



УДК 622.831.3:004.942

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРОВ МЕЖДУКАМЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ НА НАПРЯЖЕНИЯ В КРОВЛЕ КАМЕР

Т.С. Савельева¹, В.А. Савельев²

¹кандидат технических наук, доцент кафедры основ конструирования механизмов и машин, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, E-mail: ziborov@nmu.org.ua

²старший преподаватель кафедры программного обеспечения компьютерных систем, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина

Аннотация. В работе проведены исследования напряженного состояния пород в кровле камер с использованием метода конечных элементов, достоверность которых подтверждена натурными экспериментами методом частотной разгрузки и звукометрическим методом.

Ключевые слова: камеры, междукамерные целики, напряженное состояние пород, достоверность теоретических расчетов.

COMPUTER SIMULATION OF THE EFFECT OF INTERCHAMBER PILLARS SIZE ON STRESS STATE OF THE CAMERAS ROOF

T.S. Savelyeva¹, V.A. Savelyev²

¹Ph.D., Associate Professor of Machinery Design Bases Department, State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine, E-mail: ziborov@nmu.org.ua

²Assistant, State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine

Abstract. The paper studied the stress state of rock in the roof of cameras using the finite element method, the accuracy of which is confirmed by physical experiments and sound-frequency discharge method.

Keywords: camera interchamber pillars, the stress state of rocks, the accuracy of the theoretical calculations.

Введение. Возникающие в настоящее время экологические, энергетические, сырьевые, демографические и продовольственные проблемы тесно связаны с наличием и эффективным использованием земельных ресурсов. Земля это и производительная сила в сельском хозяйстве, и основа для строительства и извлечения минерального сырья. Рост добычи полезных ископаемых влечет за собой увеличение числа полостей в земной коре, которые должны быть также эффективно использованы.



Для того, чтобы специально созданные камеры или вторично используемые могли долгое время служить людям, необходимо оставлять в недрах целики, то есть применять камерную систему разработки. Более 30% руды добывается камерной системой, на рудниках цветной металлургии удельный вес этой системы составляет около 25%. Камерная система разработки характеризуется высокими технико-экономическими показателями [1].

В кровле камер, которые создают при разработке месторождений камерно-столбовой системой, возникают растягивающие напряжения. Оценку прочности кровли камер обычно производят по величине именно этих напряжений, так как сжимающие на контуре кровли приближаются к нулю и не могут явиться причиной разрушения конструкции. Разрушение выработки может произойти в целиках под действием высоких сжимающих и касательных напряжений. Концентрацию касательных напряжений в углах сечения снижают путем закругления углов.

В связи со сложностью задачи о напряженно-деформированном состоянии пород вокруг выработок, неравномерностью распределения напряжений вокруг них, нельзя исследовать на прочность кровлю и целики, используя упрощенные методы сопротивления материалов. В настоящее время для расчетов напряжений в подземных конструкциях широко используется метод конечных элементов [2]. Для его использования важным вопросом является подтверждение достоверности теоретических расчетов, выполняемых этим методом.

Цель работы. Целью исследований данной работы является компьютерное моделирование напряженного состояния в кровле камер в зависимости от ширины целиков методом конечных элементов и проверка достоверности теоретических расчетов натурными исследованиями.

Материал и результаты исследований. Известно, что напряжения в целиках зависят от высоты целиков при отношении высоты к ширине не более двух [3]. Следовательно, в расчетах на прочность камер можно не учитывать высоту целиков, если выполняется условие, что высота H и ширина целиков b соотносятся как $H/b > 2$. Важное практическое значение имеют также выводы о том, что увеличение высоты камер относительно ее ширины не вызывает изменения напряжений вокруг них [1, 4]. У выработки большой высоты, в кровле растягивающие напряжения приближаются к нулю, а в стенках нет концентрации напряжений.

В данной работе с помощью компьютерного моделирования проведены исследования влияния ширины междукammerных целиков на напряжения в кровле камер. Использован метод конечных элементов. Расчетная схема представлена невесомой пластиной, ослабленной рядом прямо-



угольных отверстий. В периодически повторяющейся части расчетной схемы гравитационные силы представлены сосредоточенными силами в узлах конечных элементов, находящихся на горизонтальной границе полуплоскости. Вертикальные границы закреплены, и перемещение их исключено. В результате вычислений определяются значения напряжений в центре тяжести каждого элемента.

Исследования проводились для условий гипсовых рудников. Напряжения в кровле камер определены при ширине целиков $b = 1, 3, 5, 8, 10$ и 12 м. Анализ значений σ_x в кровле камеры, позволяет судить о влиянии ширины целиков на напряжения в центре пролета. Результаты исследований показали тенденцию роста растягивающих напряжений в кровле камеры с уменьшением междукamerных целиков. Кроме того, хорошо прослеживается переход сжимающих напряжений в растягивающие для каждого из рассмотренных вариантов исследований. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Растягивающие напряжения σ_x в кровле камеры в зависимости от ширины междукamerных целиков

Ширина целиков, м	1	3	5	8	10	12
Пролет камеры, м	8	8	8	8	8	8
Напряжения σ_x в центре пролета камеры, 10^4 Па	92,7	83,3	73,5	73,0	72,5	72,0
Напряжения σ_x , %	100	90	79,2	78,7	78,2	77,7
Отношение ширины целика к пролету камеры.	0,13	0,38	0,63	1,0	1,25	1,5

Для подтверждения теоретических расчетов использовались методы натуральных измерений: частотной разгрузки и звукометрический. Измерение напряжений в целиках производили в условиях гипсового рудника. Среднее значение напряжения в целике, полученные методом частотной разгрузки, составили $32,4 \cdot 10^4$ Па. Для этих же условий расчетные напряжения в целике по методу конечных элементов - $30,4 \cdot 10^4$ Па. Расхождение между полученными теоретическими расчетами и натурными экспериментами не превышает 10%, что вполне допустимо.

По оценке звукоактивности целиков звукометрическим методом произведено ряд опытов в лабораторных условиях. Проведены исследования звукоактивности образцов гипса. Звукоактивность определяли с помощью звукового индикатора разрушения ЗИР-1. Эти опыты показали, что фактические напряжения в целиках, полученные звукометрическим методом,



соответствуют расчетным. Проведенные исследования показали достоверность результатов расчетов методом конечных элементов.

Вывод. Проведенные исследования показали, что ширина целиков b оказывает существенное влияние на напряжения в кровле камер только в том случае, если целик значительно меньше пролета камеры a . Это влияние сказывается только в том случае, когда $b/a < 0,6$. В практике рудников отношение $b/a < 0,4$ не встречается. При таком отношении напряжения в кровле серии камер на 12-15% больше чем у одиночной камеры. Эта величина лежит в пределах точности подобных расчетов. Следовательно, в расчетах на прочность пролетов серии камер можно использовать данные о напряжениях, возникающих в кровле одиночной камеры, находящейся в аналогичных условиях, либо внести соответствующие поправки в эти расчеты в соответствии с данными исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисенко С.Г. Технология подземной разработки рудных месторождений: учеб. для вузов / С.Г. Борисенко. – К.: Вища школа, 1987. – 262 с.
2. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошных сред / О.К. Зенкевич, И.К. Ченг. – М.: Недра, 1974. – 230 с.
3. Хмарский В.В. Выбор рациональной высоты камер при разработке мощных крутых рудных месторождений / Хмарский В.В. // Автореферат кандидатской диссертации. – Днепропетровск, 1981. – 20 с.
4. Борисенко С.Г. Расчет междукамерных целиков на устойчивость / С.Г. Борисенко, В.В. Хмарский // Горный журнал. – М., 1978. – № 10. – С. 21 – 25.

УДК 681.518.25

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДСТАНІ КУЛЬБАКА-ЛЕЙБЛЕРА У ЗАДАЧАХ МОДЕЛЮВАННЯ У КРЕДИТНОМУ СКОРИНГУ

О.М. Солошенко¹

¹аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна, e-mail: soloshenko_s@ukr.net

Анотація. В роботі проведено теоретичне дослідження пошуку взаємозв'язку класичної відстані Кульбака-Лейблера та загальноприйнятих статистичних показників, що відображають щонайменше два напрямки практичного застосування у задачах бінарної класифікації, зокрема у задачах кредитного скорингу. Наведено особливості включення відстані Кульбака-Лейблера у розрахунок ключових індикаторів кредитного скорингу.

Ключові слова: відстань Кульбака-Лейблера, похідна Радона-Нікодима, ентропія, кредитний скоринг, скорингова карта, значення інформації, індекс стабільності популяції.

