

УДК 622.831.3

ОСОБЕННОСТИ СДВИЖЕНИЙ ПОРОДНОГО МАССИВА В ЗОНЕ ВЕДЕНИЯ РЕМОНТА ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Касьян Н. Н., Сахно И. Г.
(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

У роботі позначена актуальність дослідження геомеханічних процесів які активізуються в результаті ведення ремонтних робіт. Проведені шахтні натурні спостереження за деформуванням порід попереду і позаду вибою перекріплення. Це дозволило визначити особливості зсувів порід в умовах породного масиву з різним ступенем тріщинуватості, та дослідити вплив кліважу на характер зсувів.

The paper indicated the relevance of research geomechanics processes that are activated a result of repair work. Mine conducted full-scale monitoring of deformation in mind, rocks in front and behind the face of repair. It is possible to determine the characteristics of landslides rocks in rock mass with varying degrees of fracturing and investigate the effect of cleavage on the character of landslides.

Введение

Одной из наиболее актуальных задач угольной отрасли, наряду с наращиванием объемов добычи, традиционно остается обеспечение эксплуатационного состояния горных выработок. Наибольшие смещения происходят в выработках обслуживающих очистной забой, и процессы, происходящие при этом, наиболее сложные. В горной практике выделяют несколько характерных этапов существования подготовительной выработки связанных, как правило, с попаданием ее в ту или иную зону влияния очистного забоя.

В основном выделяют 4 этапа поддержания выработки – вне зоны влияния очистных работ, в зоне временного опорного давления впереди лавы, в зоне интенсивных смещений после прохода лавы и в зоне установившегося горного давления после прохода лавы и стабилизации интенсивных геомеханических процессов вокруг выработки [1].

Анализ состояния горных выработок угольных шахт Донбасса показывает, что в настоящее время, несмотря на достигнутые результаты в технологии и технике проведения и крепления выработок, перекрепление остается одним из неотъемлемых технологических процессов производственной деятельности угольных шахт. Поэтому, на наш взгляд, учитывая состояние выработок угольной отрасли Украины, необходимо выделить еще один характерный этап поддержания выработок, который может наблюдаться в каждой из описанных зон – это этап перекрепления выработки.

Известно, что любое нарушение установившегося равновесного состояния пород в результате ведения горных работ приводит к перераспределению напряжений в массиве. Перераспределение напряжений вокруг выработки приводит к повышению трещиноватости пород, что сопровождается снижением их несущей способности и увеличением объема, это вызывает рост давления на крепь подготовительных выработок. При этом чем больший объем пород попадает в зону перераспределения напряжений – тем больше требуются усилия чтобы обеспечить устойчивость проводимой выработки. Предположения о естественном затухании скорости деформирования контура выработки, связанном с самоподдержанием пород в пределах зоны разрушенных пород при достижении ею значительных размеров, не подтверждаются практикой ведения горных пород. В ремонтируемых участковых выработках и выработках восстанавливаемых по завалу не наблюдается затухание скорости деформирования, а наоборот, отмечается интенсификация смещений контура [2 – 4].

С момента проведения выработки можно выделить несколько крупных стадий изменения поля напряжений приконтурных пород, их связывают с образованием вокруг выработки феноме-

нологических зон – упругих деформаций, неупругих деформаций и разрушенных пород.

Закономерности проявлений горного давления вокруг подготовительных выработок изучались многими учеными. Основным методом исследований были шахтные инструментальные наблюдения. При этом, несмотря на значительный объем проведенных исследований, геомеханические процессы вокруг ремонтируемых выработок изучены недостаточно.

Учитывая, что в настоящее время на шахтах Украины ежегодно ремонтируется около 300 км выработок, 100 % выработок попадающих в зону влияния очистных работ ремонтируется не менее одного раза, а средний удельный объем перекрепления выработок составляет 7,5 м на 1000 т добычи. Вопрос обеспечения устойчивости выработок в послеремонтный период при обеспечении безопасности работ по перекреплению является достаточно актуальным.

Для исследования особенностей деформирования выработок в зоне влияния работ по перекреплению с присечкой боковых пород были проведены шахтные натурные наблюдения в условиях шахт Трудовская ГП ДУЭК и Щегловская–Глубокая ПАО ш/у Донбасс.

Первый этап наблюдений проводился во вспомогательном уклоне пласта m_2 шахты Трудовская ГП ДУЭК на пикете 41+5. В выработке проводилась замена комплекта крепи с присечкой смещенных в полость выработки пород кровли и боков. Габариты выработки увеличивали на 2,2 м в кровлю и на 1,0 м в бока. Согласно шахтному паспорту ремонта выработки присечку проводили при помощи отбойных молотков. Скорость ремонта – одна рама в сутки. Разрушаемые породы были представлены в основном аргиллитами трещиноватыми, с включениями сидерита. Прочность аргиллита 40 МПа.

Общий вид забоя перекрепления представлен на рисунке 1.

В сечении присекаемых пород четко прослеживается складка с условной осью близкой к поперечной оси выработки.



Рис. 1. Общий вид забоя перекрепления во вспомогательном уклоне пласта m_2

В выработке проводили измерения смещений на участке перед забоем перекрепления длиной 10 м и после забоя перекрепления 10 м в течение 10 суток с помощью разработанного в ДонНТУ способа контроля состояния горной выработки [5].

Визуальные наблюдения за характером деформирования рам показали, что вектор максимальных смещений ориентирован нормально напластованию пород, что соответствует классическим представлениям о закономерностях смещений в горных выработках. Сводный график общей конвергенции в зоне влияния забоя перекрепления представлен на рисунке 2. Из графика видно, что зона влияния забоя перекрепления, в которой наблюдаются интенсивные смещения ограничивается участком 10 м перед забоем и 6 – 8 м после забоя. При этом максимальная доля смещений реализуется на участке 4 м перед забоем перекрепления, общая конвергенция в среднем составила 0,15 м.

На участке 2 – 6 м после установки новой рамы крепи также наблюдались интенсивные смещения, которые носили затухающий характер, и стабилизировались уже через 10 м после забоя

перекрепления. Это можно объяснить вступлением в работу рамы крепи после исчерпания закрепных пустот.

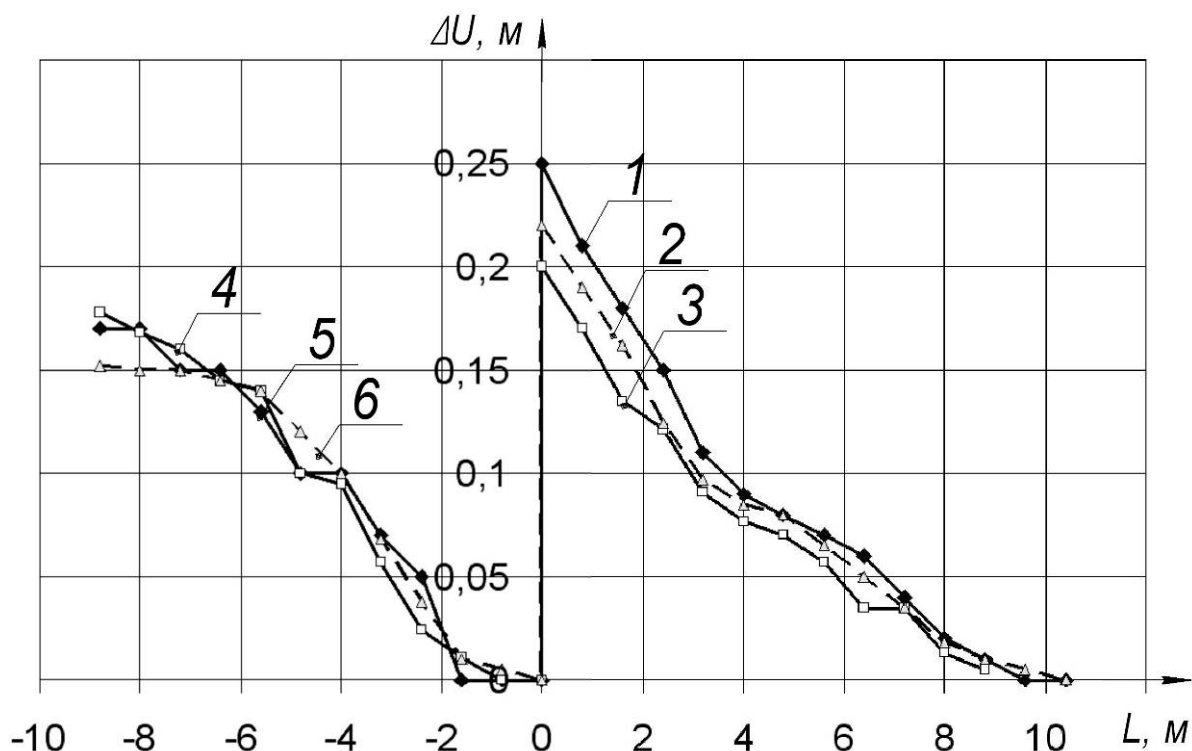


Рис. 2. Графики общей конвергенции (ΔU) по замерным станциям во вспомогательном уклоне пласта m_2 на участке длиной (L) перед забоем перекрепления (1, 2, 3) и после забоя перекрепления (4, 5, 6)

Второй этап натуральных наблюдений проводился в конвейерном штреке 5 восточной лавы пл. m_3 гор. 915 м в условиях шахты «Щегловская-Глубокая» ПАО «Шахтоуправление «Донбасс». Ложная кровля была представлена глинистым сланцем с нарушенной текстурой или переслоенным прожилками угля мощностью от 0,1 до 0,5 м. Непосредственная кровля – глинистый сланец мощностью от 3,5 до 4,0 м. Основная кровля представлена верхней частью слоя глинистого сланца, песчаным сланцем и песчаником общей мощностью от 28,0 м до 42,0 м. Глинистый сланец с прочностью на одноосное сжатие 40 МПа в верхней части слоя переходил в мелкозернистый песчаник с прочностью на одноосное сжатие от 75 до 95 МПа.

В выработке проводилась замена комплекта крепи с присечкой смещенных в полость выработки пород кровли и боков. Габариты выработки увеличивали на 2,0 м в кровлю и на 0,8 м в бока. Присечку проводили при помощи отбойных молотков. Скорость ремонта – одна рама в сутки. Общий вид забоя перекрепления представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Общий вид забоя перекрепления в конвейерном штреке 5 восточной лавы пл. m_3 гор. 915 м шахты «Щегловская-Глубокая»

Визуальные наблюдения за характером деформирования рам показали, что в условиях обследуемой выработки смещения пород в зоне влияния забоя перекрепления имели некоторые особенности. В частности наблюдался наклон рам крепи в сторону противоположную забою штрека до 40 градусов (рис. 4).

Следует отметить, что одной из форм деформирования арочной крепи в 5 восточной лаве пл. m_3 гор. 915 м является наклон рам вдоль продольной оси выработки, при этом наблюдается пространственная асимметрия смещений. Средний угол наклона, на участках установившегося горного давления позади лавы, составлял 9 – 12 градусов, что сопровождалось деформиро-

ванием хомутов межрамных стяжек, разрушением деревянных распорок. В выработке на момент исследования было установлено 5 точек перекрепления. При этом на участках перед забоем перекрепления во всех случаях угол наклона рам вдоль продольной оси выработки увеличивался. Наклон рам крепи в направлении оси выработки приводит к тому, что внешне вполне удовлетворительно выглядящая рама с запасом податливости в замках не работает.



Рис. 4. Наклон рам крепи в конвейерном штреке 5 восточной лавы пл. m_3 гор. 915 м в условиях шахты «Щегловская-Глубокая» на участке перекрепления

В выработке проводили замеры смещений, а также измерения угла наклона рам крепи со стороны выработанного пространства лавы и со стороны массива, на участке перед забоем перекрепления длиной 16 м и после забоя перекрепления 16 м в течение 10 суток, на специально оборудованных замерных станциях. Угол наклона арочной крепи определяли при помощи горного компаса. Результаты измерений приведены на рисунках 5 и 6.

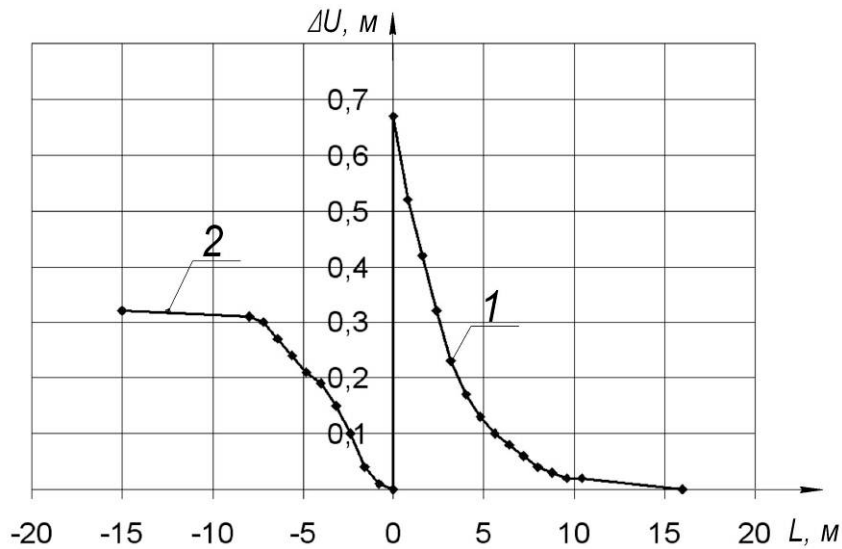


Рис. 5. Графики общей вертикальной конвергенции (ΔU) по замерным станциям в конвейерном штреке 5 восточной лавы пл. m_3 гор. 915 м на участке длиной (L) перед забоем перекрепления (1) и после забоя перекрепления (2)

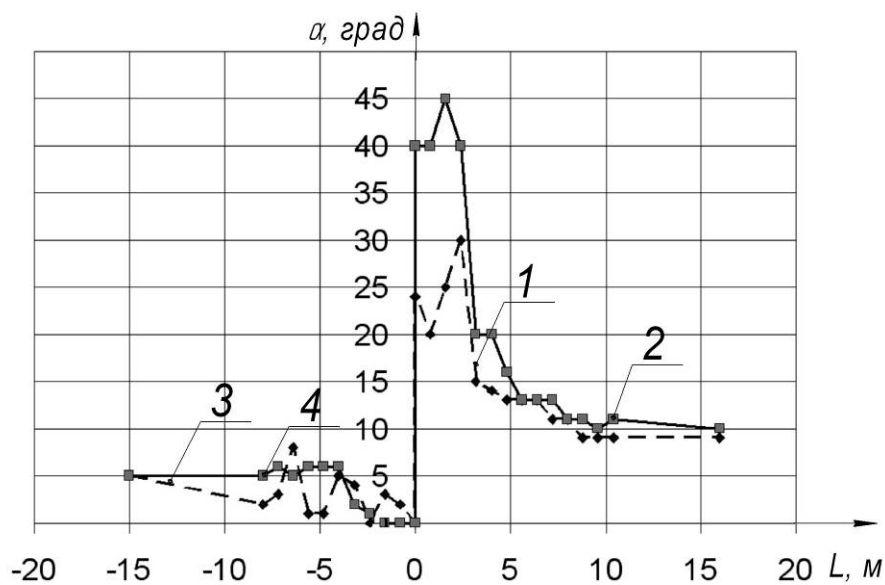


Рис. 6. Графики изменения угла наклона рам крепи (α) со стороны выработанного пространства лавы (1, 3) и со стороны массива (2, 4) по замерным станциям в конвейерном штреке 5 восточной лавы пл. m_3 гор. 915 м на участке длиной (L) перед забоем перекрепления (1, 2) и после забоя перекрепления (3, 4)

Анализ графиков позволяет сделать вывод, что зона влияния забоя перекрепления, в которой наблюдаются интенсивные смещения, и увеличение угла наклона рам крепи ограничивается участком 10 м перед забоем и 6 – 8 м после забоя. При этом максимальная доля смещений и наклона рам реализуется на участке 4 м перед забоем перекрепления. Так на этом участке реализуется 70 % вертикальной конвергенции в зоне влияния забоя перекрепления и 75 % наклона рам в направлении продольной оси выработки. При этом максимальный угол наклона рам составляет 45 градусов, а максимальная конвергенция 0,68 м.

После установки новой рамы крепи на участке 2 – 8 м также наблюдались интенсивные смещения, которые носили затухающий характер, и стабилизировались уже через 12 м после забоя перекрепления.

Наибольший интерес вызывает факт резкого наклона рам крепи перед забоем перекрепления. Такое явление наблюдалось на многих шахтах на участках перекреплений, но в условиях исследуемой выработки оно особенно выражено.

Известно, что разгрузка массива при выемке горной массы, при проведении выработки, восстановлении ее сечения или при ведении очистных работ приводит к разуплотнению пород в направлении образованной полости, что вызывает, в том числе, и горизонтальные перемещения пород. Например, при ведении очистных работ это явление наблюдают в виде отжима угольного пласта. Однако величина горизонтальных перемещений при этом незначительна.

Анализ горно-геологических условий показывает, что на рассматриваемом участке породы кровли имеют выраженный кливаж, при этом трещины наклонены преимущественно в сторону выработанного пространства под углом 35 – 75 градусов от горизонтали. Конкретно на экспериментальном участке угол наклона кливажных трещин – 40 градусов. Кливажные трещины являются естественными плоскостями скольжения для смещающихся пород. Это и может послужить объяснением наблюдаемому явлению.

Схема сдвижений в массиве пород с выраженным кливажем в процессе проведения ремонта выработки с присечкой пород, согласно представлениям авторов представлена на рисунке 7.

На момент ведения работ по перекреплению выработки вмещающие породы представляют собой блочно структурированный массив, размер блоков которого зависит от горно-геологических и горнотехнических условий и предыстории нагружения. Вокруг выработки образована зона разрушенных пород (ЗРП) 1, на фронте 2 которой соблюдается условие равновесия. При проведении ремонта осуществляют разрушение и отбойку смещенных в полость выработки пород кровли 3, что вызывает нарушение сложившегося в массиве равновесного состояния. Впереди забоя перекрепления формируется зона повышенных напряжений 4, что приводит к инициации роста размеров ЗРП и движению ее фронта 2 вглубь массива. При этом разрушение пород на фронте ЗРП вызывает увеличение их в объеме и создает давление на породы внутри зоны разрушения 1. Это приводит к активизации смещений в пределах ЗРП в полость выработки 5. Поскольку движение структурных блоков в направлении полости выработки осуществляется по линиям наименьшего сопротивления, траектории перемещения блоков совпадают с плоскостями скольжения в массиве, которыми могут выступать, например, кливажные трещины 6. Это приводит к возникновению горизонтальной составляющей сдвижений, и в частности к наклону рам крепи в направлении продольной оси выработки.

Чем больше размер структурных блоков в пределах ЗРП, тем более будет выражен эффект влияния плоскостей ослабления. Этим можно объяснить тот факт, что описываемые явления наблюдаются не во всех перекрепляемых выработках.

Например, применительно к проведенным замерам в условиях вспомогательного уклона пласта m_2 породы в пределах ЗРП были представлены в основном аргиллитами трещиноватыми с прочностью на одноосное сжатие 40 МПа. Формирование ЗРП происходило вокруг выработки вне зоны влияния очистных работ. Породы были разбиты на блоки небольших размеров и при разрушении в процессе ремонта отслаивались в полость выработки небольшими плитчатыми отдельностями. В таких условиях вектор смещений пород был направлен нормально напластова-

нию, а кливажные трещины не оказывали влияния на сдвигение пород.

В условиях 5 восточной лавы пл. m_3 гор. 915 м шахты «Щегловская-Глубокая» породы на фронте ЗРП были представлены мелкозернистым песчаником с прочностью на одноосное сжатие от 75 до 95 МПа. Выработка проводилась вслед за лавой. Разрушение прочного песчаника происходило крупными блоками, которые смещались в направлении полости выработки по плоскостям скольжений представленных кливажными трещинами. Обрушаемые при восстановлении сечения выработки породы были представлены крупноблочной средой. Это вызывало отклонение вектора сдвижений пород от нормального напластованию направления.

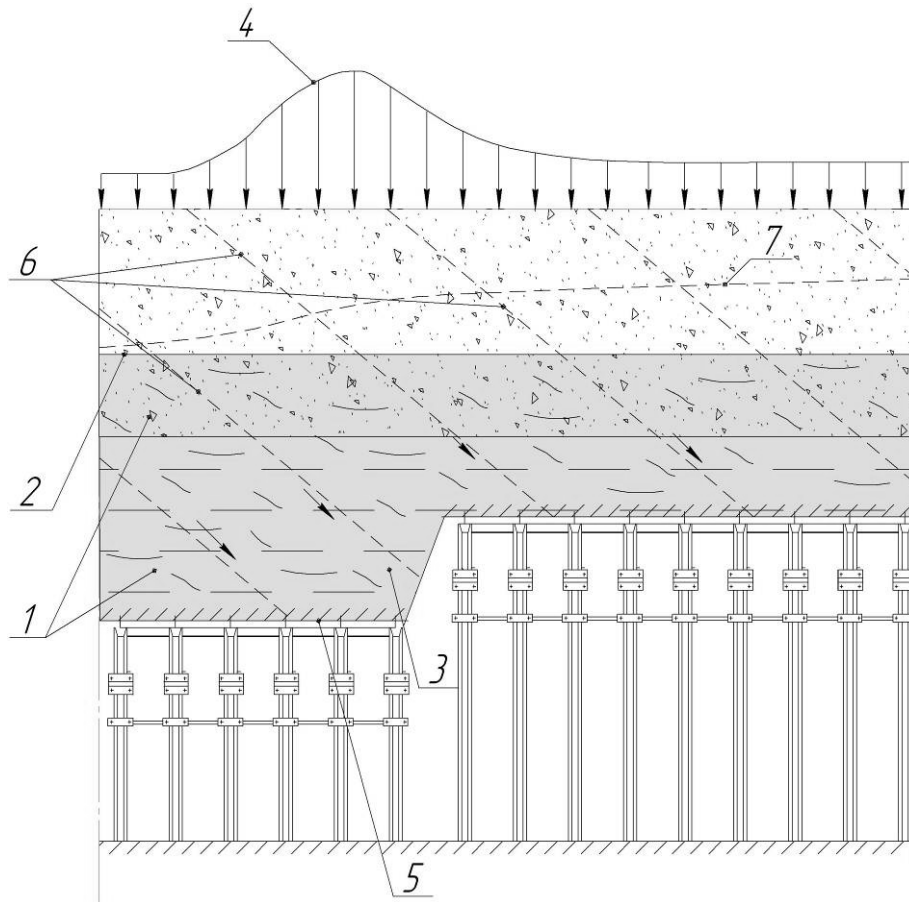


Рис. 7. Схема сдвижений в массиве пород с выраженным кливажем в процессе проведения ремонта выработки с присечкой пород

На рисунке 7 показаны: 1 – зона разрушенных пород; 2 – фронт ЗРП до ведения ремонта; 3 – смещенные в полость выработки породы кровли; 4 – эпюра возникающих напряжений при присечке пород; 5 – контур горной выработки; 6 – кливажные трещины, 7 – фронт ЗРП формируемой в результате ведения ремонта.

Выводы

Таким образом, проведенные шахтные наблюдения за сдвижением пород в пределах зоны влияния забоя перекрепления позволяют сделать следующие выводы.

Характер проявления горного давления при ведении ремонтных работ зависит не только от прочности пород и глубины ведения работ, а также от размеров структурных блоков в пределах зоны разрушения и ориентации трещин кливажа.

В условиях высокой степени дробления пород в пределах ЗРП вектор максимальных смещений ориентирован нормально напластованию пород, зона влияния забоя перекрепления, в которой наблюдаются интенсивные смещения, ограничивается участком около 10 м перед забоем и 6 – 8 м после забоя. При этом максимальная доля смещений реализуется на участке 4 м перед забоем перекрепления. На участке 2 – 6 м после установки новой рамы крепи также наблюдаются интенсивные смещения, которые носят затухающий характер, и стабилизируются уже через 10 м после забоя перекрепления.

В условиях блочно структурированного массива с выраженной кливажной системой движение структурных блоков в направлении полости выработки происходит по плоскостям скольжения в массиве, которыми могут выступать, например, кливажные трещины, которые являются линиями наименьшего сопротивления. Это приводит к возникновению горизонтальной составляющей сдвижений, и в частности к наклону рам крепи в направлении продольной оси выработки. При этом 70 % вертикальной конвергенции в зоне влияния забоя перекрепления и 75 % наклона рам в направлении продольной оси выработки происходит на участке около 4 м перед забоем перекрепления. При этом угол наклона рам может достигать 45 градусов, а максимальная вертикальная конвергенция 0,68 м.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение явления пространственного смещения пород приконтурной зоны в условиях ведения работ по перекреплению. А также на разработку и внедрение способа борьбы с этим явлением.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Черняк И.Л. Упрочнение пород в подготовительных выработках / И.Л. Черняк – М.: Недра, 1993. – 256 с.
2. Кошелев К.В. Охрана и ремонт горных выработок / Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. – М.: Недра, 1990. – 218 с.
3. Негрей С.Г. Обоснование параметров механического отпора породам почвы выемочных выработок при отработке лав обратным ходом друк. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.15.02. – Донецк, 2007. – 23 с.
4. Борзых А.Ф. Содержание, ремонт и ликвидация выработок угольных шахт / Борзых А.Ф., Зюков Ю.Е., Княжев С.Н. – Алчевск: ДонГТУ, 2004. – 614 с.
5. Пат. № 62401, МПК(2011.01) E21C 39/00 Спосіб контролю стану гірничої виробки / М.М. Касьян, І.Г. Сахно, В.М. Мокрієнко (Україна). – и 2011 01706; заявл.13.12.2010, опубл. 25.08.2011; Бюл. № 16. – 8 с.: ил.