (КЗУ) при сроке службы временно-нерабочих бортов: до 3 лет – 1,20, от 3-10 лет – 1,25 и уступов: до 3 лет – 1,10, от 3 до 10 лет – 1,15. Целью определения степени текущей устойчивости является контроль за безопасным состоянием уступов и бортов карьера путем установления их соответствия нормативным требованиям. Решение данной задачи состоит в использовании надежной геологической, инженерно-геологической, гидрогеологической, геомеханической и горнотехнической базы информации, сформированной за период освоения месторождения.

В результате геологической разведки, инженерно-геологической доразведки, режимных гидрогеологических, специальных геолого-маркшейдерских исследований устойчивости откосов на карьере обосновывается выбор проектных параметров бортов и уступов на основе нормативного графо-аналитического расчета. В связи со значительным объемом вычислений, необходимых при «быстродействии» в получении результата с высокой точностью определения коэффициента запаса устойчивости откоса с целью принятия технологического решения, в настоящее время разработан при нашем участии модуль системы автоматизированного геомеханического расчета устойчивости откосов K-MINE. В основе решения задачи об устойчивости откосов лежит теория предельного равновесия «сыпучей среды» в области формирования призмы возможного обрушения. Для создания модуля «K-MINE» разработан алгоритм «обратной» задачи, которая заключается в определении фактического коэффициента запаса устойчивости при известных значениях высоты откоса и его угла. Алгоритм модуля включает (4): базовую геолого-маркшейдерскую и геомеханическую информацию о массиве горных пород; дополнительные условия воздействия на устойчивость откосов факторов разного уровня влияния (подземных вод, сейсмических от буровзрывных работ, тектонической нарушенности, трещиноватости и складчатости); пути решения задачи об устойчивости откосов в направлении установлении величины фактического коэффициента запаса устойчивости (КЗУ).

Определение фактического значения КЗУ с использованием модуля осуществляется путем поиска его минимальной величины из множества расчетных призм возможного обрушения. Пределы «поиска» задают, начиная с условия предельного равновесия призмы возможного обрушения с величиной КЗУ, равной 1,0, и до предельных нормативных величин, равных 2,0. «Поиск» осуществляется путем определения параметров наиболее вероятной призмы возможного обрушения, включающих ее ширину и положение скольжения в виде ломаной линии Н90 и линии с углом наклона $(E=45+\varphi/2)$ круглоцилиндрической поверхности, выходящей в нижнюю бровку откоса под углом $W=45-\varphi/2$ к поверхности откоса.

В качестве расчетного метода на предельное равновесие откоса, сложенного трещиноватыми скальными породами, используется векторное сложение сил и реакций в многоугольниках расчетных блоков, с учетом влияния внешних сил (гидростатическое давление подземных вод, сейсмические напряжения взрывных волн от буровзрывных работ, статические нагрузки на бермы и прочее). В результате автоматизированных вычислений получаем минимально значение КЗУ с заданной точностью $\pm 0,01$. Кроме этого, при необходимости можно получить распечатку эпюр действующих удерживающих и сдвигающих сил в т. ч. В последнем многоугольнике выдается результат расчета устойчивости откоса в виде замыкания векторов сил, подтверждающий «визуально» ход решения и позволяющий принимать решение по дальнейшему проектированию конструкции борта карьера и противооползневые мероприятия.