

В.А. Ткачев, Ю.А. Прозорова**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА КРЕПИ
И СПОСОБА ОХРАНЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ
ВЫРАБОТКИ НА НАПРЯЖЕННО
ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ
ВМЕЩАЮЩЕГО МАССИВА**

Дан анализ применяемых способов и средств крепления подготовительной выработки. Приведены исследования влияния типа крепления и охраны подготовительных выработок на интенсивность напряжения в кровле выработки. Получены уравнения связи между интенсивностью напряжений в кровле выработки и шириной целика. Выявлены наиболее эффективные параметры крепления и охраны подготовительной выработки.

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

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

В настоящее время имеется целый ряд способов и средств крепления и охраны для обеспечения устойчивости подготовительных выработок. В Российском Донбассе наибольшее распространение получили способы охраны подготовительной выработки целиками угля и тумбами БДБ.

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 анкерных и рамных крепей, крепей усиления при охране выработок угольными целиками малых размеров и искусственными охранными конструкциями [1].

Одной из важных задач, решаемых горной наукой, является определение зоны разрушения породного массива в окрестности выработки и целиках. Форма и размеры зоны разрушения зависят от действующих напряжений и прочности пород. Существует несколько способов определения напряжений, действующих в породном массиве. Одним из них является аналитический – метод конечных элементов (МКЭ). Этот метод позволяет рассматривать напряжения и перемещения в неоднородной среде, учитывая отдельно деформационные показатели искусственного ограждения и слагающих массивов пород [2].

Для выявления эффективности работы средств крепления и охраны подготовительных выработок были проведены исследования напряженно деформированного состояния (НДС) массива пород в окрестности подготовительной выработки МКЭ.

При исследовании напряженно деформированного состояния горных пород была принята теория прочности Кулона–Мора, также известная, как теория внутреннего трения. Из

Таблица 1

Интенсивность напряжения в кровле выработки в зависимости от типа крепи подготовительной выработки при охране выработки целиками угля различной ширины

Вид крепи	Без крепи					
Ширина целика, l (м)	4	6	10	12	15	17,5
Интенсивность напряжений, Ne (Н/м)	4,336	3,278	2,0412	1,6544	1,57	1,487
Вид крепи	Рама					
Ширина целика, l (м)	4	6	10	12	15	17,5
Интенсивность напряжений, Ne (Н/м)	4,2448	3,217	1,9963	1,6479	1,552	1,4519
Вид крепи	Анкера распределенного закрепления					
Ширина целика, l (м)	4	6	10	12	15	17,5
Интенсивность напряжений, Ne (Н/м)	4,294	3,184	2,0368	1,6544	1,489	1,422
Вид крепи	Анкерно-рамная крепь					
Ширина целика, l (м)	4	6	10	12	15	17,5
Интенсивность напряжений, Ne (Н/м)	3,87119	3,05	1,81717	1,554	1,451	1,4005

массива выделен участок с размерами $40 \times 40 \times 1$ м. Вычисления выполнялись для реальных горно-геологических условий отработки пласта i_2 , разрабатываемого семью шахтами Российского Донбасса. Форма выработки – прямоугольная, глубина заложения 500 м.

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 – средневзве-

шенная плотность вышележащей толщи пород, была принята 2661 кг/м^3 ; g – ускорение свободного падения; H – глубина расположения выделенного участка, $H = 461$ м; t – толщина моделируемого участка, $t = 1$ м [4].

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

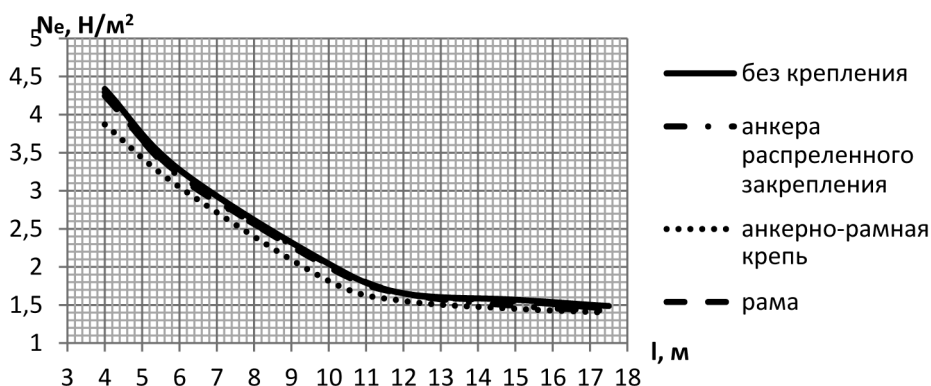


Рис. 1. Зависимость интенсивности напряжений в кровле подготовительной выработки от типа крепи и способа охраны целиками угля различной ширины

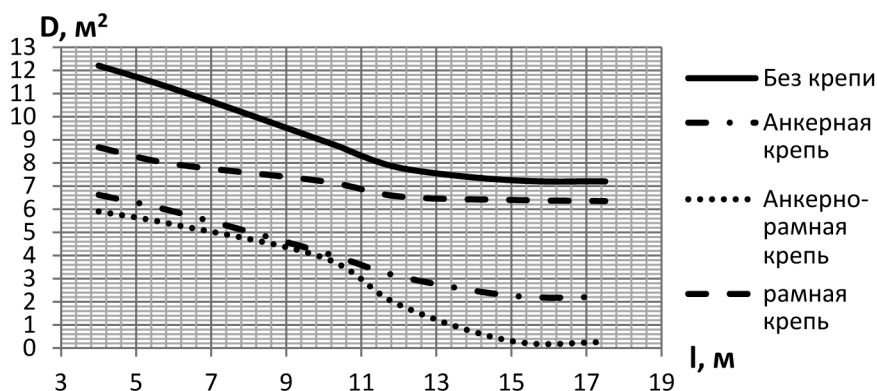


Рис. 2. Зависимость влияния ширины целика и на величину ЗНД в кровле подготовительной выработки, закрепленной различными видами крепи

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 в кровле подготовительной выработки. Интенсивность напряжений оценивалась по отношению их величины к площади ограниченной шириной выработки, равной 5 м и высотой 3 м. В табл. 1 приведены результаты расчетов интенсивности напряжений в кровле выработки в зависимости от типа крепи подготовительной выработки при охране выработки целиками угля различной ширины.

По данным табл. 1 построен график (рис. 2) зависимости интенсивности напряжений в кровле подготовительной выработки от типа крепи и способа охраны целиками угля различной ширины.

Исследования показали, что уровень влияния ширины целика на интенсивность напряжений значительно выше, чем влияние типа крепления горной выработки, причем наиболь-

шее влияние из исследуемых видов крепи оказывает анкерно-рамная крепь.

Анализ зависимости приведенной на рис. 1 показывает, что с увеличением ширины целика интенсивность напряжений уменьшается до ширины целика равной 10 м. Дальнейшее увеличение ширины целика не дает существенного снижения напряжений, и может быть признано оптимальным в данных условиях.

Связь между интенсивностью напряжений и шириной целика описывается зависимостью $y = -0,0002x^4 + 0,0069x^3 - 0,0709x^2 - 0,133x + 5,1451$.

Для оценки величины ЗНД в кровле подготовительной выработки на втором этапе исследований рассматривалось влияние размера целика угля на величину зоны неупругих деформаций в кровле подготовительной выработки. Величина ЗНД оценивалась по ее площади ограниченной шириной выработки равной 5 м и высотой 3 м.

Анализ результатов расчетов показал, что установка анкерно-рамной крепи снижает интенсивность эквивалентных напряжений в кровле выработки относительно незакрепленной выработкой на 9,5%, установка

трубчатой анкерной крепи снижает на 5,1%, а установка рамной крепи на 2,5%.

На рис. 2 представлен график зависимости влияния ширины целика на величину ЗНД в кровле подготовительной выработки, закрепленной различными видами крепи.

Как видно из рис. 2 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. Следует отметить, что при ширине целика более 15 м, напряженно деформированное состояние кровли выработки практически не меняется.

Второй задачей исследования является оценка влияния охраны подготовительной выработки тумбами БДБ и влияние типов крепи выработки на интенсивность напряжений в ее кровле.

Рассматривалось влияние тумб БДБ на интенсивность эквивалентных напряжений в кровле подготовительной выработки по двум вариантам их установки. В первом варианте тумбы устанавливались вплотную в 2 ряда, на расстоянии 1,16 м от контура штрека. Во втором варианте установки добавился третий ряд тумб, расположенный в штреке на расстоянии 2 м от бермы [5]. В табл. 2 приведены результаты расчетов интенсивности напряжений в кровле подготовительной выработки в зависимости от типа

крепи подготовительной выработки при охране выработки двумя рядами тумб БДБ.

Как видно, эффективней всего работает анкерно-рамная крепь, а менее эффективно – рамная крепь.

В табл. 3 приведены результаты расчетов интенсивности напряжений в кровле выработки в зависимости от типа крепи подготовительной выработки при охране выработки тремя рядами тумб БДБ.

Анализ результатов расчетов, приведенных в табл. 3, показал, что в зоне очистных работ эффективней всего так же работает анкерно-рамная крепь. При установке анкерной крепи распределенного закрепления снижение интенсивности эквивалентных напряжений в кровле выработки составила 10%.

На рис. 3 приведена диаграмма отражающая соотношение интенсивности эквивалентных напряжений в кровле подготовительной выработки, при охране 2 и 3 рядами тумб БДБ.

Из диаграммы следует, что на интенсивность напряжений наибольшее влияние оказывает анкерная и анкерно-рамная крепь, а рамная крепь имеет несколько меньшее влияние. Наибольший уровень влияния интенсивности напряжений в кровле выработки был получен при охране выработок тремя рядами тумб, один из которых находится в штреке на расстоянии 2 м от бермы, и еще 2 ряда тумб расположенных вплотную на расстоянии 1,16 м от контура штрека.

Таблица 2

Интенсивность эквивалентных напряжений в кровле подготовительной выработки в зависимости от типа крепи подготовительной выработки при охране выработки 2 рядами тумб БДБ

Число рядов тумб БДБ	Интенсивность эквивалентных растягивающих напряжений σ_e , Н/м			
	без крепления	рама	анкера распределенного закрепления	анкерно-рамная крепь
2	9,93	9,69	9,43	8,99

Таблица 3

Интенсивность эквивалентных напряжений в кровле подготовительной выработки в зависимости от типа крепи подготовительной выработки при охране выработки 3 рядами тумб БДБ

Число рядов тумб БДБ	Интенсивность эквивалентных растягивающих напряжений N_e , Н/м			
	без крепления	рама	анкера распределенного закрепления	анкерно-рамная крепь
3	9,14	9,06	8,5	8,08

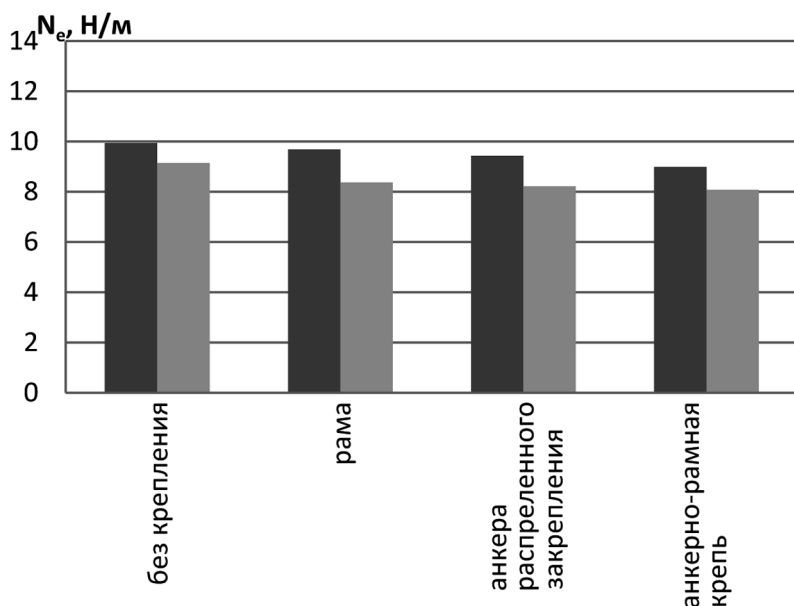


Рис. 3. Диаграмма интенсивности эквивалентных напряжений в кровле подготовительной выработки, при охране 2 и тремя 3 тумб БДБ

Анализ приведенных исследований показал:

1. Уровень влияния ширины целика на интенсивность напряжений в кровле выработки значительно выше, чем влияние типа крепления горной выработки, причем наибольшее влияние из исследуемых видов крепи оказывает анкерно-рамная крепь, аналогичное влияние оказывает анкерно-рамная крепь и на ЗНД в кровле выработки;

2. С увеличением ширины целика интенсивность напряжений уменьшается до ширины целика равной 10 м. Дальнейшее его увеличение не дает существенного снижения напряжений

может быть признано наиболее эффективной в данных условиях;

3. При охране подготовительной выработки тумбами БДБ наибольший уровень влияния интенсивности напряжений в кровле выработки был получен при охране выработок тремя рядами тумб, один из которых находится в штреке, и эффективней всего работает анкерно-рамная крепь, а менее эффективно – рамная крепь.

Приведенные выше результаты исследований могут быть использованы при определении устойчивости подготовительных выработок, в зоне влияния очистных работ.

1. 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 / Сборник трудов: Научно-технические проблемы разработки месторождений полезных ископаемых, шахтного и подземного строительства. – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГПУ (НПИ), 2006. – 352 с.

2. Зинкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. – М., 1968. – 240 с.

3. Руководство по управлению горным давлением на выемочных участках шахт Восточного Донбасса. – Шахты: ШахтНИУИ, 1992. – 214 с.

4. Ткачев В.А., Страданченко С.Г., Привалов А.А. Эффективные способы крепления и поддержания горных выработок на основе ресурсосберегающих технологий. – Ростов-на-Дону: Изв. вузов Сев.-Кавк. регион, 2005.

5. Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. Охрана и ремонт горных выработок – М.: Недра, 1990. – 218 с. **ПИБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Ткачев Валерий Александрович – доктор технических наук, профессор, e-mail: tkachev_Valery@yandex.ru,

Прозорова Юлия Александровна – ассистент, e-mail: Juli0406@yandex.ru, Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова».

UDC 622.283.74

RESEARCH INTO INFLUENCE OF TUPE OF SUPPORT AND METHODS OF PROTECTION OF SUPPORT AND METHODS OF PROTECTION OF DEVELOPMENT FACES UPON STRESSEDLY-DEFORMED CONDITION OF BEARING ROCK

Tkachev V.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: tkachev_Valery@yandex.ru, Shakhty Institute (Division), South-Russian State Polytechnic University (Novocherkassk Polytechnic Institute) named after M.I. Platov, Shakhty, Russia, Prozorova Yu.A., Assistant Lecturer, e-mail: Juli0406@yandex.ru, Shakhty Institute (Division), South-Russian State Polytechnic University (Novocherkassk Polytechnic Institute) named after M.I. Platov, Shakhty, Russia.

Analysis of techniques in operation and equipment of supporting development faces is given. Investigation of influence of tupe of supporting and protecting techniques on intensity of stress in face roof is adduced. Equation of relation between intensity of stress in face roof and safety pillar width is produced. The most effective parameters of mine workings support and protection are revealed

Key words: intensity of stress, protection of mining workings, safety pillar, tub of wooden-concrete blocks, massif, area of non-elastic deformation, development face.

REFERENCES

1. Tkachev V.A., Belikov A.V. *Sbornik trudov: Nauchno-tehnicheskie problemy razrabotki mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh, shakhtnogo i podzemnogo stroitel'stva* (Collected Papers: Scientific and engineering problems of exploration of mineral deposits, mine and underground construction), Novocherkassk: UPTs «Nabla» YuRGPU (NPI), 2006, 352 p.

2. Zinkevich O.K. *Metod konechnykh elementov v tekhnike* (Method of Find Elements in Engineering), Moscow, 1968, 240 p.

3. *Rukovodstvo po upravleniyu gornym davleniem na vyemochnykh uchastkakh shakht Vostochnogo Donbassa* (Guide on monitoring rock pressure in working faces in Mines of east Donbass), Shakhty, Shakht-NIUI, 1992, 214 p.

4. Tkachev V.A., Stradanchenko S.G., Privalov A.A. *Effektivnye sposoby krepleniya i podderzhaniya gornykh vyrabotok na osnove resursosberegayushchikh tekhnologii* (Effective supporting and protecting techniques in mine working on the basis of resource-saving technologies), Rostov-na-Donu: Izv. vuzov Sev.-Kavk. region, 2005.

5. Koshelev K.V., Petrenko Yu.A., Novikov A.O. *Okhrana i remont gornykh vyrabotok* (Protection and maintenance of mine workings), Moscow, Nedra, 1990, 218 p.