

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КРЕПИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Прозорова Ю.А.¹

¹Шахтинский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова», г. Шахты, Россия, (346500, Шахты Ростовской обл. пл. Ленина, д.1), e-mail: Juli0406@yandex.ru

Для выявления механизма взаимодействия средств крепления и охраны подготовительных выработок целиками угля были проведены исследования НДС массива горных пород в окрестности подготовительной выработки методом конечных элементов. При исследовании напряженно деформированного состояния горных пород была принята теория прочности Кулона – Мора, также известная, как теория внутреннего трения. Методикой предусматривалось исследование влияния ширины целика угля и типа крепи подготовительной выработки на интенсивность напряжений и размер зоны неупругих деформаций (ЗНД) в кровле выработки. Была выявлена зависимость интенсивности напряжений в кровле подготовительной выработки от типа крепи и способа ее охраны целиками угля различной ширины на глубине заложения 500 м, а также зависимость влияния ширины целика угля на интенсивность эквивалентных напряжений в кровле подготовительной выработки на различной глубине заложения, в условиях работы анкерно-рамной крепи. Для оценки влияния работы различных типов крепи на ЗНД была получена зависимость влияния ширины целика на величину ЗНД в кровле подготовительной выработки, закрепленной анкерной, рамной и анкерно-рамной крепью. По данным исследований определены наиболее эффективные типы крепи в условиях охраны подготовительных выработок целиками угля.

Ключевые слова: интенсивность напряжений, охрана выработки, целик, зона неупругих деформаций, подготовительная выработка.

RESEARCH INTO EFFICIENCY OF SUPPORTS IN DEVELOPMENT FACES

Prozorova Y.A.¹

¹South-Russia State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, street Lenin Square № 1, e-mail: Juli0406@yandex.ru

Stressedly deformed conditions of rock in the vicinity of development faces have been studied with the method of final elements with the aim of revealing the mechanism of interaction of supporting facilities and protecting development faces with coal pillars. Investigation of rock was based on Mohr-Coulomb theory of strength also known as the theory of internal friction. The procedure provided the study of the influence of pillar width and type of support in development faces on the intensity of stresses and dimensions of the area of inelastic deformation in the face roof. Relation of intensity of stresses in the roof of the development face in the type of support and method of protecting the face with coal pillars of different width at a depth of 500 – 1000 m has been revealed. Also relation different types of support to the dimensions of stressedly deformed area has been determined. Estimation of relation of support function in to the stressedness of rock showed anchor and frame support to be the most efficient. The research conducted with make it possible to define the most efficient types of support in the conditions of protection of development faces with coal pillars.

Keywords: intensity of stress, protection of face, coal pillar, massif, area of non-elastic deformation, development face.

Обеспечение устойчивости подготовительных выработок в зоне влияния очистных работ является одной из основных проблем повышения технико-экономической эффективности подземной угледобычи.

Научные исследования и практика работы шахт показывают, что современным требованиям экономически эффективной и безопасной угледобычи на шахтах Российского Донбасса, разрабатывающих пологие угольные пласты мощностью 0,85-2,0 м, наиболее полно отвечает технология сохранения выработок для повторного использования при

применении эффективных анкерно-рамных крепей, крепей усиления при охране выработок угольными целиками малых размеров [4].

Для выявления эффективности работы средств крепления подготовительных выработок при рациональном выборе параметров их охраны были проведены исследования напряженно деформированного состояния (НДС) массива пород в окрестности подготовительной выработки методом конечных элементов (МКЭ) [1].

Для выявления механизма взаимодействия средств крепления и охраны подготовительных выработок целиками угля были проведены исследования НДС массива пород в окрестности подготовительной выработки методом конечных элементов.

При исследовании напряженно деформированного состояния горных пород была принята теория прочности Кулона – Мора, также известная, как теория внутреннего трения. Данная теория применяется для горных пород, у которых предел прочности на сжатие больше в 7 – 12 раз предела прочности на растяжение. Исследования выполнялись в условиях плоской упругой модели [5], что вполне приемлемо, так как сечение подготовительной выработки не меняется на расстоянии 5-6 пролетов выработки. Для исследования НДС вокруг подготовительной выработки из массива выделен участок с размером $40 \times 40 \times 1$ м. Вычисления выполнялись для реальных горно-геологических условий отработки пласта i_2 , разрабатываемого семью шахтами Российского Донбасса. Форма выработки – прямоугольная.

Интенсивность нагрузки на почву пласта за пределами охранной конструкции задавалась по формуле $q_{\max} = 0,2\rho \cdot g \cdot H \cdot t$,

где: ρ – средневзвешенная плотность вышележащей толщии пород принята 2661 кг/м^3 ;

g – ускорение свободного падения;

H – глубина расположения выделенного участка, $H = 461$ м;

t – толщина моделируемого участка, $t = 1$ м.

Методикой предусматривалось исследование влияния ширины целика угля и типа крепи подготовительной выработки на интенсивность напряжений и размер зоны неупругих деформаций (ЗНД) в кровле выработки.

Исследования проводили для целиков угля шириной (м) – 4; 6; 10; 12; 15; 17,5. В расчетах использовалась анкерная крепь распределенного закрепления, рамная и анкерно-рамная крепи со всеми присущими им физико-механическими характеристиками.

На первом этапе исследований изучалось влияние типа крепи и размеров целика угля на интенсивность эквивалентных напряжений (N_e) в кровле подготовительной выработки [2], [3]. Интенсивность напряжений оценивалась как отношение величины

эквивалентных напряжений (ИЭН) к площади кровли ограниченной шириной выработки, равной 5×3 м.

В табл. 1 приведены результаты расчетов ИЭН в кровле выработки в зависимости от типа крепи подготовительной выработки при ее охране целиками угля различной ширины на глубине заложения 500 м.

Таблица 1

Интенсивность напряжения в кровле выработки в зависимости от типа крепи подготовительной выработки при ее охране целиками угля различной ширины на глубине заложения 500 м

Вид крепи	без крепи					
Ширина целика, l (м)	4	6	10	12	15	17.5
Интенсивность напряжений, $N_e (\times 10^6 \text{ Па})$	4.336	3.278	2.041	1.655	1.57	1.487
Вид крепи	рама					
Ширина целика, l (м)	4	6	10	12	15	17.5
Интенсивность напряжений, $N_e (\times 10^6 \text{ Па})$	4.245	3.217	1.996	1.648	1.552	1.452
Вид крепи	анкера распределенного закрепления					
Ширина целика, l (м)	4	6	10	12	15	17.5
Интенсивность напряжений, $N_e (\times 10^6 \text{ Па})$	4.294	3.184	2.037	1.655	1.489	1.422
Вид крепи	анкерно-рамная крепь					
Ширина целика, l (м)	4	6	10	12	15	17.5
Интенсивность напряжений, $N_e (\times 10^6 \text{ Па})$	3.872	3.05	1.817	1.554	1.451	1.401

По данным табл. 1 построен график (рис. 1) зависимости интенсивности напряжений в кровле подготовительной выработки от типа крепи и способа ее охраны целиками угля различной ширины на глубине заложения 500 м.

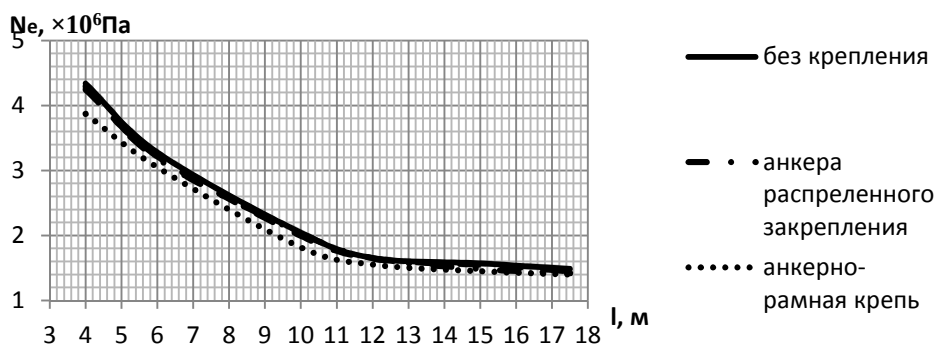


Рис. 1. Зависимость интенсивности напряжений в кровле подготовительной выработки от типа крепи и способа ее охраны целиками угля различной ширины на глубине заложения 500 м

Анализ зависимости приведенной на рис. 1 показывает, что с увеличением ширины целика ИЭН уменьшается до ширины целика равной 12 м. Дальнейшее увеличение ширины целика не дает существенного снижения напряжений и может быть признано оптимальным в данных условиях.

Исследования показали, что уровень влияния ширины целика на ИЭН значительно выше, чем влияние типа крепления горной выработки, причем наибольшее влияние из исследуемых видов крепи оказывает анкерно-рамная крепь. Уровень ее влияния составляет примерно 10% от уровня влияния целиков угля.

Аналогичные исследования производились на глубине заложения (м) – 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000. В качестве крепи усиления использовалась анкерно-рамная крепь.

По результатам исследований построен график (рис. 2) зависимости влияния ширины целика угля на ИЭН в кровле подготовительной выработки на различной глубине заложения, в условиях работы анкерно-рамной крепи.

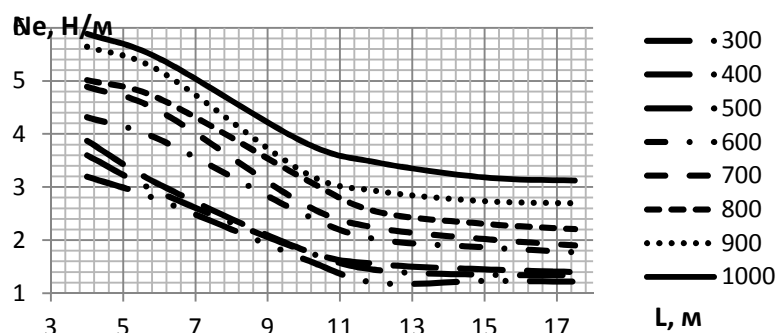


Рис. 2. Зависимость влияния ширины целика угля на интенсивность эквивалентных напряжений в кровле подготовительной выработки на различной глубине заложения, в условиях работы анкерно-рамной крепи

Анализ зависимости приведенной на рис. 2 показывает, что с увеличением ширины целика ИЭН уменьшается до ширины целика равной 12 м, причем почти не зависит от глубины заложения.

На втором этапе исследований изучалось влияние типа крепи и размеров целика угля на величину зоны неупругих деформаций кровли подготовительной выработки. Для этого рассматривалось влияние размера целика угля на величину зоны неупругих деформаций в кровле подготовительной выработки. За величину ЗНД принималась площадь ограниченная

шириной выработки равной 5м и высотой 3м, в пределах которой коэффициент запаса прочности породы меньше единицы (согласно теории прочности Кулона-Мора).

На рис. 3 представлен график зависимости влияния ширины целика на величину ЗНД в кровле подготовительной выработки, закрепленной различными видами крепи.

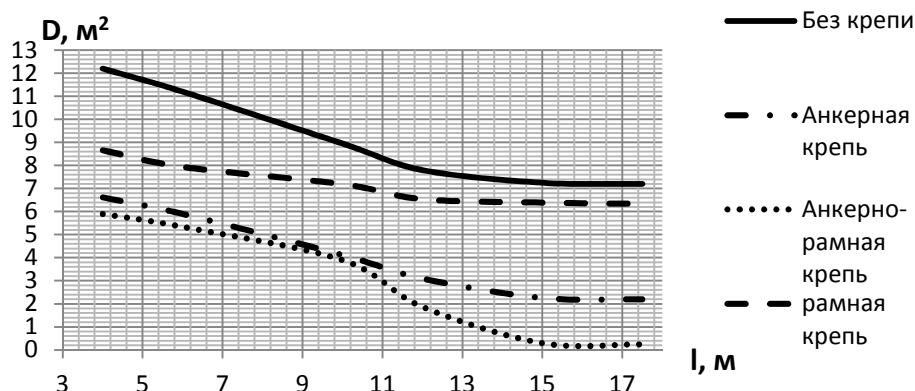


Рис. 3. Зависимость влияния ширины целика и на величину ЗНД в кровле подготовительной выработки, закрепленной различными видами крепи

Как видно из рис. 3 наибольшее влияние на величину ЗНД оказывает анкерно-рамная крепь. Установлено так же, что интенсивность влияния ширины целика на ЗНД оказывает до 10 м, дальше с увеличением ширины целика более 10 м данное влияние уменьшается.

Если принять незакрепленную выработку за эталон, то отношение площади ЗНД в кровли незакрепленной выработки к площади ЗНД в кровле выработки усиленной анализируемой крепью может быть принято коэффициентом ее эффективности работы в массиве ($K_{эф}$). В табл. 1 представлены результаты исследований влияния ширины целика на эффективность работы крепи подготовительной выработки на глубине залегания 500 м.

Таблица 2

Результаты исследований влияния ширины целика на эффективность работы крепи подготовительной выработки на глубине залегания 500 м

Площади зон неупругих деформаций (m^2)/ $K_{эф}$				
Ширина целика, l (м)	Незакрепленная выработка	Анкерная крепь	Анкерно-рамная крепь	Рамная крепь
4	12.2/ 1	6.62/ 1.84	5.9/ 2.06	8.67/ 1.4
6	11.2/ 1	5.9/ 1.89	5.34/ 2.09	7.95/ 1.4
10	8.95/ 1	4.12/ 2.17	3.9/ 2.29	7.2/ 1.24
12	7.8/ 1	3.1/ 2.52	1.87/ 4.17	6.55/ 1.19
15	7.25/ 1	2.26/ 3.2	0.3/ 24.16	6.4/ 1.13
17.5	7.2/ 1	2.2/ 3.27	0.25/ 28.8	6.35/ 1.14

Анализ табл. 2 показывает, что наиболее эффективно работает анкерно-рамная крепь, так как коэффициент эффективности ее работы наиболее высокий.

Анализируя результаты в целом, следует отметить:

1. С увеличением ширины целика интенсивность эквивалентных напряжений (ИЭН) уменьшается и при ширине равной 12 м, дальнейшее его увеличение не значительно влияет на ИЭН.
2. Анализ влияния ширины целика на величину зоны неупругих деформаций (ЗНД) в кровле выработки показал, что его влияние сказывается до ширины равной 10 м, дальнейшее увеличение целика не эффективно.
3. Исследование влияния типа крепи на величину ЗНД в кровле выработки показали, что наиболее эффективной является анкерно-рамная крепь. При этом эффективность работы крепи определялась ее коэффициентом эффективности равным отношению площади ЗНД в кровли незакрепленной выработки к площади ЗНД в кровле выработки закрепленной анализируемой крепью.

Проведенные исследования позволяют выбрать наиболее эффективную крепь подготовительной выработки при ее охране целиками угля.

Список литературы

1. Зинкевич О.К. Метод конечных элементов в технике: Ил. – М., 1968. – 240с.
2. Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. Охрана и ремонт горных выработок – М.: Недра, 1990. – 218с.
3. Руководство по управлению горным давлением на выемочных участках шахт Восточного Донбасса. – Шахты: Шахт НИУИ, 1992. – 214с.
4. Ткачев В. А., Беликов А.В. Прогнозирование смещений пород кровли в выемочных выработках за первым очистным забоем в зависимости от основных горно-геологических и горнотехнических факторов. – В сб. трудов: Научно-технические проблемы разработки месторождений полезных ископаемых, шахтного и подземного строительства. – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГПУ (НПИ), 2006. – 352с.
5. Ткачев В. А., Страданченко С.Г., Привалов А.А. Эффективные способы крепления и поддержания горных выработок на основе ресурсосберегающих технологий. – Ростов н/Д: Изв. вузов Сев.-Кавк. регион, 2005.

Рецензенты:

Игнатов В.Н., д.т.н., профессор, директор Научно-исследовательского и проектного института ООО "Недра", г. Новочеркасск;

Титов Н.В., д.т.н., профессор кафедры ТКГСМП Шахтинского института (филиал) ФГБОУ ВПО «Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М. И. Платова», г. Шахты.