

Выводы. В современных условиях необходимо найти более эффективные значения параметров технологических схем механизированной добычи антрацитов. В первую очередь рекомендуется оптимизировать длину очистного забоя, т.к. она имеет немалое влияние как на стоимостные параметры, так и на технологию очистных работ и, в условиях глубоких антрацитовых шахт, при ее выборе следует учитывать не только технический уровень оснащения и необходимые экономические показатели, но и горно-геологическое строение выемочного участка, а также предполагаемое влияние горного давления на очистной забой и прилегающие выработки.

Список литературы / References

1. Клишин Н.К. Управление состоянием массива горных пород: Конспект лекций / Клишин Н.К. – Алчевск: ДонГТУ, 2005. – 214 с.

Klishin N.K. Rock massif state control: lecture summary / Klishin N.K. – Alchevsk: DonDTU, 2005. – 214 p.

2. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов / [Бондаренко В.И., Кузьменко А.М., Грядущий Ю.Б., и др.]. – Днепропетровск, 2002. – 730 с.

Technology of underground development of stratal deposits of minerals: higher school textbook / [Bondaren-

ko V.I., Kuzmenko A.M., Gryadushchiy Yu.B. et al.]. – Dnepropetrovsk, 2002. – 730 p.

Виконано аналіз стану вугільної промисловості України, а також роботи вугледобувних підприємств, що розробляють тонкі антрацитові пласти. Розглянуто гірничо-геологічні умови ведення гірничих робіт на глибинах 1000 м і більше. Проаналізовано фактичне навантаження на очисні вибої при різній їх довжині. Обґрунтовано необхідність обмеження довжини очисних вибоїв на великих глибинах у зв'язку з особливостями проявів гірського тиску.

Ключові слова: *глибокі антрацитові шахти, очисний вибій, гірський тиск*

State of the Ukrainian coal industry and the work of coal mining enterprises developing thin anthracite stratums were analyzed. Mining and geological conditions of mining at a depth of 1000 metres or more were considered. The actual load on the working face was analyzed. The necessity of limiting the length of working face because of the specific behavior of rock pressure is substantiated.

Keywords: *deep anthracite mines, working face, rock pressure*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.М. Ша-шенком. Дата надходження рукопису 17.02.11

УДК [622.271.33:624.131.537].001.57

**Б.Е. Собко, д-р техн. наук,
А.С. Ковров**

Государственное высшее учебное заведение
„Национальный горный университет“,
г. Днепропетровск, Украина, e-mail: boris_sobko@nm.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ В СЛОЖНОСТРУКТУРНОМ МАССИВЕ ПОРОД

**В.Е. Sobko, Dr. Sci. (Tech.),
A.S. Kovrov**

State Higher Educational Institution “National Mining University”,
Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: boris_sobko@nm.ru

DETERMINATION OF SAFETY FACTOR FOR SLOPES IN ROCK MASSIF WITH COMPLEX STRUCTURE

Выполнено моделирование устойчивости борта карьера №7 „Юг“ Малышевского россыпного месторождения титано-циркониевых руд Вольногорского горно-металлургического комбината в программе конечно-элементного анализа *Phase2*. Определены коэффициенты запаса устойчивости борта карьера с учетом сложной структуры и обводненности массива пород по критерию прочности Кулона-Мора.

Ключевые слова: *устойчивость откосов карьеров, коэффициент снижения прочности на сдвиг, коэффициент запаса устойчивости, критерий прочности Кулона-Мора*

Определение устойчивых параметров уступов и бортов карьеров выполняется с некоторым запасом прочности (устойчивости). Коэффициент запаса устойчивости должен быть определен с большой точностью, так как его заниженная величина может привести к обрушению борта (уступа, отвала) и аварии оборудования, а завышенная – к излишнему выпол-

живанию борта и, в связи с этим – к значительному удорожанию горных работ за счет дополнительных объемов горно-капитальных работ.

До настоящего времени вопрос точности определения величины запаса устойчивости полностью не решен. Известно, что коэффициент запаса является функцией многих переменных. Но если аналитическая структура коэффициента запаса является неясной, то известно его целевое назначение, а именно: коэффи-

ент запаса устойчивости должен предупредить такое возможное увеличение усилий, при котором сооружение все равно сохранит неразрушимость на весь период своей эксплуатации [1].

Уточнение коэффициента запаса устойчивости бортов карьера только на 5% в конечном итоге может позволить уменьшить объем извлекаемой горной массы и площадь карьера от 1,5 до 20 %, в зависимости от горно-геологических условий разработки (при сохранении объемов извлекаемого полезного ископаемого) [2]. Также известно, что на карьерах с глубиной до 300 м увеличение результирующего угла наклона борта на 3–4° позволяет сократить объем вскрыши до 10–11 млн м³ на 1 км фронта работ, что, естественно, повышает общую эффективность открытой системы разработки [3].

Целью данной работы является оценка устойчивости откосов борта карьера №7 „Юг“ для условий Малышевского месторождения в программе конечно-элементного анализа Phase2. Для ее выполнения поставлены следующие задачи:

1. Определить коэффициент запаса устойчивости борта карьера с учетом сложной структуры массива пород по критерию Кулона-Мора.

2. Оценить влияние гидрогеологических показателей на устойчивость откосов.

Вольногорский горно-металлургический комбинат разрабатывает комплексное россыпное рutilциркон-ильменитовое Малышевское месторождение. Технологической особенностью данного месторождения является сложный и изменчивый характер гор-

но-геологических условий разработки, а с учетом гидрогеологических условий возникает повышенная опасность образования сдвигов пород вскрыши.

На карьере № 7 „Юг“ применяется комбинированная система разработки. Впереди фронта горных работ производится снятие чернозема автоскреперами с укладкой в бурты на нерабочем борту карьера. Верхний вскрышной горизонт обрабатывается вскрышным комплексом в составе роторного экскаватора ЭРШР-1600, забойного, магистрального и отвального конвейеров, перегружателей ПГ-5000/60 и ПВП-6600, отвалообразователя ZP-6600 с укладкой породы во внутренний отвал.

Ниже расположены два вскрышных уступа, которые обрабатываются по транспортной системе разработки с использованием экскаватора ЭКГ-8И, погрузкой в автотранспорт и вывозкой породы во внутренний отвал. Добычной горизонт обрабатывается экскаваторами ЭШ-6/45 и ЭШ-10/50 с погрузкой руды в автотранспорт и транспортировкой ее на рудный склад передвижной пульпонасосной станции. Передвижная пульпонасосная станция находится в северном торце карьера на отметке кровли рудного уступа за контуром рудного тела [4].

Вскрышные породы месторождения представлены пестрыми сарматскими зеленовато-серыми глинами и четвертичными красно-бурыми глинами, красно-бурыми и лессовидными суглинками. Характеристика вскрышных пород Малышевского месторождения представлена в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики вскрышных пород

Наименование вскрышных пород	Мощность слоя (средняя по месторождению), h_i , м	Плотность γ , кг/м ³	Сцепление C , МПа	Угол внутреннего трения φ , град	Предел прочности на сжатие / растяжение $\sigma_p/\sigma_{сж}$, МПа
Суглинки буровато-серые	0-5 (3)	1,68	0,011	14	0,017/0,028
Суглинки палевые, местами бурые	0-12 (8)	1,87	0,009	19	0,013/0,025
Суглинки желто-бурые	0-14 (8)	1,955	0,0175	21	0,024/0,051
Суглинки красно-бурые	0-7 (6)	1,89	0,029	14	0,045/0,074
Глины красно-бурые	0-20 (10)	1,895	0,073	10,5	0,121/0,176
Глины серовато-бурые	0-10 (5)	1,79	0,059	15	0,091/0,154
Глины зелено-серые	0-5 (5)	2,2	0,0975	31	0,110/0,345
Пески: рудные	0-78	1,58	0,015	32	0,017/0,054
нерудные	-	1,72	0,005	30	

Глины месторождения являются водоупором и повышают влажность вышележащих красно-бурых суглинков, что способствует возникновению зон ослабления с последующим развитием деформаций уступов и бортов карьера.

Рудный пласт имеет мощность 8,0...24,0 м, сложен мелкими и тонкозернистыми песками и в водонасыщенном состоянии может обладать плавунными свойствами.

Для данного месторождения определены следующие величины устойчивых углов откосов рабочих уступов: откоса рабочего уступа в обводнённом состоянии – не более 25°; после выполнения дренажных работ – не более 37°; откоса верхнего вскрышного уступа – не более 20°; нижнего вскрышного уступа – не более 31°; погашение нерабочих бортов в торцах карьера – не более 24°.

Однако, для рассматриваемого россыпного месторождения имеет место значительный разброс значений физико-механических свойств пород в пределах карьера. В данном случае достоверность исходных данных является ключевым фактором при определении устойчивого состояния откосов и бортов карьера. Учитывая исходные технологические данные, оценка устойчивости откосов с использованием методов численного моделирования представляет практический интерес для оптимизации технологии разработки месторождения.

В данной работе в качестве инструмента моделирования устойчивости откосов и бортов карьеров использована программа конечно-элементного анализа Phase2 компании Rocscience Inc. Программа позволяет выполнять анализ устойчивости откосов методом конечных элементов, анализируя процесс снижения предела прочности на сдвиг (*Shear Strength Reduction Method*) в породном массиве. Функция снижения прочности на сдвиг (*Shear Strength Reduction*) в Phase2 позволяет автоматически выполнять конечно-элементный анализ и вычислять критический коэффициент снижения прочности (*КСП, Strength Reduction Factor*) для выбранной модели, который по своему смыслу является эквивалентным коэффициенту запаса устойчивости откоса. Алгоритм расчета коэффициента устойчивости массива включает итерационное вычисление прочностных характеристик во всех элементах массива посредством поэтапного нагружения модели, в результате чего напряжения в от-

косе достигают предела прочности на сдвиг и возникает сдвигение пород (оползень). Процесс вычислений КСП повторяется до момента потери откосом устойчивого состояния и графически выражается в виде наиболее вероятной линии скольжения, по которой происходит сдвигение массива.

Для моделирования устойчивости откосов борта карьера №7 „Юг“ в программе конечно-элементного анализа заданы геометрические параметры (рис. 1). Разбиваем область геометрической модели откоса на конечные элементы. Средняя мощность вскрышных пород составляет 45 м.

Принимаем следующие параметры эластичности пород: модуль Юнга – 20 МПа; коэффициент Пуассона – 0,35 для суглинков и 0,43 – для четвертичных глин. В качестве критерия прочности был выбран критерий Кулона-Мора, наиболее часто используемый для оценки прочности грунтов и мягких пород.

Результаты моделирования устойчивости откосов неободренного массива, представленные на рис. 2, дают основание полагать, что массив пород находится в состоянии, близком к неустойчивому (КСП=1,09).

Участки с максимальными значениями сдвиговых деформаций (*shear strain*) наблюдаются в прибортовой части передового вскрышного уступа, сложенного суглинками ($\epsilon_{max}=2,5 \cdot 10^{-4}$). При этом намечаются контуры потенциальной линии скольжения, верхняя граница которой начинается на расстоянии 6,8 м от верхней бровки передового уступа.

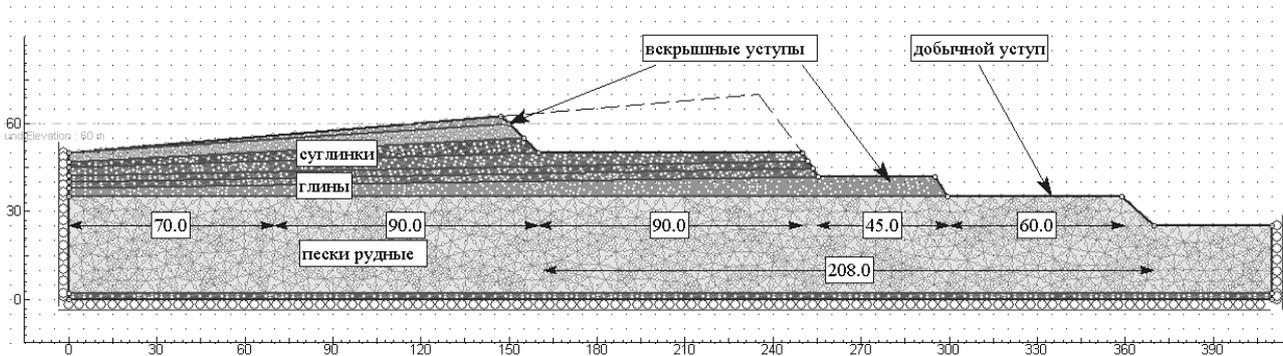


Рис. 1. Профиль борта карьера №7 „Юг“



Рис. 2. Картина максимальных сдвиговых деформаций откосов уступов

Практически идентичная картина наблюдается для горизонтальных и вертикальных смещений (сдвига) массива пород откосов (рис. 3). В верхнем вскрышном уступе максимальные вертикальные смещения ($d_{max}^{vert}=1,65 \cdot 10^{-4}$ м) возникают в верхних слоях буровато-серых и палевых суглинков, их интенсивность постепенно снижается ближе к слою красно-бурых глин. Также значительные вертикальные деформации наблюдаются на границе серозеленых глин с рудными песками, что вполне объясняется их физико-механическими характеристиками.

Максимальные горизонтальные смещения преобладают в слое палевых суглинков ($d_{max}^{hor}=4,0 \cdot 10^{-4}$ м) прибортовой части верхнего вскрышного уступа, а также на уровне нижней бровки нижнего добычного уступа ($d_{max}^{hor}=3,8 \cdot 10^{-4}$ м).

Наличие подземных вод и водоемов приводит к снижению устойчивости откосов, что объясняется

действием фильтрационного потока в массиве, уменьшающим силы трения по вероятной поверхности оползания. Наиболее чувствительны к увлажнению атмосферными или подземными водами породы глинистого состава с различной степенью уплотнения. Устойчивость карьерных откосов снижается при повышении уровня подземных вод в приоткосной зоне, уменьшении сопротивления горных пород сдвигу, увеличении высоты и угла откоса, а также возрастании дополнительных нагрузок на уступы карьеров и отвалов. Характеристики сопротивления сдвигу горных пород в массиве определяются прочностью пород в образце, наличием трещиноватости и поверхностей ослабления различной природы. Прочность горных пород в образце связана с литолого-петрографическими особенностями – вещественным составом и структурно-текстурными признаками пород [5].

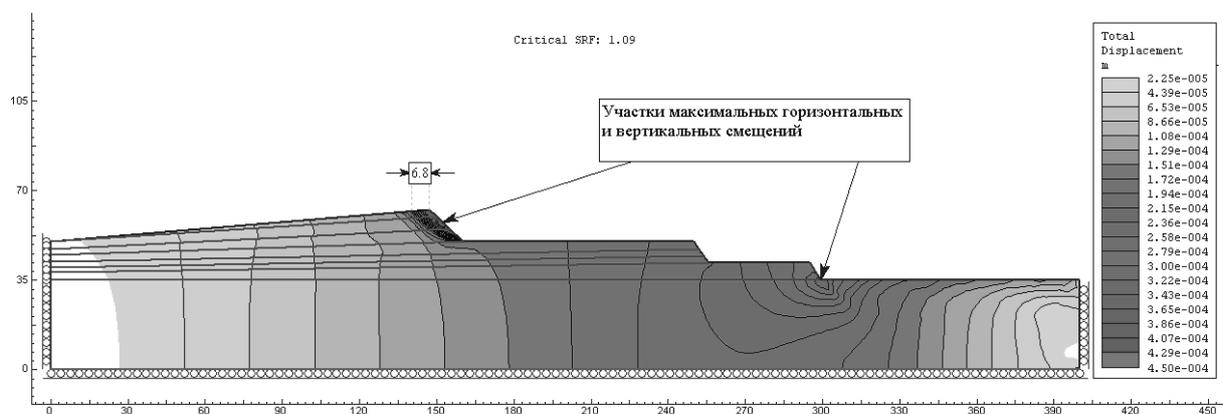


Рис. 3. Графическая картина смещений массива пород для необводненного массива

К числу основных гидрогеологических факторов могут быть отнесены: глубина залегания водоносного горизонта, водообильность, напорность, наличие гидравлической связи между горизонтами, гидродинамические характеристики водоносных горизонтов. Гидрогеологическими факторами обусловлены:

- подток подземных, дождевых и талых вод, вызывающий набухание, снижение прочности и местные деформации откосов песчано-глинистых пород;
- гидродинамическое давление фильтрующихся в приоткосном массиве подземных вод (объемная сила, направление которой совпадает с направлением линий потока, а величина для единицы объема горной породы определяется фильтрационной силой), приводящее к оплыванию откосов раздельнозернистых и песчано-глинистых пород и действует совместно с силами гидростатического взвешивания;
- суффозия, способствующая выносу мелких частиц;
- выщелачивание засоленных песчано-глинистых и карбонатных пород, галоидов, что приводит к карстообразованию;
- внезапные прорывы подземных вод в результате вскрытия карстовых полостей или нарушения режима дренажа.

Второй этап моделирования связан с оценкой влияния гидрогеологических показателей массива на устойчивость откосов.

Гидрогеологические условия месторождения характеризуются наличием двух водоносных горизонтов. Верхний приурочен к лессовидным суглинкам, имеет мощность 5...13 м, характеризуется низкими значениями коэффициента фильтрации (до 0,2...0,3 м³/сут), малой водообильностью. Нижний водоносный горизонт приурочен к тонкозернистым пескам полтавского горизонта. Абсолютные отметки кровли и подошвы рудных песков полтавской серии в пределах добычных участков находятся, в основном, ниже статического уровня водоносного горизонта, почти полностью обводнены и отработка их представляет большие трудности, что предопределяет возможность применения только гидромеханического способа выемки рудных песков [4].

Для этого на профиле карьера задается уровень грунтовых вод в виде статического напора в двух точках на левой и правой границе модели (рис. 4). Задаем гидравлические свойства для каждой литологической разности массива пород, используя эмпирический метод Ван Генухтена [6].

Степень влагонасыщения массива S_e рассчитываем по формуле

$$S_e = \frac{1}{[1 + (\alpha h)^n]^m};$$

где α – коэффициент Ван-Генухтена, 1/м; h – высота гидростатического напора, м; m и n – эмпирические коэффициенты, зависящие от фильтрационных характеристик пород.

Коэффициент фильтрации K , м/с определяется по выражению

$$K = K_s \left(\sqrt{S_e} \left[1 - (1 - S_e^{1/m})^m \right]^2 \right);$$

где K_s – коэффициент влагонасыщенной фильтрации, м/с.

Гидравлические свойства вскрышных пород месторождения представлены в табл. 2. В условиях

моделирования также учитывается влияние атмосферных осадков, интенсивность которых для данной местности принимается $1 \cdot 10^{-9}$ м/с.

По результатам моделирования видно (рис. 4), что в слое серо-зеленых глин возникает область избыточного порового давления, достигающего 0,2 МПа. Это явление объясняется эффектом набухания глин. Серо-зеленые глины являются водоупором, препятствующим горизонтальной и вертикальной фильтрации. Вблизи откоса рассматриваемых уступов поровое давление составляет, в среднем, 0,04 МПа, что больше величины сцепления верхних суглинков и может снижать устойчивость массива.

Коэффициент запаса устойчивости для обводненного массива равен 0,87. При увеличении обводненности массива за счет инфильтрации или атмосферных осадков, устойчивость откосов снижается, что необходимо учитывать при обосновании целесообразных параметров бортов карьера.

Таблица 2

Гидравлические свойства вскрышных пород по Ван-Генухтену

Наименование вскрышных пород	Коэффициент инфильтрации K_s , м/с	α , 1/м	n	$m=1-1/n$
Суглинки буровато-серые	$1,25 \cdot 10^{-5}$	7,5	1,89	0,471
Суглинки палевые, местами бурые	$3,65 \cdot 10^{-6}$	5,9	1,48	0,325
Суглинки желто-бурые	$2,9 \cdot 10^{-6}$	3,6	1,56	0,359
Суглинки красно-бурые	$7,25 \cdot 10^{-7}$	1,9	1,31	0,237
Глины красно-бурые	$5,5 \cdot 10^{-7}$	0,8	1,09	0,083
Глины серовато-бурые	$3,35 \cdot 10^{-7}$	2,7	1,23	0,187
Глины зелено-серые	$5,5 \cdot 10^{-8}$	0,05	1,09	0,083
Пески: рудные нерудные	$1,0 \cdot 10^{-6}$	6,8	13,10	0,924

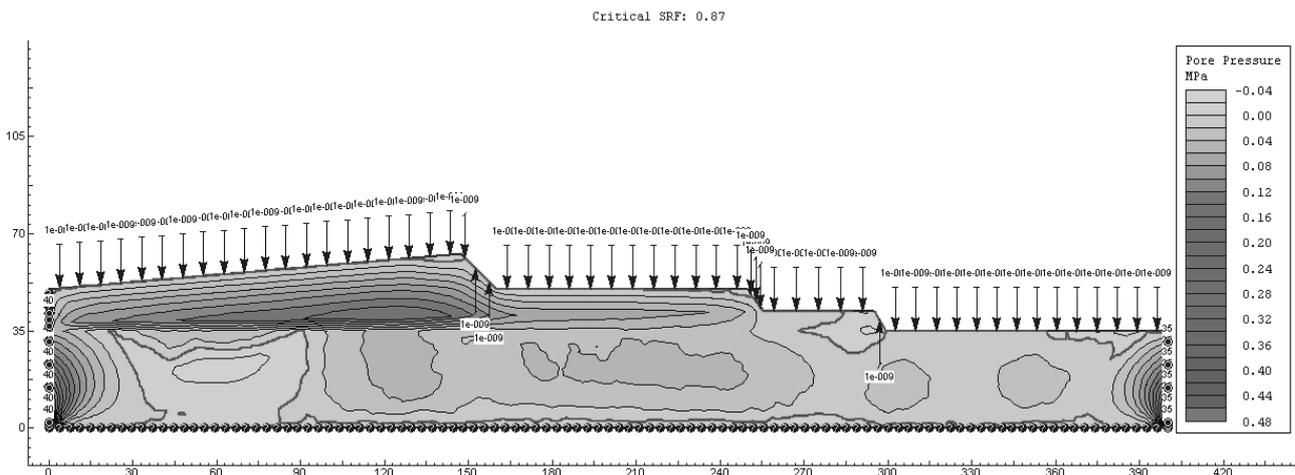


Рис. 4. Поровое давление в обводненном массиве

На рис. 5 показаны скорости горизонтальной и вертикальной разгрузки в обводненном массиве. У подножия откоса возникает переувлажнение массива за счет горизонтальной фильтрации грунтовых вод массива, а увлажнение у верхней бровки связано, в основном, с атмосферными осадками.

Выводы. 1. При оценке устойчивости откосов и бортов карьеров учет геологической структуры массива и достоверность исходных физико-механических характеристик пород значительно влияет на определение устойчивых параметров массива. Форма и характер поверхности скольжения существенно отличается

от классической круглоцилиндрической поверхности сдвижения, которая обычно выходит за пределы нижней бровки уступа. Из полученных данных результатов моделирования видно, что желто-бурые суглинки, имеющие коэффициент сцепления $C=0,0175$ МПа, обладают более слабыми прочностными свойствами по

сравнению с красно-бурыми суглинками, для которых сцепление составляет $C=0,0289$ МПа. В данном случае слой красно-бурых суглинков выступает в роли геомеханического барьера, поэтому потенциальная поверхность скольжения выходит на откос уступа выше уровня нижней бровки.

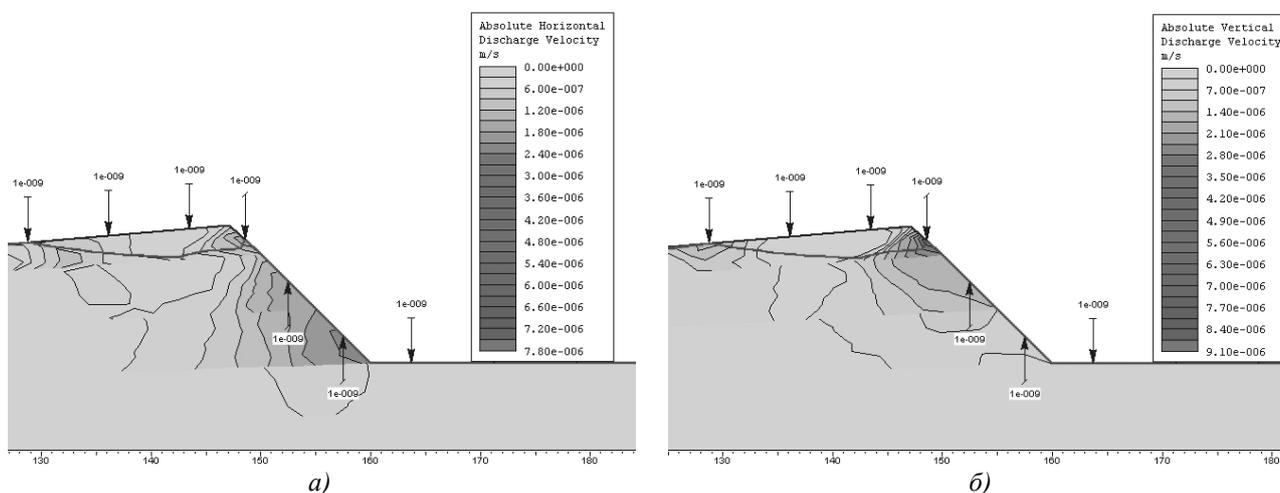


Рис. 5. Скорость горизонтальной (а) и вертикальной (б) разгрузки в обводненном массиве

2. Массив пород находится в состоянии, близком к неустойчивому, при этом КСП=1,09. При этом наибольшие деформации наблюдаются в прибортовой части передового вскрышного уступа, сложенного суглинками. Максимальные горизонтальные смещения преобладают в слое палевых суглинков ($d_{max}^{hor}=4,0 \cdot 10^{-4}$ м) прибортовой части верхнего вскрышного уступа, а также на уровне нижней бровки нижнего добычного уступа ($d_{max}^{hor}=3,8 \cdot 10^{-4}$ м).

3. Для обводненного массива КСП=0,87. Максимальное поровое давление возникает в слое серо-зеленых глин, достигающее 0,2 МПа, что объясняется эффектом набухания глин. В приоткосной части рассматриваемых уступов поровое давление составляет, в среднем, 0,04 МПа, что больше величины сцепления верхних суглинков и может снижать устойчивость массива.

Список литературы / References

1. Певзнер М.Е. Геомеханика: Учебник для вузов / Певзнер М.Е., Иофис М.А., Попов В.Н.; 2-е изд., стер. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2008. – 438 с.: ил.

Pevzner M.Ye. Geomechanics: Higher school textbook / Pevzner M.Ye., Iofis M.A., Popov V.N.; 2 edition. – M.: Izd-vo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2008. – 438 p.: illustrated.

2. Прогноз устойчивости и оптимизация параметров бортов глубоких карьеров / [Полищук С.З., Лашко В.Т., Кучерский Н.И. и др.]; под общ. ред. д.т.н. С.З. Полищука. – Днепропетровск: Полиграфист, 2001. – 370 с.

Prognosis of stability and optimization of slope parameters of open-casts / [Polishchuk S.Z., Lashko V.T.,

Kucherskiy V.I. et al.]; edited by S.Z. Polishchuk. – Dnepropetrovsk: Poligrafist, 2001. – 370 p.

3. Шапарь А.Г. Механика горных пород и устойчивость бортов карьеров / Шапарь А.Г. – Киев: Вища школа, 1973. – 120 с.

Shapar A.G. Mechanics of rocks and open-cast slope stability / Shapar A.G. – Kiev: Vyshcha shkola, 1973. – 120 p.

4. Собко Б.Е. Усовершенствование технологии открытой разработки рассыпных титаноциркониевых руд: Монография / Собко Б.Е. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2008. – 167 с.

Sobko B.Ye. Improvement of titanium-zirconium placer open-cast mining technology: Monograph / Sobko B.Ye. – Dnepropetrovsk: Nacionalnyy gornyy universitet, 2008. – 167 p.

5. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ: Учебник для вузов / Гальперин А.М. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. – 473 с.

Galperin A.M. Geomechanics of open-cast mining: Higher school textbook / Galperin A.M. – M.: Izd-vo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2003. – 473 p.

6. Vogel T. Effect of the shape of the soil hydraulic functions near saturation on variably-saturated flow predictions / Vogel T., van Genuchten M., Cislerova M. – Adv. Water Res. 2001; 24: pp. 133–144.

Виконано моделювання стійкості борту кар'єру №7 „Південь“ Малишевського розсипного родовища титано-цирконієвих руд Вільногірського гірничо-металургійного комбінату в програмі кінцево-елементного аналізу Phase2. Визначено коефіцієнти запасу стійкості борту кар'єру з урахуванням складної структури та обводнення масиву гірських порід за критерієм міцності Кулона-Мора.

Ключові слова: *стійкість укосів кар'єрів, коефіцієнт зниження міцності на зсув, коефіцієнт запасу стійкості, критерій міцності Кулона-Мора*

Modelling of the slope stability for the open-cast №7 "Pivden" of the Malyshevske placer deposit of titanium-zirconium ore at the Vilnoghorsk Mining and Metallurgical Plant by the finite element software *Phase2* is carried out.

The safety factors for open-cast slopes depending on complex geological structure and watering rock massif by Mohr-Coulomb failure criterion are determined.

Keywords: *open-cast slope stability, shear strength reduction factor, safety factor, Mohr-Coulomb failure criterion*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.О. Сдвижковою. Дата надходження рукопису 28.02.11

УДК 622.28.04

П. Глух¹, канд. техн. наук,

Д. Гиза²,

Ю.М. Халимендик³, д-р. техн. наук, проф.

1 – Силезский политехнический институт, г. Гливице, Польша, e-mail: piotr-gluch@wp.pl

2 – Gonar-Systems International (GSI), г. Катовице, Польша, e-mail: damiangiza@o2.pl

3 – Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: halimendik_u@nmu.org.ua

ИСПЫТАНИЯ СТОЕК УСИЛЕНИЯ ИЗ СВП

P. Gluh¹, Cand. Sci. (Tech.),

D. Giza²,

Yu.M. Halimendik³, Dr. Sci. (Tech.), Professor

1 – Silesian Polytechnic Institute, Gliwice, Poland, e-mail: piotr-gluch@wp.pl

2 – Gonar-Systems International, Katowice, Poland, e-mail: damiangiza@o2.pl

3 – State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: halimendik_u@nmu.org.ua

TEST OF STRENGTHENING RACKS OF SPECIAL INTERCHANGEABLE STRUCTURE

Приведен опыт польских шахт по поддержанию горных выработок для повторного использования. Дан анализ рабочих характеристик замковых соединений. Представлены результаты стендовых испытаний стоек усиления из спецпрофиля различной конструкции. Доказана возможность применения стоек усиления с высокой несущей способностью. Предложена конструкция стоек усиления из трехэлементных отрезков спецпрофиля.

Ключевые слова: *стойки усиления, рабочая характеристика крепи, выработки повторного использования, замковое соединение*

Перемещение очистного забоя приводит к образованию опорного давления над участковой выработкой с последующим перемещением его вглубь массива. Динамическое опорное давление требует отпора крепи с большой несущей способностью [2]. В качестве усиливающей крепи, как правило, применяются деревянные или гидравлические стойки с несущей способностью около 200кН. При расположении оборудования лавы в сечении выемочного штрека трудно установить своевременно большое количество стоек на сопряжении лавы со штреком.

Доказано, что дополнительная нагрузка на крепь в зоне влияния очистных работ при их повторном использовании достигает 2000–3000кН [2]. Решить задачу усиления крепи традиционным способом практически невозможно, так как в плоскости рамы необходимо устанавливать до 10 стоек. В условиях польских и немецких шахт применяются различные комбинации усиления крепи с помощью специальных стоек, устанавливаемых под металлические прогоны. Общий отпор таких систем составляет более 2000кН [5] (рис. 1). Применение

такой усиливающей крепи не освоено промышленностью Украины, а также имеет высокую стоимость.

Целью статьи является изложение результатов стендовых испытаний стоек усиления из спецпрофиля различной конструкции.

Для снижения стоимости поддержания выработок в условиях шахт Украины используются металлические стойки из спецпрофиля [3, 4].

Учитывая, что на шахтах Украины в большинстве случаев (около 90%) применяются замки с прямой планкой [1], рабочая характеристика их исследована на стенде во НИОМШСе. Отрезки спецпрофиля из СВП-27 соединялись наложением концов с нахлесткой 400мм и хомутами из скоб и планок. Скобы из стержня диаметром 24мм с резьбой М24 на концах ветвей, планки плоские АПЗ-0030 и ЗШ-000. Натяжение гаек выполнялось усилием одного человека ключом с рукояткой длиной 45см.

Соединенные отрезки загружали соосно на испытательной машине ПСУ-125 (рис. 2). В процессе загрузки отмечались величины проскальзывания элементов и характер поведения соединительных хомутов в увязке с конкретными величинами нагрузок.