

СПОСОБ РАЗГРУЗКИ МАССИВА ПОРОД ВОКРУГ ВЫРАБОТКИ ПРИ СПЛОШНОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ НАКЛОННЫХ ПЛАСТОВ ДОНБАССА

Рассматриваются вопросы охраны и поддержания выемочных выработок в зоне влияния очистных работ на примере шахт Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района Донбасса. Проанализированы шахтные исследования проявления горного давления на контур выемочных выработок. Проведено моделирование в этих горно-геологических условиях, выполнен анализ, характеризующий влияние разгрузочной полости на устойчивость выемочной выработки. Построены эпюры напряжений и деформаций, выявляющие эффект разгрузки при сплошной системе разработки наклонных угольных пластов.

Ключевые слова: поддержание выемочных выработок, сплошная система разработки, смещения пород, крепь выработки, напряженно-деформированное состояние, разгрузочная полость.

Введение

Из ряда факторов технического и экономического характера на шахтах Восточного Донбасса все большая доля при отработке тонких угольных пластов приходится на сплошную систему разработки с охраной примыкающих к лаве выработок бутовой полосой или предохранительными целиками.

Опыт работы шахт показал, что с увеличением глубины разработки условия залегания месторождения усложняются, возрастает горное давление, увеличивается напряженное состояние, которое существенно ухудшает условия для поддержания выемочных выработок. Применяемые на шахтах Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района средства крепления и поддержания выработок не обеспечивают их эксплуатационного состояния. Неудовлетворительное состояние выемочных выработок отрицательно влияет на работу транспорта, на безопасность ведения работ, ухудшает условия проветривания, что в свою очередь тормозит процесс добычи угля, снижает темпы проходки и влияет на себестоимость 1 т угля. Поэтому обеспечение устойчивости выработок в зоне влияния очистных работ представляет довольно сложную, трудоемкую и дорогостоящую задачу.

Обеспечение условий для повторного использования выемочных выработок наклонных пластов Донбасса при сплошной

системе разработки является актуальной проблемой, решением которой послужило:

1) выполнение анализа эффективности применяемых способов охраны выемочных выработок применительно к условиям Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района;

2) построение геомеханической модели поведения вмещающих пород, крепежной и охранной конструкций и выполнение ее расчета напряженно-деформированного состояния (НДС).

Решение первой задачи в данном направлении осуществлялось на основании натурных исследований.

Инструментальные наблюдения за деформациями крепи конвейерного штрека проводили на обособленном предприятии (ОП) «Шахта «Золотое» при отработке пласта m_3 горизонта 775 м. Первоначально штрек на протяжении 75 м охранялся по схеме массив угля – накатной костер, блоки из железобетонных тумб (БЖБТ), два ряда бутোকостров. Суммарные смещения кровли-почвы достигли 960 мм. Далее из-за прекращения поставки на шахту БЖБТ на бровке лавы выкладывали накатной костер и два ряда бутোকостров. Конвергенция вмещающих выработку пород достигла 1580 мм, при этом штрек подлежал полному восстановлению.

Конвейерные штреки пластов m_3 горизонта 660 м и k_8 горизонта 775 м ОП «Шахта «Карбонит» охранялись по схеме массив угля – накатной костер, бутовая



полоса. Исследования показали, что интенсивные деформации контура выработки проявлялись в период обрушения кровли пласта m_3 , представленной трещиноватым песчаником мощностью 9–13,8 м. Максимальные смещения величиной до 2450 мм происходили в 20 м позади очистного забоя. При отработке пласта k_8 суммарные смещения кровли-почвы в конвейерном штреке достигли 984 мм. Инструментальные наблюдения показали, что в зоне влияния очистных работ происходило вдавливание боковых стоек арочной крепи в почву выработки. Деформации крепи проявлялись с меньшей интенсивностью. В основном уменьшение поперечного сечения выработки происходило из-за значительной усадки бутовой полосы и залегания пучащих пород почвы.

В процессе отработки пласта l_2 горизонта 660 м ОП «Шахта «Первомайская» наблюдениями было установлено, что в зоне влияния очистных работ деформации контура откаточного штрека происходили при несовпадении направления податливости арочной крепи с преобладающими

смещениями породного контура (рис. 1). Суммарное смещение боковых пород достигло 1195 м. Для увеличения поперечного сечения выработки проводили подрывку почвы, местами перекрепление. Анализ результатов инструментальных наблюдений показал, что со стороны падения пласта происходит скольжение верхняка относительно стойки арочной крепи, а со стороны восстания верхняк и стойка теряют соосность, податливость не реализуется, срез стойки развальцовывается и происходит разрыв хомутов. Такой характер деформаций крепи проявляется из-за контакта верхняка с кровлей в одной точке.

При сравнении результатов исследований было установлено, что значительные деформации крепи происходили при залегании вокруг выработки трещиноватого массива пород. Таким образом, трещиноватость и их свойства являются причинами наличия в породном массиве масштабного эффекта прочностных и деформационных свойств, что подтверждается экспериментами [1–3].



Рис. 1. Фактическое состояние западного откаточного штрека пласта l_2^1 гор. 660 м (в 30 м за лавой)

В основе решения второй задачи лежит принципиально новый способ охраны повторно используемых выемочных выработок в зоне влияния очистных работ, в котором предусматривается снижение напряженно-деформирующего состояния приконтурного массива пород при помощи разгрузочной полости [4]. Технология создания разгрузки предусматривает проведение выемочной выработки под пластом угля с опережением забоя лавы не менее 30 м. Полезное ископаемое над выработкой извлекают одновременно с выемочными работами в лаве. Созданную искусственную полость закрепляют инвентарной крепью и заполняют вспенивающим материалом. На бровке лавы со стороны выработанного пространства выкладывают ряд деревянных костров, выше которых устанавливают обрешную органную крепь.

Для проведения анализа поведения вмещающих пород, крепежной и охранной конструкций и ее напряженно-деформированного состояния применялся метод конечных элементов [5, 6]. Вычисления выполнялись для упругопластической среды с учетом реальных горно-геологических условий

Алмазно-Марьевского геологопромышленного района. Во всех вариантах расчетов моделировалась предложенная схема охраны (рис. 2).

При проведении вычислительного эксперимента параметры разгрузочной полости регулировались в пределах мощности пласта: по высоте от 0,75 до 1,35 м и ширине от 3,4 до 5 м. Высота H расчетной области породы-угольного массива составляла от 40 до 62 м в зависимости от угла падения породных слоев, ширина B – 30 м.

При выполнении анализа полученных результатов рассмотрим эпюры интенсивности напряжений σ_{int} (рис 3). Как видно, распределение напряжений в породах приводит к формированию по краям консоли области опорного давления, а посередине – область пониженных напряжений. По условиям рассматриваемой задачи концентрация напряжений в пене «Карбофил» невозможна, а напряжения в стойках и брусе инвентарной крепи указывают на геометрию зоны пониженных деформаций в породной консоли. То есть данный элемент поддержания выработки выполняет функции демпфера при передаче усилий на арочную крепь.

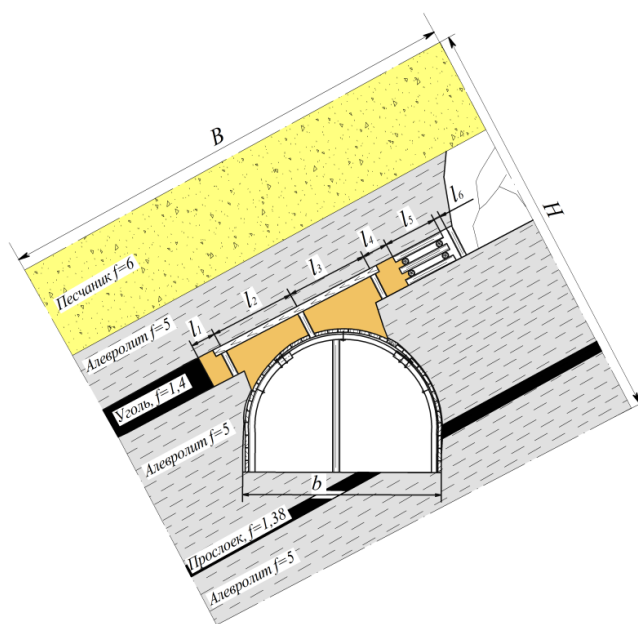


Рис. 2. Расчетная схема для построения математической модели

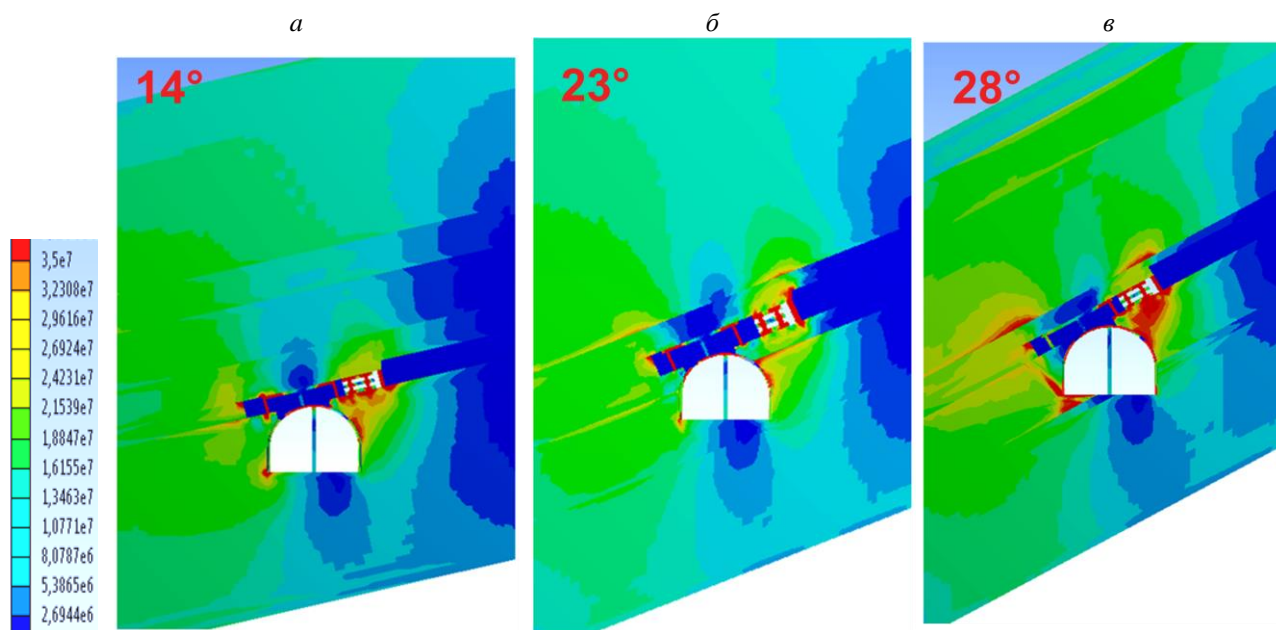


Рис. 3. Эпюры интенсивности напряжений σ_{int} , полученные для горно-геологических условий шахт: а – ОП «Шахта «Золотое» (пласт m_3); б – ОП «Шахта «Карбонит» (пласт k_8); в – ОП «Шахта «Первомайская» (пласт k_6)

Наличие зон концентраций напряжений в правом боку выработки происходит у контура возле узла податливости арочной крепи и под основанием деревянного костра. Исходя из положений энергетической теории накопленная энергия деформаций может перейти в кинетическую с разрушением целостности массива пород. Как показали дополнительные расчеты, увеличение ширины разгрузочной полости до 6 м снижает концентрацию напряжений в боках выработки, при этом увеличиваются растягивающие напряжения σ_p в брус инвентарной крепи, что может привести к потере ее статического равновесия и к разрыву сплошности непосредственной кровли.

С ростом угла падения более 27° сжимающие напряжения в боках выработки растут, что указывает на изменение характера распределения горного давления при различных углах падения (рис. 4).

Данные зависимости качественно не зависят от структурных особенностей горного массива, за исключением угла падения, и носят вполне универсальный характер для данной схемы поддержания выемочной выработки. Значения во всем диапазоне углов падения, указанном на графике, были получены путем квадратичного экстраполирования точечных результатов расчета.

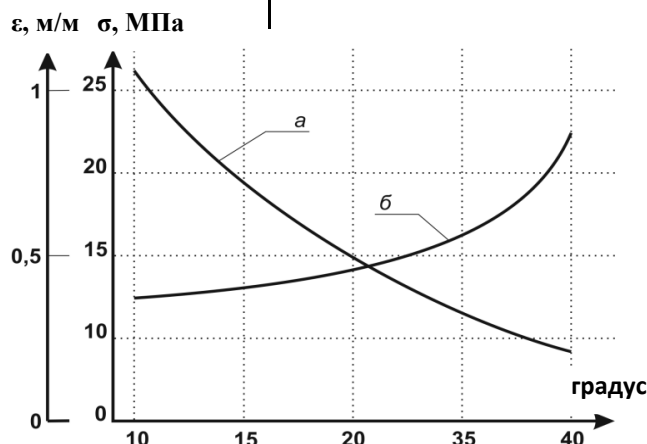


Рис. 4. Графики зависимости изменения величины деформаций в кровле разгрузочной полости (а) и максимумов интенсивности напряжений в боках выработки (б)



На основании совместного анализа представленных на рис. 4 зависимостей следует сделать вывод о том, что рассматриваемая схема поддержания выемочной выработки наиболее эффективно работает в диапазоне от 17 до 30°.

Для проведения анализа работы элементов арочной крепи в разгрузочной зоне и оценки их эффективности рассмотрим эпюры напряженного состояния арочных крепей из условий расчета устойчивости выемочных выработок (рис. 5).

Как видно, боковые стойки арочной крепи при угле падения 14° слабо нагружены и в целом не выходят за пределы упругих деформаций. С увеличением угла падения до 28° напряжения в стойках растут. Максимум напряжений в верхней части левой стойки и верхнем сегменте крепи обуславливается воздействием давления средней стойки инвентарной крепи и пород со стороны массива угля. Однако это не приводит к пределу напряжений в арочной крепи.

Таким образом, схема охраны обеспечивает снижение нагрузки на крепь в приконтурной области массива пород.

Оптимальные характеристики обеспечения устойчивости выемочной выработки достигаются на углах падения породных слоев в диапазоне от 14 до 28°.

Заключение

Предложенный способ поддержания выемочной выработки предусматривает создание разгрузочной полости шириной не более пяти метров после определенной последовательности технологических операций: проведения выработки под массивом угля, его извлечения, крепления кровли разгрузочной полости и заполнения ее вспенивающим материалом «Карбофил». В производственных условиях этот способ может использоваться для обеспечения устойчивости выемочных выработок, эксплуатация которых затруднена вследствие негативных проявлений горного давления. Создание разгрузочной полости увеличивает срок эксплуатации выработки при минимальных перемещениях ее контура, обеспечивающих возможность ее повторного использования в горно-геологических условиях Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района Донбасса.

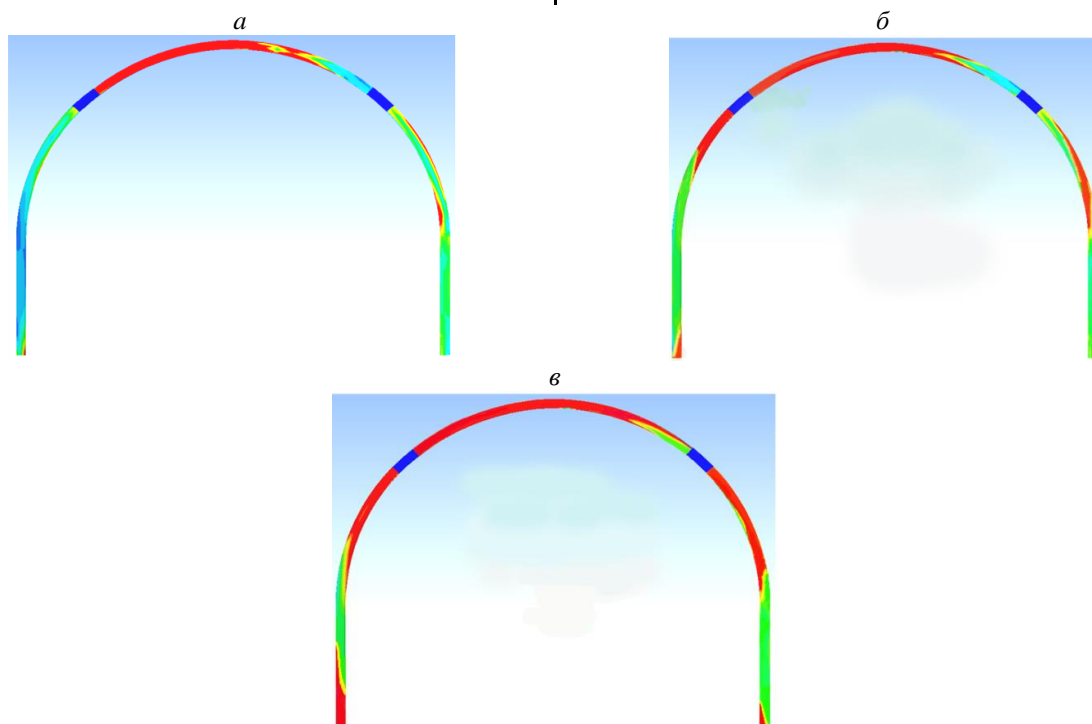


Рис. 5. Эпюры интенсивности напряжений σ_{int} в арочной крепи при углах падения: а – ОП «Шахта «Золотое» (14°); б – ОП «Шахта «Карбонит» (23°); в – ОП «Шахта «Первомайская» (28°)

Библиографический список

1. Yang Jian Ping, Chen Wei Zhong, Yang Dian Sen, Yuan Jing Qiang Numerical determination of strength and deformability of fractured rock mass by FEM modeling 2015//Computers and Geotechnics. 64. Pp. 20-31.
2. Walter Wittke. Rock Mechanics Based on and Anisotropic Jointed Rock Model (AJRM) (2014) Wilhelm Ernst & Sohn. 865 p.
3. Tianhong Yang, Peitao Wang, Tao Xu, Qinglei Yu, Penghai Zhang, Wenhao Shi, Gaojian Hu. Anisotropic characteristics of jointed rock mass: A case study at Shirengou iron ore mine in China//Tunneling and Underground Space Technology. 2015. 48. P. 129-139.
4. Патент 52896 на корисну модель (UA) Спосіб охорони виймкової виробки / Штанько Л.А., Ремізов О.В.; від 07.04.2010. № 201004071. Опубл. 10.09.2010. Бюл. №17.
5. Штанько Л.А., Ремізов А.В. Анализ и новые технологии по охране выработок при сплошной системе разработки // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2011. – №6 – С. 137 – 138.
6. Амусин Б.З. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов при решении задач горной геомеханики. – М.: Недра, 1975. – 143 с.
7. Veksler Yu.A., Tutanov S.K. Static stress and deformation analysis by finite element method. Int. J. Of Rock Mech. And Mining sci. A Survey of Computer Programs in Rock Mechanics Research and Engineering Practice. Vol. 25. 1 4, August, 1988. P. 215.

“Gornye nauki i tehnologii”/ “Mining science and technology”, 2016, No. 3, pp. 3-8

Title:	Method for unloading rock mass around a mine working in case of using longwall system for inclined seams in Donbass
Author 1	Name&Surname: Alexey V. Remizov Company: Siberian State Industrial University Scientific Degree: Candidate of technical sciences Work position: Assistant professor Contacts: remiz81@mail.ru
DOI:	10.17073/2500-0632-2016-3-3-8
Abstract:	The issues of protection and maintenance of stopes in the zone affected by stoping are considered in the context of the mines of Almazno-Maryevsky mining region of Donbass. Mine studies of manifestation of rock pressure influence on the stope contour are reviewed. Modeling has been carried out for these mining and geological conditions. The analysis characterizing the effect of unloading void on the stope stability has been carried out. Strain-stress diagrams to demonstrate the effect of rock mass unloading in case of using longwall system for inclined coal seams have been built.
Keywords:	stope maintenance, longwall system, rock displacement, stope support, stress-strain state, unloading void
References:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Yang Jian Ping, Chen Wei Zhong, Yang Dian Sen, Yuan Jing Qiang Numerical determination of strength and deformability of fractured rock mass by FEM modeling 2015//Computers and Geotechnics. 64. P. 20-31. 2. Walter Wittke. Rock Mechanics Based on and Anisotropic Jointed Rock Model (AJRM) (2014) Wilhelm Ernst & Sohn. 865 p. 3. Tianhong Yang, Peitao Wang, Tao Xu, Qinglei Yu, Penghai Zhang, Wenhao Shi, Gaojian Hu. Anisotropic characteristics of jointed rock mass: A case study at Shirengou iron ore mine in China//Tunneling and Underground Space Technology. 2015. 48. Pp. 129-139. 4. Utility patent 52896 (UA) The method of the mine working protection / Shtanko L.A., Remizov A.V.; from 07.04.2010. № 201004071. Publ. 10.09.2010. Bull. №17. 5. Shtanko L.A., Remizov A.V. Analiz i novye tehnologii po ohrane vyrabotok pri sploshnoj sisteme razrabotki [<i>Analysis and new technology for the protection workings at the longwall mining system</i>] / Scientific Journal National Mining University. – 2011. – No. 6 – Pp. 137-138. 6. Amusin B.Z., Fadeev A.B. Metod konechnykh jelementov pri reshenii zadach gornoj geomehaniki. [<i>The finite element method for solving problems of mining geomechanics</i>] // M.: Nedra, 1975. – 143 p. 7. Veksler Yu.A., Tutanov S.K. Static stress and deformation analysis by finite element



method. Int. J. Of Rock Mech. And Mining sci. A Survey of Computer Programs in Rock Mechanics Research and Engineering Practice. Vol. 25. ¹ 4, August, 1988. P. 215.

