

УДК 622.838.5

Ю.М. Халимендик (д-р техн. наук, проф.),
А.В. Бруй (канд. техн. наук, доц.), **А.С. Барышников** (асп.)
ГВУЗ «Национальный горный университет»,
г. Днепропетровск

ОБОСНОВАНИЕ ШИРИНЫ ЦЕЛИКА ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЗАПАСОВ СПАРЕННЫМИ ВЫРАБОТКАМИ

В статье приводятся результаты наблюдений за деформированием массива в целике в момент проведения одиночной выработки. Полученные результаты используются для обоснования оптимальной ширины межштрекового целика при реализации идеи подготовки выемочного столба спаренными выработками. Установлено, что для сохранения остаточной прочности пород в целике необходимо осуществить мероприятия по его армированию.

Ключевые слова: целик, спаренные выработки, деформирование массива, поддержание штрека.

Стремление увеличить протяженность выемочных полей при высоких скоростях подвигания очистного забоя приводит к повышению газовыделения из разрабатываемого пласта. Потеря сечения после прохода лавы, большое аэродинамическое сопротивление выработок и регламентируемая ПБ скорость движения воздуха зачастую не позволяет эффективно проветривать выработки.

Поэтому для обеспечения интенсивной отработки запасов особую актуальность приобретают вопросы сохранения сечения и обеспечения вентиляции выработок.

Для реализации работы очистного забоя с высокой нагрузкой рассматривается идея проведения спаренных выработок с податливым целиком между ними. Внедрение данного подхода при интенсивной отработке запасов позволит:

1. Минимизировать работы на сопряжении лавы со штреком при передвижке крайней секции;

2. Сохранить сечения выработок после прохода лавы, обеспечивающие эффективное проветривание, удовлетворяющие нахождению в них людей;

3. Повторно использовать крайний штрек.

Целью данных исследований являлось геомеханическое обоснование оптимальной ширины межштрекового целика и необходимой несущей способности системы «крепь-массив» с учетом сохранения остаточной несущей способности целика между спаренными выработками.

Одним из основных вопросов внедрения технологии многоштрековой подготовки является определение оптимальной ширины межштрекового целика. При многоштрековой подготовке целик должен иметь размеры, гарантирующие безопасность выемки запасов обратным ходом. В случае оставления «жесткого» целика, параметры которого регламентируются нормативными документами [2, 3, 4], в динамическом и статическом режимах разрушения не должно происходить, то есть предполагается сохранение несущей способности целика в зоне влияния опорного давления лавы. В этом случае возможны значительные потери запасов угля в целике. Кроме того, на сближенных пластах образуются зоны ПГД, ведение работ в которых тоже вызывает определенные трудности. Поэтому в условиях Западного Донбасса применение жестких целиков при двухштрековой системе отработки не является эффективным решением.

«Податливые» целики предполагают наличие узкой полосы горного массива между штреками, внутри которой частично или полностью разрушается уголь и порода, деформируясь за пределом упругости, то есть в запредельной зоне [5].

В настоящее время основные закономерности проявления горного давления при спаренных выработках на шахтах Украины не изучены и поэтому необходима оценка практического опыта других месторождений и анализ результатов исследований связанных с этим направлением [1].

Опыт шахт США указывает, что податливые целики следует применять в условиях больших глубин при двухштрековой подготовке, как мера, исключая горные удары [1].

Исходя из того, что одной из главных задач использования спаренных выработок является сохранение второго штрека для повторного использования при отработке следующей лавы, то при обосновании крепления спаренных выработок будем исходить из концепции «заданных нагрузок», т. е. проектировать крепление, исходя из веса пород в зоне разрушения. Такая концепция показала свою эффективность как на зарубежных шахтах [9], так и на шахтах Западного Донбасса [6, 10].

При этом податливый целик также будет обладать некоторой несущей способностью и участвовать в общем отпоре крепи. Рассмотрим, какой же несущей способностью может обладать податливый целик, и как ее сохранить.

Деформирование целика между двумя штреками представляет собой сложный процесс, вызванный последовательным наращиванием нагрузки из-за образования свода неупругих деформаций сначала от двух выработок одновременно (рис. 1), а затем и после прохода лавы.

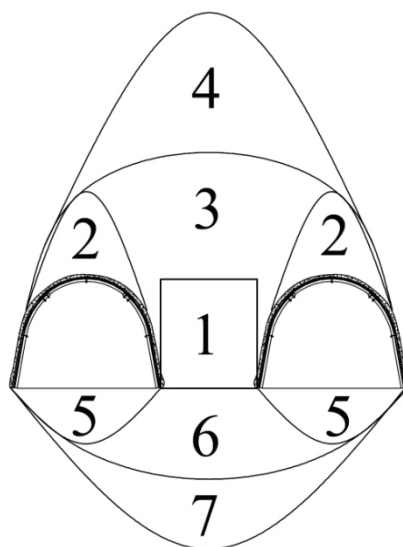


Рис. 1. Принципиальная схема формирования сводов неупругих деформаций вокруг двух выработок:

1 – целик; 2 – клин выдавливания пород кровли от одиночной выработки; 3 – объединенный свод обрушения; 4 – окончательный свод обрушения; 5 – формирование призмы выдавливания пород в почве от одиночной выработки; 6 – объединение призм выдавливания пород в почве; 7 – окончательная призма выдавливания пород в почве.

Таким образом, можно утверждать, что процесс разрушения целика аналогичен процессу разрушения испытываемого образца породы в «жестких» прессах в режиме заданных деформаций.

Испытания в «жестких» прессах позволили получить полную диаграмму зависимости напряжений от деформаций. За пределом прочности испытуемый образец породы сопротивляется напряжениям, соответствующим уровню деформаций в предельном режиме.

Остаточная прочность горных пород $\sigma_{ост}$ в условиях одноосного сжатия изменяется обычно в интервале 3-20 % от предела прочности на одноосное сжатие [11].

Для количественной и качественной оценки деформирования пород в целике в условиях 169-го сборного штрека шахты «Степная» производились исследования на наблюдательной станции, состоящей из трех замерных сечений. Каждое из сечений включало по три группы реперов, заложенных в бортах выработки. Для большей вариативности значений деформаций реперы закладывались на различной глубине (рис. 2). Максимальная длина (глубина) боковых реперов составляет до 2,3 м, минимальная – 0,7 м. Горизонтальные репера состоят из жестких металлических стержней диаметром 10 мм с забивкой их в каждой скважине в деревянные чопы. Скважины оборудовались обсадными трубами диаметром 20-25 мм во избежание защемления репера породами. На момент первичного замера репера закладывались непосредственно в груди подготовительного забоя. До каждого из боковых реперов производились домеры от глубинного репера, заложенного в каждом сечении. Для контроля производился суммарный замер между парами боковых реперов. Расстояние между замерными сечениями составляло порядка 5-7 метров.

В кровле выработки закладывались глубинные реперы для фиксирования деформаций пород кровли, а также возможности осуществления домеров до боковых реперов. Вертикальные реперы оборудовались по всей высоте пружинными датчиками с проволочными отводами. Глубина заложения датчиков 1÷ 4 м.



Рис. 2. Схема замерного сечения на наблюдательной станции

На станции выполнено 5 серий наблюдений. Опускание массива при отходе забоя на 140 метров от заложенных реперов составило 1 мм на глубине 2 метра, слой на глубине 1 м сместился на 16 мм. Результаты наблюдений на глубинной станции приведены на рисунке 3.

Зафиксированные опускания массива на глубине 2 м могут объясняться погрешностью измерительных работ. Исходя из полученных результатов в условиях одиночной выработки, при отсутствии влияния второй выработки и лавы можно утверждать, что разрушение пород кровли выработки не происходит, а опускания приконтурного массива являются проявлением неупругих деформаций. Причиной отсутствия разрушений кровли может являться своевременная установка сталеполимерных и канатных анкеров и их совместная работа [7, 8].

В отличие от кровли выработки, в ее бортах происходят деформационные процессы. Установлено, что интенсивное деформирование массива в бортах происходит сразу же после проведения выработки (рис. 4). Зафиксированы смещения пород на глубине 1,6 м на величину до 11 мм, а на глубине 2,3 м – до 7 мм.

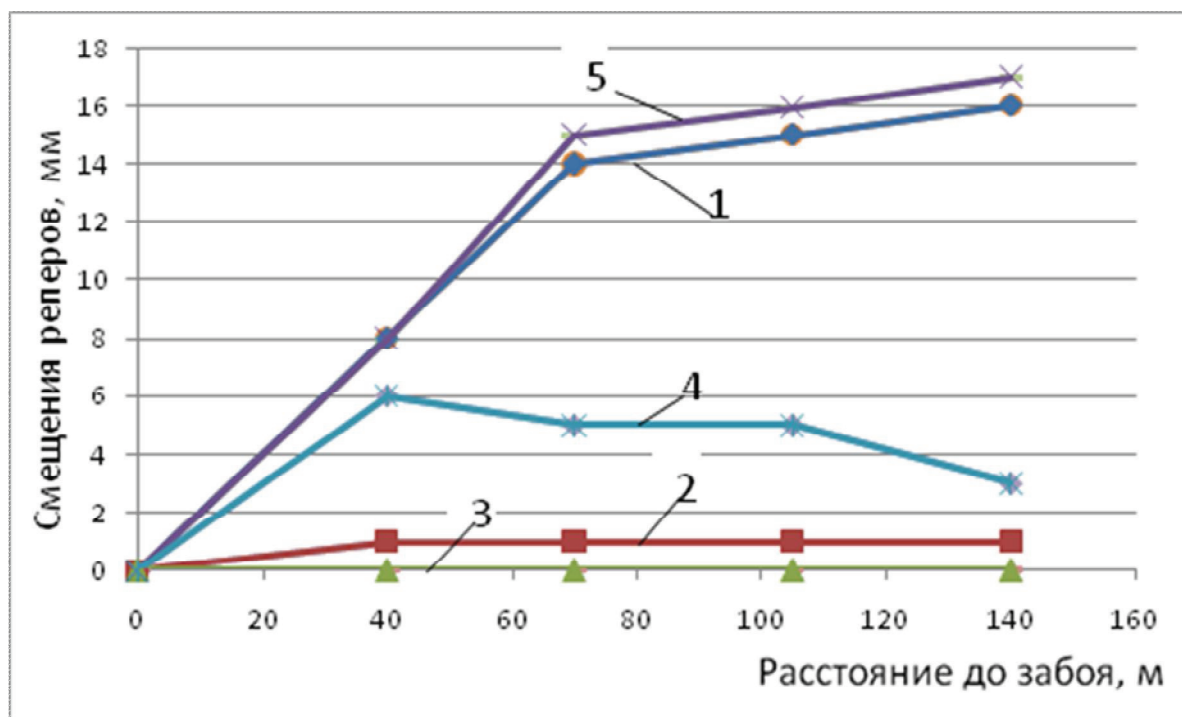


Рис. 3. Опускание слоев на глубинной станции:
 1 – датчик на глубине 1 м; 2 – датчик на глубине 2 м; 3 – датчик на глубине 3 м; 4 – поднятие почвы; 5 – опускание кровли

При отходе забоя на расстояние более 40 м от реперов деформационные процессы в массиве стабилизируются и далее протекают не столь интенсивно.

По измеренным данным рассчитаны деформации в бортах выработки на различной глубине. Деформации вычислялись для расстояния реперов в 140 м от забоя (рис. 5).

Кривая смещений реперов (Δl) описывается экспоненциальной зависимостью:

$$\Delta l = 35,7 \cdot e^{-0,7L}, \text{ мм}$$

L – глубина в массив в бок выработки, м

Коэффициент корреляции составляет $r = 0,99$

Кривая деформаций массива ($\varepsilon \cdot 10^{-3}$) описывается полиномом 2 степени:

$$\varepsilon = 5,4 \cdot L^2 - 21,1 \cdot L + 27,2$$

L – глубина в массив в бок выработки, м

Коэффициент корреляции составляет $r = 0,98$

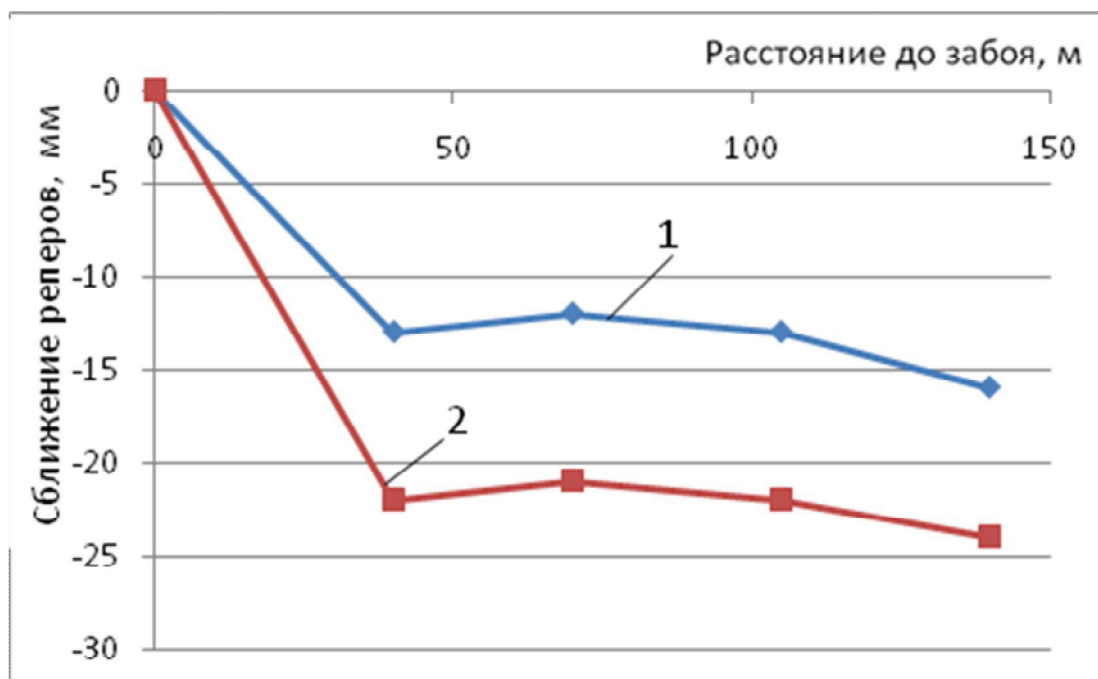


Рис. 4. Изменение расстояния между боковыми реперами в 169-м сборном штреке шахты «Степная»:
1 – глубина 2,3 м; 2 – глубина 1,6 м.

При анализе графика деформаций можно выделить в массиве 2 зоны: зону интенсивных деформаций (зона 1 на рис. 5) и зону затухания деформаций (зона 2 на рис. 5). Затухание деформаций в целике начинается с глубины около 1,6 м.

Если учесть, что целик между спаренными выработками должен быть «податливым», и следует ожидать развитие деформационных процессов со стороны спаренной выработки, то ширина его должна быть не менее удвоенного значения глубины зоны затухания деформаций (1,6 м), то есть в пределах 3,5÷4 м.

Зафиксированные величины распространения деформационных процессов на глубину больше половины предполагаемого целика еще до проведения второй выработки и отработки лавы ставят под сомнение его сохранность, а тем более возможность включения его остаточной несущей способности в работу всей системы «крепь-массив». Следует ожидать пригрузки на целик при проведении второго штрека и при влиянии опорного давления лавы, а следовательно и больших деформаций составляющих его пород.

Для сохранения остаточной прочности пород необходимо выполнять мероприятия по армированию целика (рис. 6).

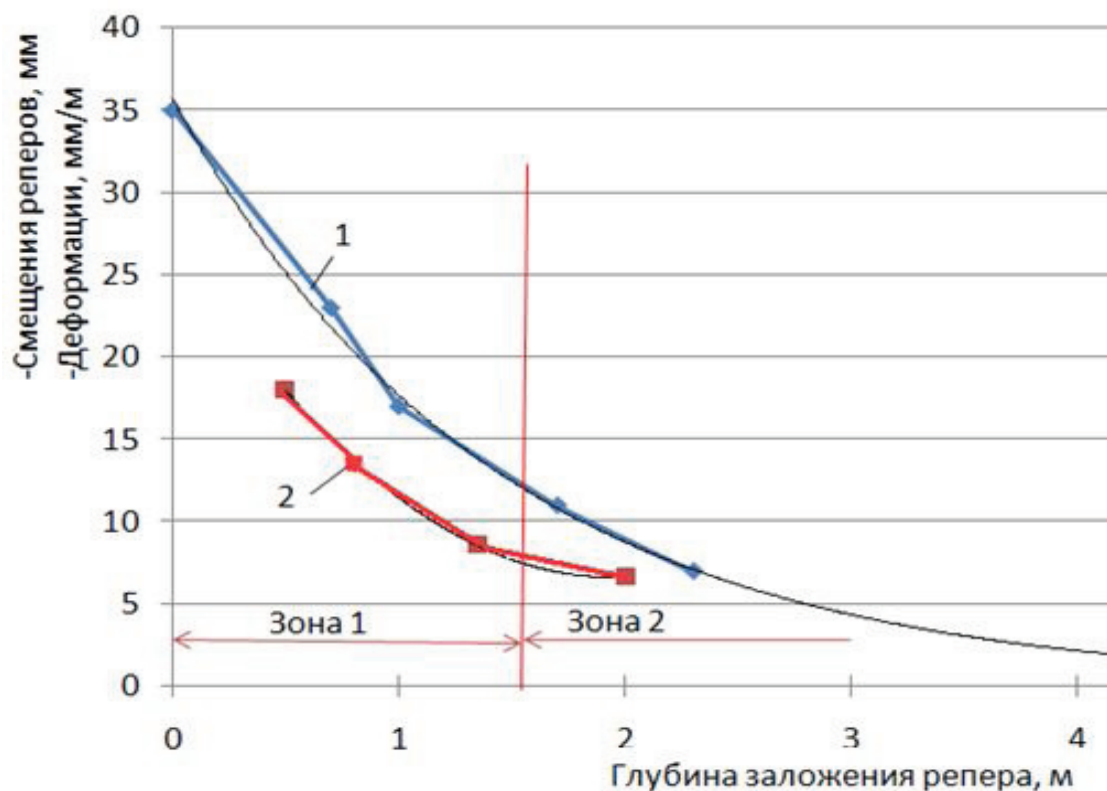


Рис. 5. Усредненный график смещений и деформаций массива в бортах выработки по трем замерным сечениям:

1 – смещения реперов, мм; 2 – деформации массива

Зона 1 – зона интенсивных деформаций; зона 2 – зона затухания деформаций.

После прохода очистного забоя лавы I, под влиянием горного давления и веса пород в своде обрушения, целик постепенно разрушается до достижения породами, которые его составляют, остаточной прочности $\sigma_{ост}$. При деформациях пород целика за пределом прочности происходит вытеснение составляющих его пород в выработку, следствием чего является дальнейшее снижение несущей способности, вплоть до полного разрушения. При исключении процесса выдавливания пород в выработку методом установления армирующего крепления (рис. 6), возможно сохранение остаточной несущей способности пород целика. Эта мера сформирует несущую конструкцию, которая принимает на себя часть нагрузки и работает совместно с креплением выработок.

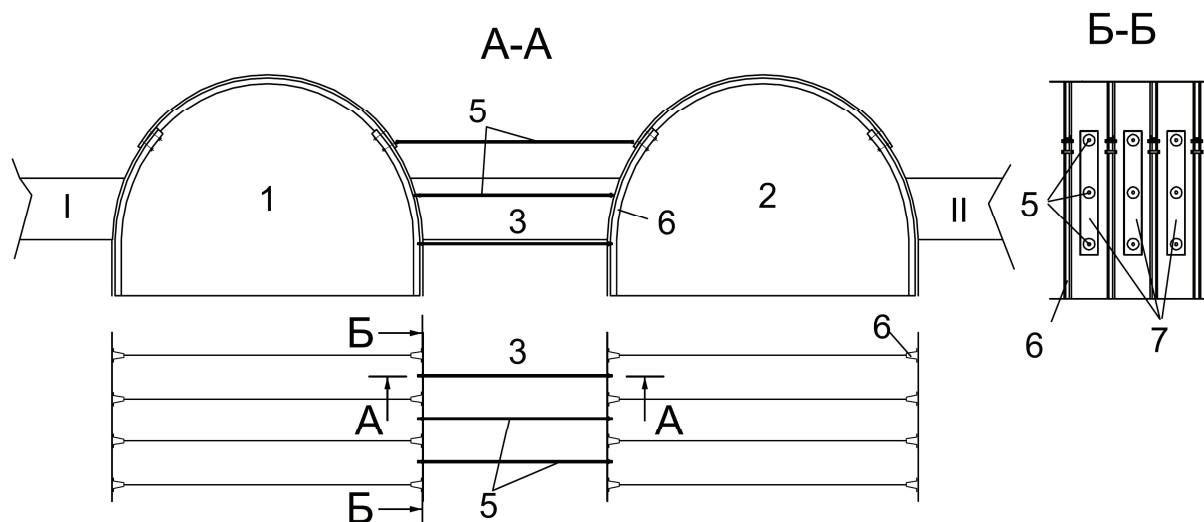


Рис. 6. Схема армирования межштрекового целика

1 – Выработка со стороны лавы I, обрабатываемой в первую очередь; 2 – Крайняя выработка, которая повторно используется при отработке лавы II; 3 – Податливый целик; 5 – Стягивающее сквозное крепление; 6 – Стойка рамной крепи; 7 – Металлические подхваты.

Проведенные исследования деформирования массива вокруг одиночной выработки в момент ее проведения позволяют утверждать:

1. Совместная работа сталеполлимерных анкеров и анкеров глубокого заложения препятствует развитию деформационных процессов в кровле выработки вплоть до проявления влияния динамического опорного давления.

2. В бортах выработки вслед за ее проведением начинаются смещения массива, зафиксированные на глубине 2,3 м, которые при отходе забоя на расстояние более 40 м стабилизируются и далее протекают не столь интенсивно.

3. С учетом данных наблюдений, «податливый целик» при влиянии лавы будет разрушен. Для сохранения остаточной прочности пород в целике необходимо осуществить мероприятия, обеспечивающие его упрочнение.

4. Установлено, что деформационные процессы начинают затухать с глубины 1,6 м. Для реализации идеи подготовки выемочного столба спаренными выработками, оптимальной с учетом выявленных деформационных процессов, протекающих в

массиве, а также обеспечения мероприятий по армированию целика следует считать ширину $3,5 \div 4$ м.

Список литературы

1. Охрана подготовительных выработок целиками на угольных шахтах / [Артемьев В. Б., Коршунов Г. И., Логинов А. К. и др.]. – СПб.: Наука, 2009 – 213 с.
2. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони: СОУ 10.1.00185790.011:2007. – Київ: Мінвуглепром України, 2007. – 116 с.
3. Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35° . Руководство: КД 01.01.503–2001. - Киев: Минтопэнерго Украины, 2002.
4. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Методические указания: КД 12.01.01.201-98. – Київ: Мінвуглепром України, 1998. - 149 с.
5. Кирничанский Г. Т. Элементы теории деформирования и разрушения горных пород / Г. Т. Кирничанский. - Киев: Наукова думка, 1989. – 184 с.
6. Усиление крепления горных выработок для их повторного использования / [Ю.М. Халимендик, А.В. Бруй, А.С. Барышников, Ю.А. Заболотная] // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / Ін-т Геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України. – 2012. - Вип. 105. - С. 139-148.
7. Использование канатных анкеров в выемочных выработках в условиях слабых боковых пород / [Ю.М. Халимендик, А.В. Бруй, А.С. Барышников и др.] // Уголь Украины. - 2013. - №6.
8. Халимендик Ю.М. Поддержание штрека канатными анкерами в условиях слабых боковых пород / Ю.М. Халимендик, А.В. Бруй, А.С. Барышников // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / Ін-т Геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України. - Вип. 113.
9. Gebirgsbeherrschung von Flözstrecken (Ground Control in Roadways) / [Junker M. et al.]. - Essen, Germany: Verlag Glückauf, 2006.
10. Халимендик Ю.М. Обоснование параметров поддержания горных выработок для повторного использования / Ю.М. Халимендик, А.В. Бруй, В.Ю. Халимендик // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 6. – С. 32-35.
11. Протосеня А. Г. Геомеханика / А. Г. Протосеня, О. В. Тимофеев. - СПб, 2008. – 117 с.

Стаття надійшла до редакції 07.11.2013.

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук А.П. Борзих

Ю.М. Халимендик, Г.В. Бруй, А.С. Баришніков

ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ
ОБГРУНТУВАННЯ ШИРИНИ ЦІЛИКА ПРИ ПІДГОТОВЦІ ЗАПАСІВ СПАРЕНИМИ ВИРОБКАМИ

У статті наводяться результати спостережень за деформуванням масиву у цілику в момент проведення одиночної виробки. Отримані результати використовуються для обґрунтування оптимальної ширини міжштрекового цілика при реалізації ідеї підготовки виймального стовпа спареними виробками. Встановлено, що для збереження залишкової міцності порід в цілику необхідно здійснити заходи щодо його армування.

Ключові слова: цілик, спарені виробки, деформування масиву, підтримання штреку.

Yu.M. Khalymendyk, A.V. Bryi, A.S. Baryshnikov

National Mining University, Dnipropetrovsk
SUBSTANTIATION OF PILLAR WIDTH DURING RESERVES PREPARATION BY DOUBLE MINE WORKINGS

The results of in-situ observations of rock massif deformation during gateroad development are presented. The results are used for substantiating the optimum width of a chain pillar during realization of the double-entry mining system. We found out that to maintain the residual strength of rocks in the pillar it should be reinforced.

Keywords: pillar, double-entry mining, deformation of rock massif, gateroad maintenance.