УДК 622.831

НГУЕН ВАН КУАНГ, *аспирант, nguyenquang@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

NGUYEN VAN QUANG, *post-graduate student, nguyenquang@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ПРОГНОЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ПРИ ОТРАБОТКЕ ПОДКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ УГЛЯ НА ШАХТЕ «НУЙБЕО» (ВЬЕТНАМ)

Определена зона влияния карьера на нижележащие выработки в геологических условиях шахты «Нуйбео» (Вьетнам). Получены компоненты напряжений в подкарьерном массиве и вокруг подкарьерных выработок. Приведены рекомендации по выбору параметров крепи выработок с учетом влияния карьера.

***Ключевые слова*:** зона влияния, распределение напряжения, паспорт крепления.

FORECAST STRESS STATE OF MASS WHEN EXTRACTION COAL RESERVES UNDER OPEN PIT MINE IN THE UNDERGROUND MINING NUI BEO (VIETNAM)

Define the underground extraction zone, which under the influence of open pit mine, on the tunnels in geology conditions of the underground mining Nui Beo. Calculate the components of the stress of the around rocks and tunnels under the pits and given the reasonable parameters of the support passport.

***Keywords*:** affected area, the stress distribution, passport fixing.

Современные проблемы. Запасы угля Вьетнама концентрируются в районе Куангнинь и на равнине Красной реки, в других районах запасы угля невелики. В настоящее время основные запасы угля разрабатываются в районе Куангнинь. Здесь работают пять крупных карьеров: Каошон, Деонай, Кокшау, Нуйбео и Кату.

«Нуйбео» – один из самых крупных карьеров во Вьетнаме, с промышленной мощностью 5 млн т/год. Этот карьер находится в г.Халонге – центре района Куангнинь, рядом с заливом Халонг, поэтому проблема охраны окружающей среды является крайне важной.

По плану до 2015 г. должна закончиться разработка угля открытым способом в г.Халонг. С другой стороны, отработка карьера «Нуйбео» затрудняется из-за нехватки места на отвал горных пород. В настоящее время отвалы находятся между населенными пунктами и нет возможности создать крупные отвалы. На существующих отвалах неоднократно возникали оползни. В связи с этим основной задачей на сегодняшний день является поддержание промышленной мощности карьера «Нуйбео» и снижение влияния горных работ на окружающую среду.

Данная проблема может быть решена путем перехода с разработки месторождения открытым способом на разработку подземным способом, поскольку под карьером имеется значительный объем угля (70-80 млн т). В связи с этим возникают многие задачи, которые необходимо решить. В первую очередь нужно выбрать схему вскрытия угольных пластов и оп-

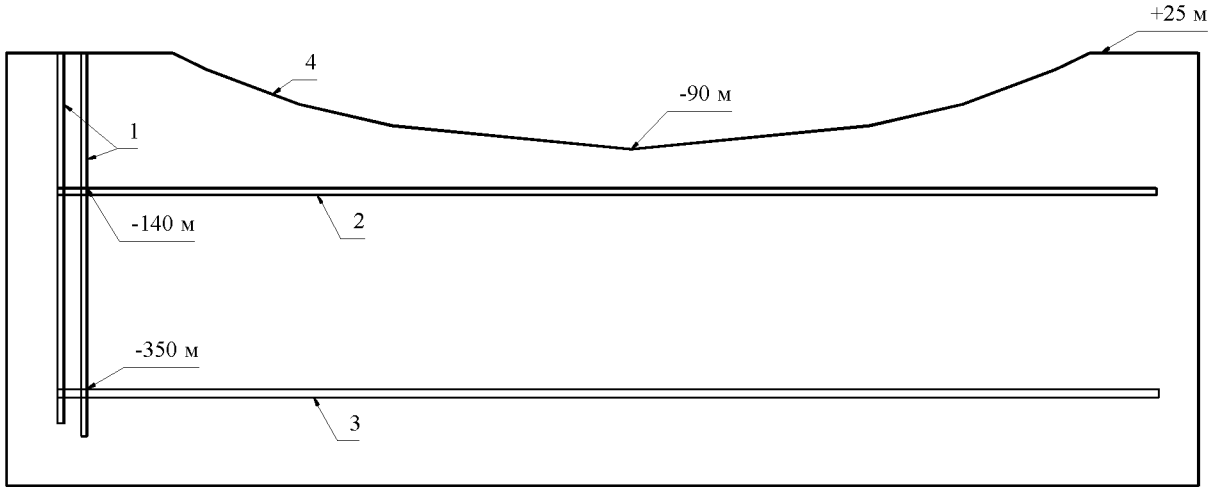


Рис.1. Схема вскрытия шахты «Нуйбео»

1 – вертикальные стволы; 2 – вентиляционный и транспортный квершлаги на отметке –140 м; 3 – вентиляционный и транспортный квершлаги на отметке –350 м; 4 – карьер

ределить место расположения капитальных выработок. При этом нужно учитывать влияние карьера на систему разработки, воздействие на стволы и на другие горные выработки под карьером.

Вскрытие. Шахта «Нуйбео» вскрывается двумя вертикальными стволами (рис.1). Главный вертикальный ствол диаметром 6,0 м проходится от поверхности с отметкой +25 м до отметки –365 м. Вспомогательный вертикальный ствол проходится от поверхности с отметкой +25 м до отметки –360 м. Околоствольные дворы расположены на отметках –140 и –350 м. От околоствольных дворов на отметках –140 и –350 м строятся вентиляционный и транспортный квершлаги.

Прочностные и деформационные характеристики пересекаемых пород приведены в табл.1.

Таблица 1

Физико-механическое свойства пересекаемых пород (по данным проекта шахты «Нуйбео»)

Физико-механические свойства	Порода		
	Песчаники	Алевролиты	Гравелиты
Прочность на сжатие, МПа	95,7	45,3	110,9
Угол внутреннего трения, градус	33	32	34
Объемный вес, кН/м^3	24,0	24,5	24,2
Модуль упругости, МПа	$4\cdot10^{-4}$	$25\cdot10^{-4}$	$8\cdot10^{-4}$
Коэффициент Пуассона	0,25	0,25	0,3

Оценка зоны влияния карьера на массив и нижележащие выработки. При выборе параметров крепи нижележащих выработок необходимо детально рассмотреть влияние карьера на них. Решение задачи выполнено в плоской постановке с использованием метода конечных элементов (рис.2). При этом распределение вертикальных и горизонтальных напряжений в массиве в зависимости от расстояния до карьера рассчитывалось для двух вариантов – при отсутствии и при наличии карьера. Результаты расчета приведены в табл.2. За границу зоны влияния карьера принята область, в котором разница напряжений при наличии карьера и при его отсутствии больше 5 %.

Из данных табл.2 следует, что зона влияния карьера по разрезу 2-2 составляет 200 м, по разрезу 3-3 – 260 м и по разрезу 4-4 – 320 м. Зона влияния карьера в плане приведена на рис.3, а в вертикальном разрезе – на рис.4.

При построении зоны влияния карьера с учетом местонахождения выработок в работе сделан вывод, что многие нижележащие выработки находятся в зоне влияния карьера. В данном случае рассмотрен вентиляционный квершлаг на отметке –140 м длиной 400 м. Нормальные тангенциальные напряжения σ_θ в массиве вокруг незакрепленной выработки могут быть определены по формуле [1]

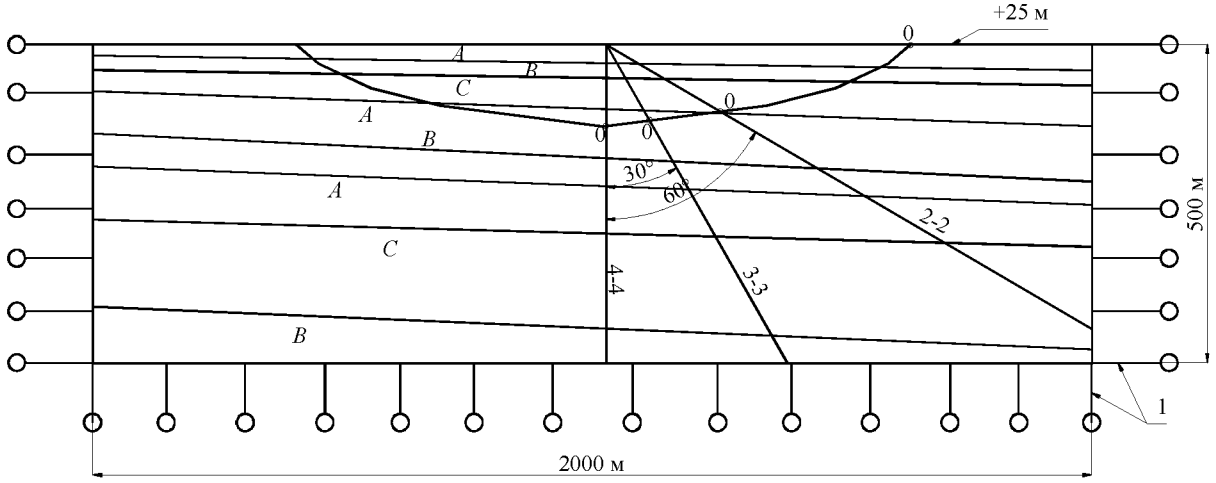


Рис.2. Расчетная схема для оценки влияния карьера на напряженно-деформационное состояние нижележащих выработок

1 – граничные условия; 2-2, 3-3, 4-4 – разрезы, по которым необходимо провести расчеты; 0 – начальная точка расчета; *A*, *B*, *C* – соответственно песчаники, алевролиты и гравелиты

Таблица 2

Распределения вертикальных и горизонтальных напряжений от дна карьера по разрезам 2-2, 3-3, 4-4

Расстояние от дна карьера, м	Наличие карьера						Отсутствие карьера					
	Вертикальное напряжение, МПа			Горизонтальное напряжение, МПа			Вертикальное напряжение, МПа			Горизонтальное напряжение, МПа		
	2-2	3-3	4-4	2-2	3-3	4-4	2-2	3-3	4-4	2-2	3-3	4-4
0	0,13	3,30	0,00	0,50	-0,25	-0,57	2,40	0,08	3,62	1,27	1,45	1,75
20	0,47	3,82	0,42	0,71	0,00	-0,22	2,68	0,35	4,02	1,49	1,72	1,92
40	1,10	4,25	0,83	0,83	0,22	0,12	3,03	0,82	4,47	1,58	2,08	2,16
60	1,59	4,65	1,32	1,00	0,56	0,42	3,37	1,25	4,82	1,72	2,38	2,51
80	2,24	5,05	1,85	1,13	1,01	0,93	3,79	1,66	5,27	1,80	2,61	2,80
100	2,85	5,45	2,34	1,35	1,52	1,47	4,19	2,21	5,72	1,95	2,98	3,04
120	3,70	5,85	2,87	1,55	2,06	1,91	4,73	2,83	6,14	2,16	3,11	3,25
140	4,47	6,20	3,35	1,71	2,58	2,40	5,22	3,20	6,60	2,22	3,29	3,39
160	5,26	6,62	3,96	1,92	2,95	2,84	5,79	3,94	6,85	2,33	3,50	3,66
180	5,92	6,92	4,58	2,13	3,37	3,21	6,32	4,84	7,22	2,45	3,78	3,95
200	6,62	7,20	5,26	2,34	3,66	3,54	6,82	5,86	7,52	2,66	4,04	4,24
220	–	7,63	5,72	2,56	3,95	3,85	–	6,76	7,89	2,72	4,27	4,40
240	–	7,92	6,43	–	4,25	4,06	–	7,35	8,28	–	4,40	4,55
260	–	8,20	7,42	–	4,52	4,38	–	7,95	8,71	–	4,60	4,68
280	–	–	8,25	–	–	4,78	–	–	9,21	–	–	5,05
300	–	–	8,92	–	–	5,08	–	–	9,62	–	–	5,20
320	–	–	9,60	–	–	5,31	–	–	10,04	–	–	5,40

$$\sigma_\theta = \gamma H\left[\frac{1+\lambda}{2}\left(1+\frac{r_0^2}{r^2}\right)-\frac{1-\lambda}{2}\left(1+3\frac{r_0^4}{r^4}\right)\cos 2\theta\right], \quad (1)$$

где H – глубина заложения выработки; γ – средний удельный вес пород в массиве над выработкой; λ – коэффициент бокового распора в нетронутом массиве; r, θ – соответственно радиальная и угловая координата.

Подставляем в выражение (1) значения $r = r_0$, получим нормальные тангенциальные напряжения на контуре сечения выработки:

$$\sigma_\theta = \gamma H\left[(1+\lambda)-2(1-\lambda)\cos\theta\right], \quad (2)$$

где $\lambda = \frac{\mu}{1-\mu} = \frac{0,3}{1-0,3} = 0,43$; $\mu = 0,3$ – коэффициент Пуассона.

Эпюра распределения нормальных тангенциальных напряжений на контуре вентиляционного квершлага (горизонт –140 м) представлена на рис.5.

Анализ расчета показывает, что при отсутствии карьера максимальное тангенциальное напряжение на контуре сечения выработки равно 5,6 МПа, а при наличии карьера – 1,7 МПа. Следовательно, можно уменьшить стоимость крепления выработок за счет применения нового типа крепи. В проекте шахта «Нуйбео» использован моно-



Рис.3. Зона влияния карьера в плане

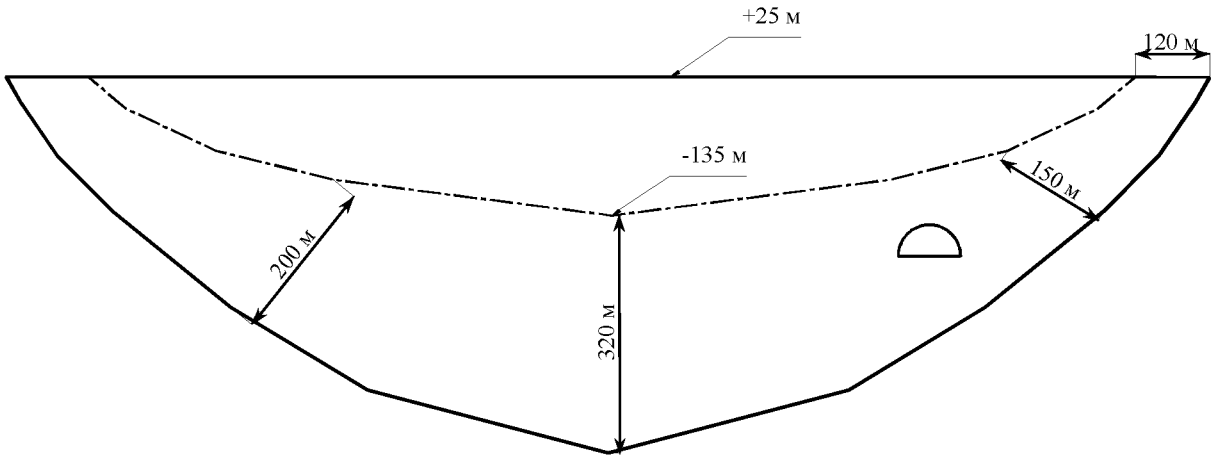


Рис.4. Зона влияния карьера в вертикальном разрезе I-I

– вентиляционный квершлаг; остальные условные обозначения см. рис.2

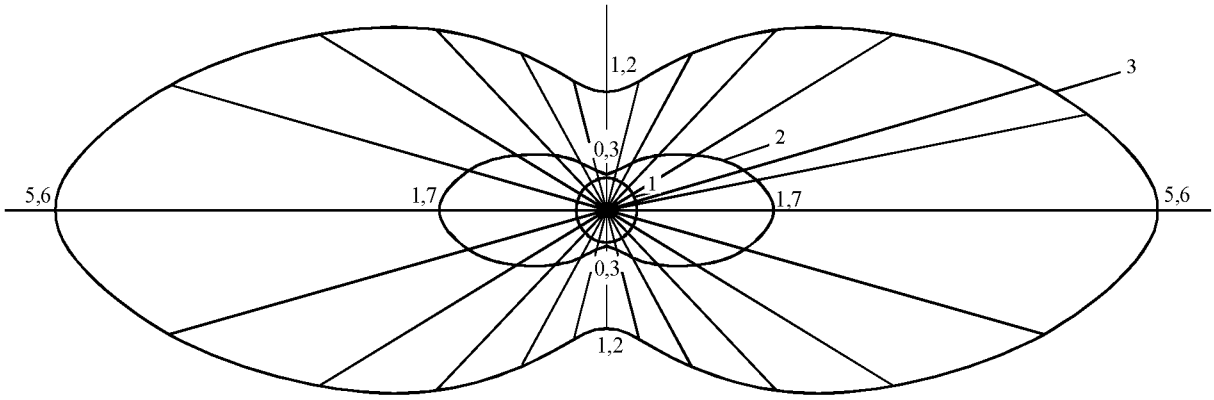


Рис.5. Эпюры распределения нормальных тангенциальных напряжений σ_θ в мегапаскалях на контуре вентиляционного квершлага (горизонт –140 м)

1 – выработка; 2 – эпюра при наличии карьера; 3 – эпюра при отсутствии карьера

литный бетон, а нами предложено применить комбинированную крепь: набрызгбетонную крепь с анкерами. В этих условиях крепь обеспечивает необходимую надежность, а в сравнении с крепью из монолитного бетона будет в 2-3 раза дешевле.

Для расчета всех параметров анкерной крепи была использована методика, приведенная в работе [2, 3]. В данном случае для крепления предлагается использовать полимербетонные анкеры, диаметр арматурного стержня класса А-III составляет 20 мм, длина анкеров равна 1,80 м. Расстояние между штангами 1,3 м. Средняя толщина набрызгбетонного покрытия составляет 200 мм.

Результаты исследований и параметры комбинированной крепи предлагаются для использования при проектировании шахты «Нуйбео».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Протосеня А.Г.* Геомеханика / А.Г.Протосеня, О.В.Тимофеев. Санкт-Петербург. горный ин-т. СПб, 2008. 117 с.

2. *Тимофеев О.В.* Материалы и конструкции крепей горных выработок / О.В.Тимофеев, Д.Н.Петров. Санкт-Петербург. горный ин-т. СПб, 2009. 109 с.

3. *Широков А.П.* Анкерная крепь / А.П.Широков, М.А.Дзауров. М.: Недра, 1990. 205 с.

REFERENCES

1. *Protosenya A.G., Timofeev O.V.* Geomechanics / Saint Petersburg Mining Institute. Saint Petersburg, 2008.117 p.

2. *Timofeev O.V., Petrov D.N.* Materials and construction mining supports / Saint Petersburg Mining Institute. Saint Petersburg, 2009. 109 p.

3. *Shirokov A.P., Dzaurov M.A.* Anchors. Moscow: Nedra, 1990. 205 p.