

М.Г.МУСТАФИН, д-р техн. наук, профессор, *mustafin_m@mail.ru*

А.П.САННИКОВА, аспирантка, *anna_sannikova@mail.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.G.MUSTAFIN, Dr. in eng. sc., professor, *mustafin_m@mail.ru*

A.P.SANNIKOVA, post-graduate student, *anna_sannikova@mail.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА С УЧЕТОМ ДАННЫХ ЦИФРОВОЙ ФОТОСЪЕМКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБНАЖЕНИЯ

Описана методика определения прочностных параметров горных пород и оперативная оценка текущего состояния устойчивости прибортового массива.

Ключевые слова: массив горных пород, напряженное состояние пород, борт, уступ, устойчивость борта карьера, фотоснимок, прочность пород, модель борта карьера.

VALUATION OF SUSTAINABLE OF PIT WALL BASED ON DATA OF DIGITAL PHOTOGRAPHY OF OUTCROP SURFACES

This article respond the method of determining the strength parameters of rock is considered a rapid assessment of the current state of stability mine array is described.

Key words: mines rocks, stress condition, pit wall, bank, stability of a pit wall, photo, durability, model of a pit wall.

При расчетах устойчивости борта карьера, как правило, используют методику расчета, базирующуюся на теории предельного равновесия. На ее основе разработано множество решений для различных горнотехнических и горно-геологических условий освоения месторождений полезных ископаемых. Вместе с тем остается не в полной мере изученным механизм разрушения пород и формирование оползневых процессов. Решение этих вопросов требует применения модельного подхода с реализацией нелинейной задачи о напряженно-деформированном состоянии прибортового массива. Здесь возникают сложности, связанные с определением физико-механических свойств массива горных пород. Дело в том, что прочностные показатели ряда литотипов, которыми сложены породные комплексы, в достаточной мере известны примени-

тельно к размеру образцов. Какие коэффициенты использовать при расчетах массива горных пород – вопрос весьма актуальный.

В специальной технической литературе приводится ряд разработок, где на основе многочисленных экспериментов (в основном, ВНИМИ) определены коэффициенты структурного ослабления пород. Требуется тщательное изучение конкретного породного массива и на основе анализа его трещиноватости установление искомого коэффициента. На наш взгляд, коэффициент структурного ослабления пород можно определять с использованием фотоснимков обнажений пород (поверхностей уступов) и далее по уточненным показателям прочности пород решать вопрос об устойчивости борта карьера.

Реализация изложенного подхода осуществлялась на примере Новосергеевского



Рис.1. Борт разреза, ослабленный трещинами

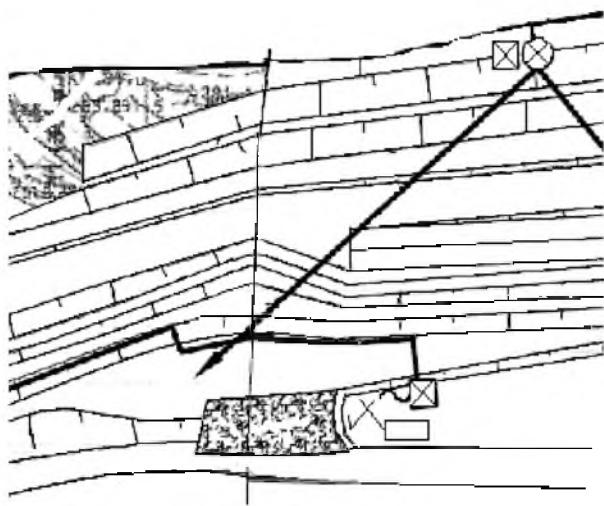


Рис.2. План исследуемого участка разреза

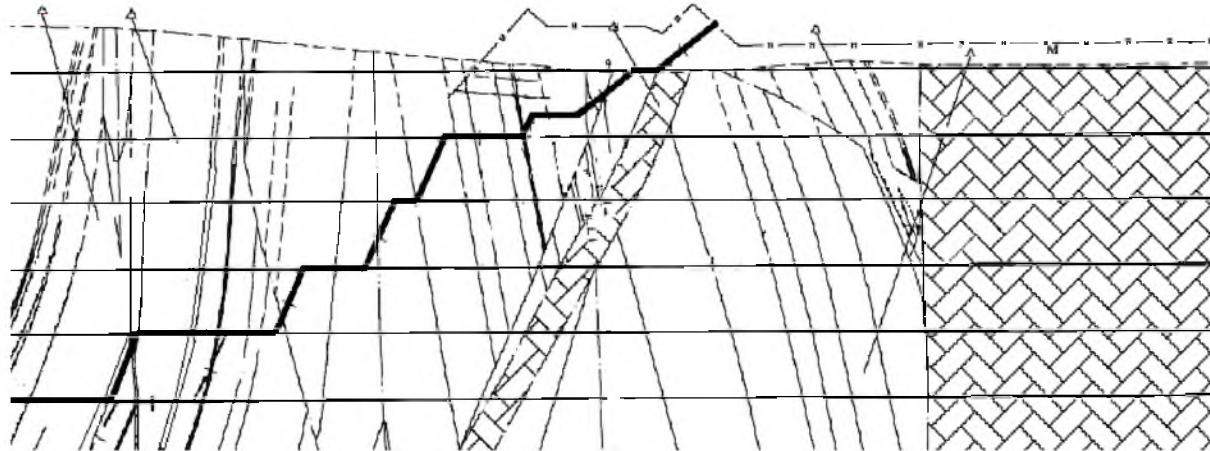


Рис.3. Геологический разрез для зоны произведенных исследований

угольного разреза (ОАО «УК «Кузбассразрезуголь»). Применение цифровой фотосъемки позволило получить материал по существующему состоянию обнажений (рис.1).

Фотоснимки позволяют оценить фактическую степень нарушенности обнажений. Эта информация послужит для уточнения расчетной схемы при оценке устойчивости борта карьера. Таким образом, цель фотосъемки в данном конкретном случае – уточнить геологическую структуру и трещиноватость борта карьера.

Используя методику [3] выделения трещин, предварительно производят фотографирование с перекрытием снимков участка обнажения трещин. С целью масшта-

бирования получаемых изображений в пределах каждого снимка устанавливают рейку (складной метр, вешка и т.п.). При необходимости для работы с протяженными участками снимки сшивают в панорамы при помощи специализированного программного обеспечения. Полученные панорамы возможно обрабатывать при помощи таких программных продуктов, как AutoCad или MapInfo: измеряются горизонтальные расстояния между следами трещин, полученные данные усредняются.

За основу берется горно-графическая документация карьера – план и геологические разрезы (рис.2 и 3), фотосъемка дает основание для уточнения геологического

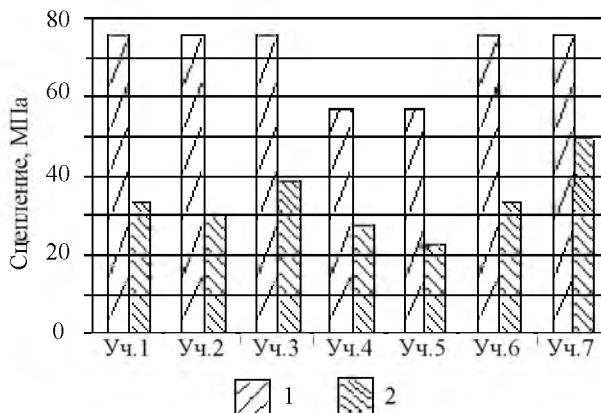


Рис.4. Снижение прочностных свойств горных пород в образце (1) и массиве (2)

строения по обнажениям и трещиноватости уступа, эти параметры можно использовать при расчете устойчивости борта карьера с учетом коэффициента ослабления. Коэффициенты структурного ослабления определяются на основе методики ВНИМИ [1]:

$$K_1 = K(H/h)^{-0,6},$$

где K_1 – сцепление в массиве; K – сцепление в образце; H/h – интенсивность трещиноватости, т.е. величина, обратная среднему размеру (в метрах) элементарного блока породы, ограниченного смежными трещинами.

Отношение K_1 к K представляет собой коэффициент структурного ослабления.

Гистограмма (рис.4) иллюстрирует снижение прочностных свойств массива горных пород различной трещиноватости, сложенного алевролитами (участки 1-3, 6, 7) и аргиллитами (участки 4, 5).

Среднее расстояние между трещинами на участках 1-7 следующее, м:

1	2	3	4	5	6	7
0,25	0,22	0,33	0,29	0,22	0,25	0,5

Расчеты выполняли с использованием программного комплекса (ПК) «НЕДРА» [2], который основан на решении задачи о перемещениях в сплошной среде методом конечных элементов. Модель борта карьера представлена на рис.5.

На рис.6 представлено распределение касательных напряжений, от которых, в основном, зависит развитие процесса сдвиже-

ния в прибрежном массиве. Как видно из рисунка, градиенты напряжений концентрируются у нижней бровки борта. Следовательно, нарушение предела прочности, в первую очередь, возможно в этих местах. В то же время на поверхности борта возникают растягивающие напряжения и деформации, которые обуславливают возникновение заколов у верхней бровки уступа (рис.7).

Представленные выкладки корреспондируют с общими представлениями о механизме формирования оползней. В данном случае предпосылки к зарождению оползня показаны в количественных категориях.

Применительно к рассматриваемому случаю учет изменений прочностных показателей не выявил нарушения прочности пород и формирования оползня. Это, безусловно, свидетельствует, что угол наклона борта установлен с большим запасом прочности. В то же время в случае увеличения разницы в прочностных показателях образцов пород и породного массива, например на порядок, в борту карьера возникнут зоны разрушения (рис.8) и в этих условиях потребуется проведение специальных исследований по выявлению устойчивости борта карьера.

Таким образом, фотоснимки позволяют оперативно и безопасно определить степень трещиноватости обнажений для последующего уточнения параметров устойчивости борта с учетом блочного строения массива. Такое уточнение возможно при условии введения в расчетные схемы коэффициента структурного ослабления, описывающего изменение сцепления в массиве относительно сцепления в образце с учетом степени трещиноватости породного массива. На основе данных о блочно-трещиноватом строении горного массива устанавливаются коэффициенты структурного ослабления, при помощи которых становится возможным переход к прочностным показателям в массиве.

При помощи такого моделирования можно проанализировать коэффициент запаса устойчивости, принять решение о возможности увеличения угла борта для рационального режима работы разреза.

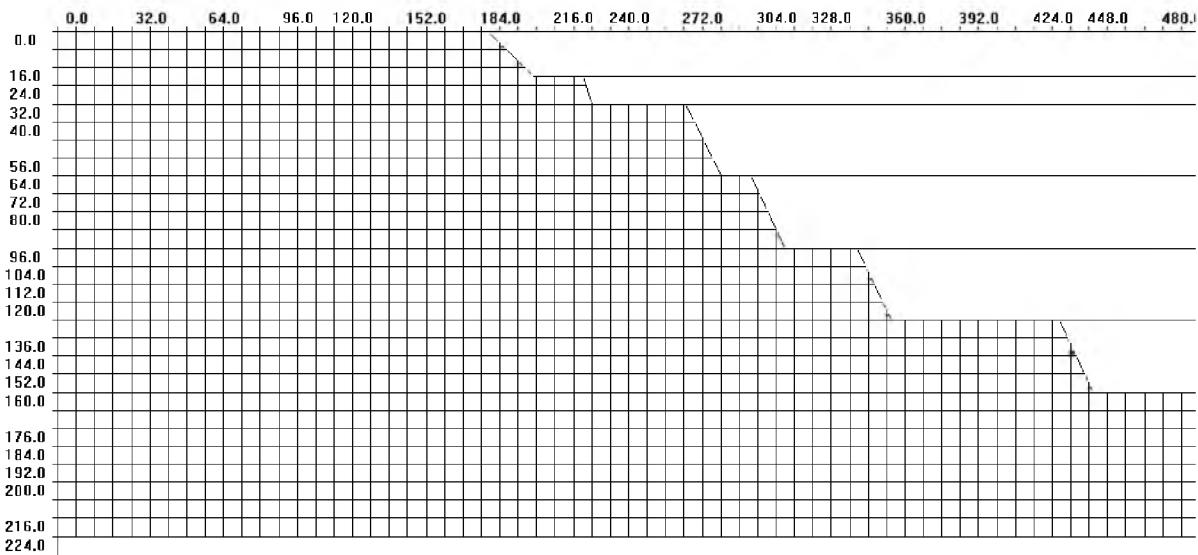


Рис.5. Модель борта карьера (ПК «НЕДРА»)

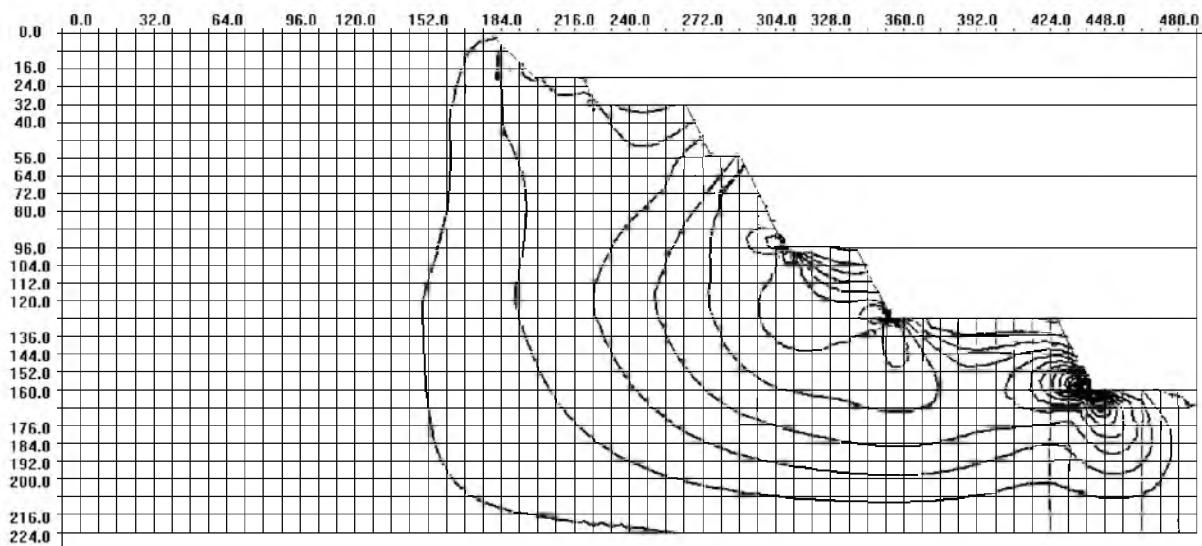


Рис.6. Распределение касательных напряжений, МПа

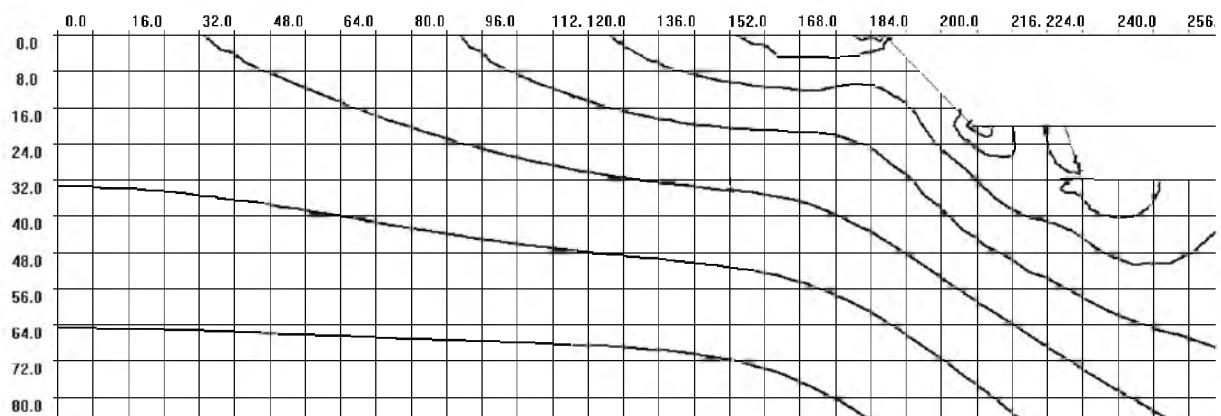


Рис.7. Картина деформирования пород (изолинии горизонтальных деформаций)

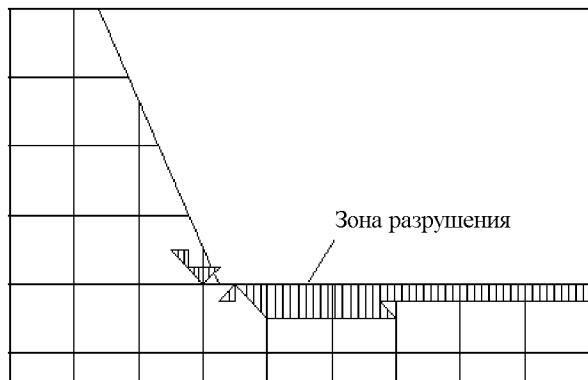


Рис.8. Зона разрушения у нижней бровки борта карьера

Нарушенность массива горных пород оказывает значительное влияние на устойчивость борта карьера. Результаты лабораторных испытаний пород могут быть использованы при решении практических задач лишь после выявления коэффициента структурного ослабления. Его определение и учет в расчетах устойчивости борта карьера рекомендуется проводить с использованием данных фотографической съемки обнажений и последующего моделирования

напряженно-деформированного состояния пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баклашов И.В. Деформирование и разрушение породных массивов. М.: Недра, 1988. 271 с.

2. Мустафин М.Г. Геомеханическая модель системы «выработка – вмещающие породы» и ее использование при прогнозировании динамических проявлений горного давления // Горная геомеханика и маркшейдерское дело / ВНИМИ. СПб, 1999. С.93-98.

3. Санникова А.П. Изучение связи блочности массива и кусковатости горной массы по фотоснимкам при помощи методов компьютерной обработки // Записки Горного института. 2011. Т.190. С.301-303.

REFERENCES

1. Baklashov I.V. Deformation and Fracture of rock masses. Moscow: Nedra, 1988. 271 p.

2. Mustafin M.G. Geomechanical model of the «generation – the host rocks» system and its use in predicting the dynamic manifestations of rock pressure // Mining Geomechanics and Mine Survey / VNIMI. Saint Petersburg, 1999. P.93-98.

3. Samnikova A.P. Connection between lumpiness and block size of mined rock from photographs using computer processing research // Proceedings of the Mining institute. 2011. Vol.190. P.301-303.