

УДК 622.831

**В.С. Святецкий, А.В. Стародумов, Д.В. Величко**

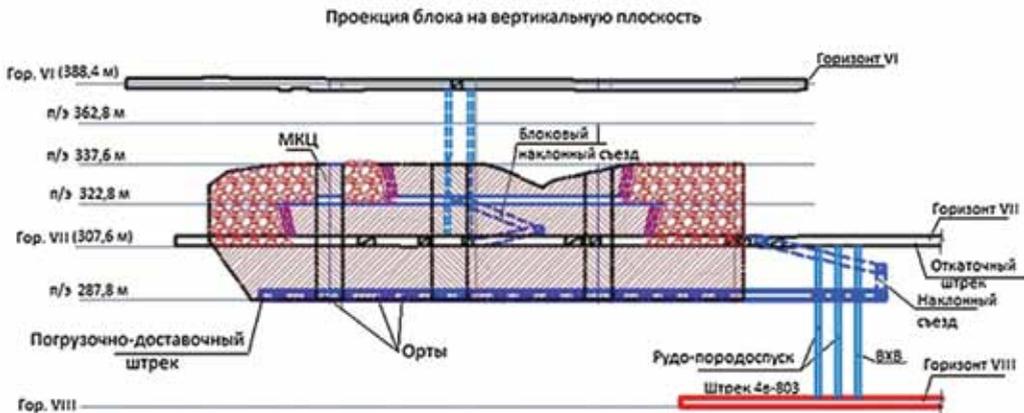
## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПАСНЫХ СМЕЩЕНИЙ ПОТОЛОЧИН И ЦЕЛИКОВ ПРИ ОТРАБОТКЕ БЛОКА КАМЕРНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ**

Определена величина предельных смещений контуров очистной камеры блока 4В-725 рудника «Глубокий» ОАО «ППГХО» при подземной добыче урановых руд камерными технологиями. Определение смещений выполнено с помощью моделирования на основе метода конечных элементов. Результаты моделирования показали значительные смещения контуров камеры, что привело к решению по оставлению трех внутренних рудных целиков на всю высоту камеры, шириной, равной мощности рудного тела и толщиной по 8–10 м. Устойчивость контуров камеры в варианте с оставлением целиков была также определена с помощью моделирования. При этом оказалось, что часть кровли камер, боковых пород и часть рудных целиков имеют смещения, опасные обрушением. Поэтому дана рекомендация провести интенсивную уборку отбитой руды, до начала обрушений. В аналогичных ситуациях следует рассмотреть вариант с оставлением бетонных искусственных целиков, возводимых в опережающем порядке.

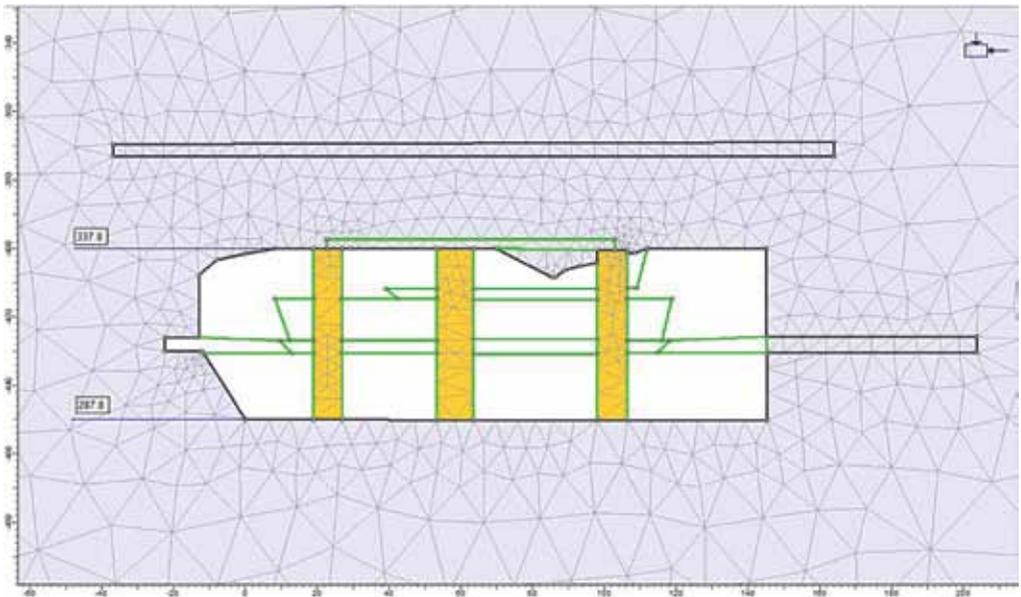
Ключевые слова: камерная система разработки, метод конечных элементов, моделирование, смещения контуров, устойчивость, подземная разработка.

**В**еличину смещений контуров выработок возможно установить с помощью моделирования на основе метода конечных элементов. Рассмотрим моделирование опытного блока 4В-725 рудника «Глубокий» ОАО «ППГХО». Протяженность блока 4В-725 составляет около 200 м. Учи-

тывая большую протяженность камеры и, следовательно, большое обнажение боковых пород и кровли принимается вариант с делением камеры на 4 путем оставления трех вертикальных рудных целиков. Контур блока после полной отработки с оставлением рудных целиков показан на рис. 1.



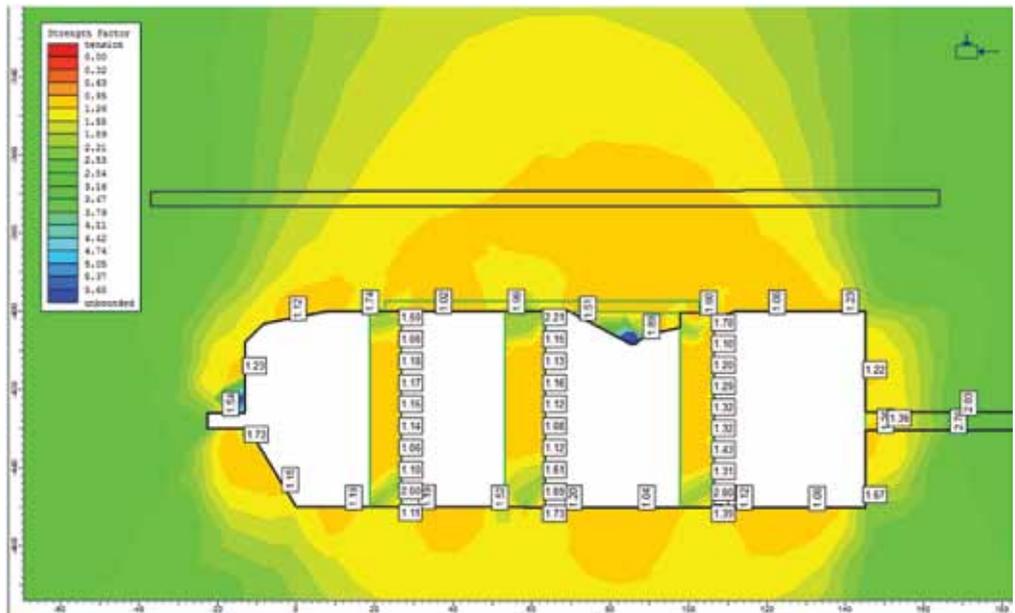
**Рис. 1. Опытный блок 4В-725, вариант с оставлением внутренних рудных целиков**



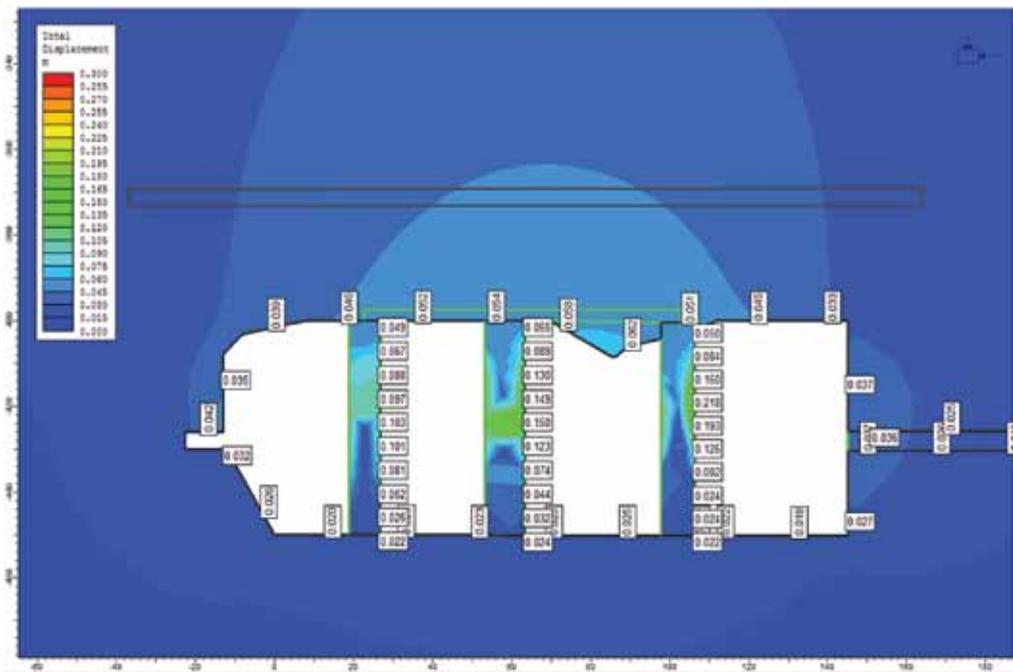
**Рис. 2. Модель опытного блока 4B-725**

Модель с разбивкой вмещающих пород и целиков конечными элементами представлена на рис. 2.

Проведенное моделирование на основе использования МКЭ позволило установить показатели, характеризующие



**Рис. 3. Коэффициент запаса устойчивости**



**Рис. 4. Полные смещения на контуре выработанного пространства**

ющие возможность развития опасных деформаций потолочины и целиков. К этим показателям относятся коэффициент запаса устойчивости ( $K_3$ ), максимальные смещения пород и напряжения по контуру потолочины и целиков.

Результаты расчета при полном выпуске руды из четырех камер блока приведены на рис. 3, 4, 5.

Анализ смещений на рис. 3 показывает, что значения  $K_3$  потолочины составляют по первой камере (справа налево) 1,06; по второй – 1,51; по третьей – 1,02; по четвертой – 1,12. Полученные результаты свидетельствуют о том, что вероятность крупных вывалов потолочины в процессе выпуска руды крайне низка. Значения  $K_3$  по всем трем целикам находятся в диапазоне 1,06–1,10 – 1,61, соответственно их общая устойчивость при выпуске будет обеспечиваться.

Из рис. 4 видно, что смещения по потолочине первой камеры не пре-

вышают 45 мм, второй – 62 мм, третьей – 52 мм и четвертой – 46 мм. В соответствии с методикой ВНИМИ их состояние может характеризоваться как устойчивое и среднеустойчивое. Смещения по высоте первого целика изменяются в диапазоне от 24 до 218 мм, при среднем 93 мм; второго – от 24 до 150 мм, при среднем – 86 мм; третьего – от 22 до 103 мм, при среднем – 69 мм. Соответственно состояние целиков может характеризоваться как среднеустойчивое.

Из рис. 5 видно, что максимальные напряжения по потолочине составляют 24,9–31,1 МПа. Учитывая, что сопротивление породы сжатию составляет 50 МПа, т.е. заметно выше этих напряжений, устойчивость потолочины по данному критерию на период выпуска руды также обеспечивается.

Также выполнен анализ НДС блока после выпуска руды последовательно из первой и второй камеры, результаты

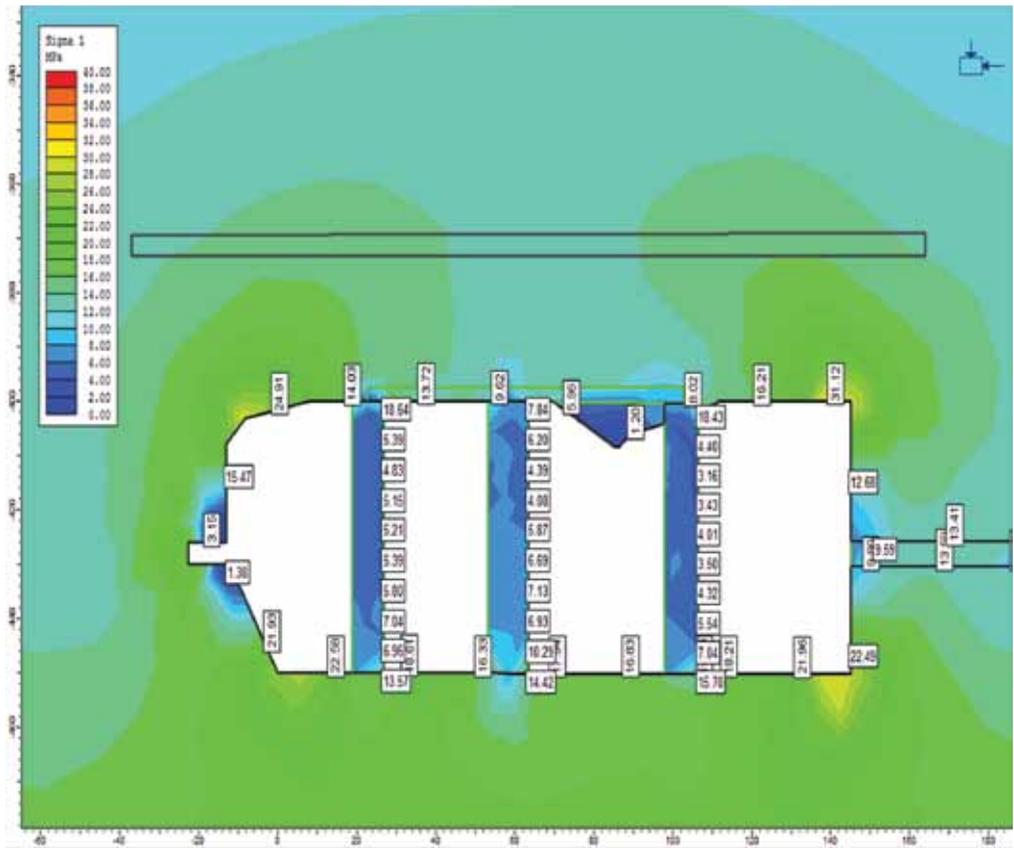


Рис. 5. Максимальные напряжения на контуре выработанного пространства

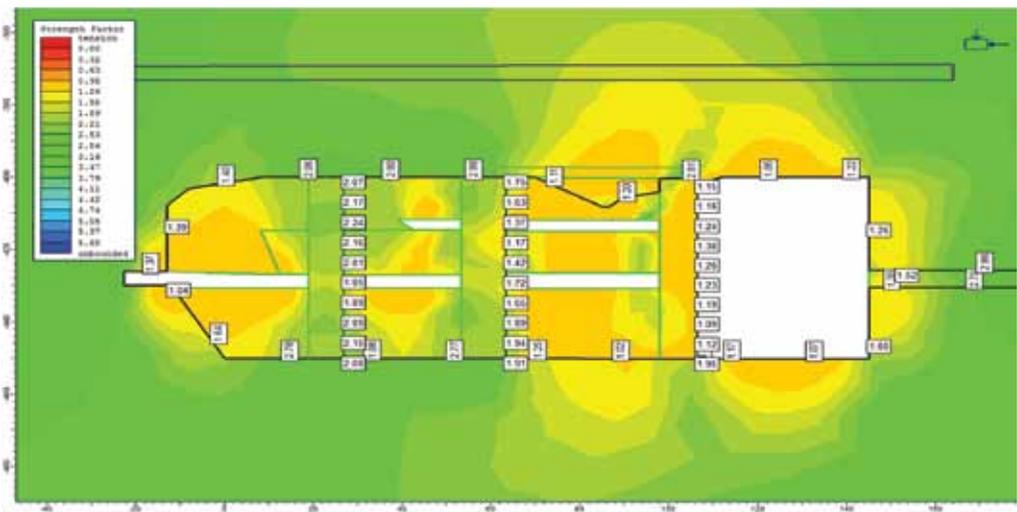
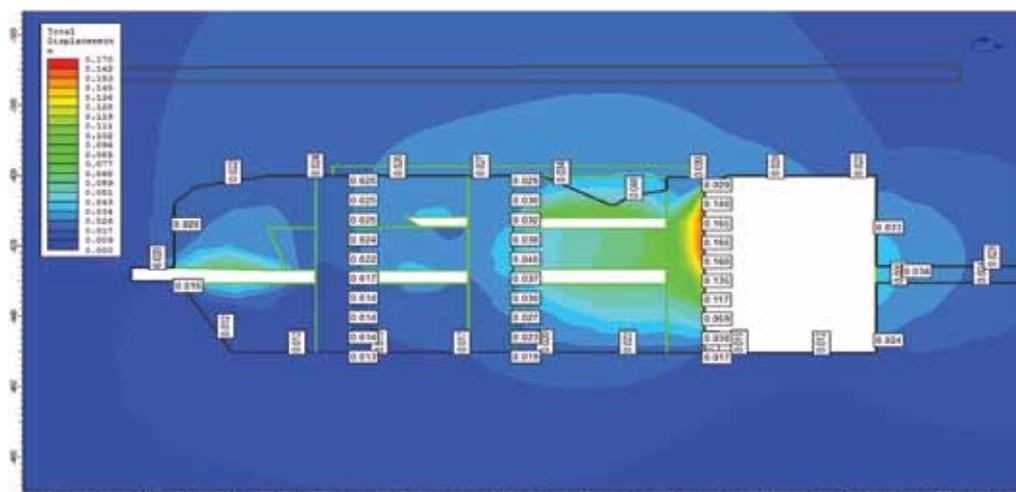


Рис. 6. Коэффициент запаса устойчивости выработанного пространства (начальная стадия выпуска руды)



**Рис. 7. Полные смещения на контуре выработанного пространства (первая стадия выпуска руды)**

моделирования показаны на рис. 6, 7. При этом принято, что вторая камера заполнена взорванной рудной массой.

Из рис. 6 видно, что  $K_3$  по потолочине равен 1,05, а по высоте целика находится в диапазоне 1,09–1,38. Смещения (рис. 7) составляют по потолочине 29 мм, по целику – достигают 165 мм. Полученные результаты свидетельствуют, что устойчивость потолочины обеспечивается, в верхней части целика возможны отслоения породы мощностью 3–4 м, объем вывалов – 200–250 м<sup>3</sup>.

После выпуска рудной массы из двух камер  $K_3$  по потолочине равен 1,04–1,5, по целику на фланге – 1,09–1,38 и в центральном – 1,05–1,13 (рис. 8). Смещения по потолочине составляют 36–59 мм, по целику на фланге достигают 222 мм, и центральному – 155 мм. При наличии двух открытых камер устойчивость потолочины сохраняется, в рудных целиках высока вероятность развития деформаций в виде отслоения и вывала блоков мощностью до 2–3 м. Их общая устойчивость определенный период времени будет обеспечиваться.

## Выводы

1. В результате моделирования величины смещений по вертикальным разрезам блока 4В-725 установлено, что величина смещений кровли и боков камеры превышает по отдельным разрезам 109 мм, 123 мм, 173 мм, что означает значительное обрушение пород и разубоживание рудной массы.

2. Моделирование блока 4В-725 в варианте с оставлением внутренних рудных вертикальных целиков показало, что по некоторым разрезам величина смещений контуров камер превышает 165 мм, 222 мм, 155 мм, что означает также обрушение пород на отбитую рудную массу и увеличение разубоживания.

3. Вертикальные целики так же подвержены смещениям более 100 мм, что свидетельствует о возможности их разрушения за короткий период времени, указывает на необходимость быстрой уборки руды из камер.

4. В условиях высокой вероятности разрушения целиков следует рассмотреть вариант отработки блока с оставлением искусственных целиков из твердеющей закладки.

Святецкий Виктор Станиславович – директор,  
Стародумов Алексей Владимирович – зам. директора по производству,  
Июффе Александр Менделевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,  
ОАО «ВНИПИпромтехнологии»;  
Величко Дмитрий Владимирович – старший преподаватель,  
Российский государственный геологоразведочный университет  
имени Серго Орджоникидзе (МГРИ–РГГУ), e-mail: office@mgri-rggu.ru.

---

UDC 622.831

### ESTIMATE OF GEOMECHANICAL PARAMETERS OF ROCKS ADJACENT TO STOPES

Svyatetskii V.S., Director,  
Starodumov A.V., Deputy Director for Production,  
OJSC VNIPIpromtechnologii;  
Velichko D.V., Senior Lecturer,  
Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze (MGRI-RSGPU),  
e-mail: office@mgri-rggu.ru.

---

*The article deals with estimation of limit displacements of walls in a stope in block 4V-725 in the Gluboky Mine, Priargunsky Mining and Chemical Works, where uranium ore extraction is carried out by room-and-pillar. The displacements are estimated by finite element modeling. The modeling showed essential displacements of the stope walls, which resulted in the decision-making on establishing three internal ore pillars with the height equal to the stope height, width equal to the ore body width and the length of 8–10 m. Stability of stopes with the pillars was also estimated by modeling. It appeared that a part of roof and sidewall rocks as well as a part of the ore pillars experienced caving-hazardous displacements. Therefore it was recommended to remove muck before caving started. In similar cases, it is advised to consider a variant of anticipatory artificial pillars made of concrete.*

*Key words: room-and-pillar mining, finite element method, modeling, wall displacements, stability, underground mining.*



---

## ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

### ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА МИКРОТОННЕЛЕЙ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ КРЕПИ БЛИЗКОРАСПОЛОЖЕННОГО ТОННЕЛЯ

Нгуен Куанг Хюи – аспирант, e-mail: quanghai170687@gmail.com, МГИ НИТУ «МИСиС».

*Предложен подход к определению напряженного состояния и оценке зоны влияния при сооружении выработки с использованием технологии прокола на обделку кругового тоннеля и окружающего массива пород вблизи него. В основу разработанного метода положено аналитическое решение соответствующей плоской задачи теории упругости.*

*Ключевые слова: строительство тоннелей, микротоннелирование, напряженно-деформированное состояние пород, обделка выработки.*

### GEOMECHANICAL ASSESSMENT OF TECHNOLOGY MICROTUNNELS ON CARRYING CAPACITY OF STRUCTURE IS FASTENED CLOSELY SPACED TUNNEL

Nguyen Quang Huy, Graduate Student, e-mail: quanghai170687@gmail.com,  
Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS».

*The approach to the determination of the stress state and the evaluation of zones of influence in the construction of production technology puncture the lining circular tunnel and the surrounding rock mass near him. The basis of the developed method is expected analytical solution of the corresponding plane problem of elasticity theory.*

*Key words: tunnel construction, microtunnelling, stress – strain state of rocks, lining production.*