

3. Разработано высокопредохранительное ВВ – угленит 10П, установлены параметры шпурового заряда при взрывании которых автоматически создаются безопасные условия разрушения газоносного горного массива и предотвращается воспламенение горючих газов, выделяющихся из пород, что отвечает требованиям концепции безопасности производства взрывных работ в угольных шахтах.

#### Список литературы

1. Единые правила безопасности при взрывных работах. – Киев: Норматив, 1992. – 171 с.
2. ГОСТ 12.1.010-76. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. – Ввод 01.01.78. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – С. 99-100.
3. Инструкция по применению сотрясательного взрывания в угольных шахтах Украины. – МакНИИ: Макеевка-Донбасс, 1994. – 46 с.
4. Александров В.Е. Безопасность взрывных работ в угольных шахтах/ Александров В.Е., Шевцов Н.Р., Вайнштейн Б.И. – М.: Недра, 1986. – 149 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Соболевим В.В.  
Надійшла до редакції 24.03.10*

УДК 622.831.3: 622.28.043

© П.Н. Должиков, Н.Н. Палейчук, Ю.И. Кобзарь

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АРЧНЫХ РАМНЫХ КРЕПЕЙ В ЗОНАХ ИНТЕНСИВНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ**

Виконано дослідження зміни показника стійкості на різних ділянках виробок в інтенсивно тріщинуватих зонах шахт ДП "Антрацит". Наведені особливості деформування аркових рамних кріплень, загальні рекомендації й напрямок подальших досліджень по підвищенню стійкості виробок в інтенсивно тріщинуватих зонах.

Выполнено исследование изменения показателя устойчивости на различных участках выработок в интенсивно трещиноватых зонах шахт ГП "Антрацит". Приведены особенности деформирования арочных рамных крепей, общие рекомендации и направление дальнейших исследований по повышению устойчивости выработок в интенсивно трещиноватых зонах.

Research of change of index of stability is executed on the different areas of workings in the intensively-crack areas of mines of State Enterprise "Antracit". Features over of deformation of arch frame shorings, general recommendations and direction of further researches, are brought on the increase of stability of workings in intensively-crack areas.

При подземной разработке угольных месторождений одним из основных составляющих, определяющих эффективность добычи угля, является состояние подготовительных выработок. В связи с увеличением глубины разработки, ухудшением горно-геологических, геомеханических и эксплуатационных факторов ежегодно возрастает количество ремонтов и перекреплений выработок. В настоящее время в условиях ГП «Антрацит» перекрепляется до 65% выработок. Из них до 70% перекрепляется повторно [1]. Сегодня на территории Донбасса затраты на ремонтно-восстановительные работы часто превосходят затраты на

проведение и крепление выработок [2]. В связи с этим является актуальным исследование особенностей работы арочных рамных податливых крепей на участках, характеризующихся интенсивным развитием трещин с вывалообразованием в полость выработки.

**Целью** исследования является изучение особенностей эксплуатации рамных арочных податливых крепей из профиля СВП в интенсивно трещиноватых зонах выработок шахт Восточного Донбасса.

В работе используются аналитический и прикладной методы исследований. К аналитическому методу относится анализ и обработка результатов шахтных натурных исследований. К прикладным методам относятся натурные шахтные исследования характера деформирования выработок, а также параметров и характера вывалов в зонах интенсивной трещиноватости.

Объектом исследований являются подготовительные выработки шахт «Комсомольская» и «Партизанская» ГП «Антрацит». Всего было обследовано 16 выработок. Для дальнейшего исследования были выбраны подготовительные выработки вне зоны влияния очистных и подготовительных работ, а также вне зон влияния дизъюнктивных разрывных нарушений, условия работы которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

Условия эксплуатации подготовительных выработок шахт ГП «Антрацит»

Наименование выработки		Глубина $H_{ср}$ , м	Площадь сечения в свету $S_{св}$ , м <sup>2</sup>	Вмещающие породы, угол падения пород $\alpha_{пор}$ , град
шахта «Комсомольская»	Восточный конвейерный ходок №4 пл. $h_{10}$	656	11,2	Песчаный сланец $m = 13,1-20,6$ м, $\sigma_{сж} = 80$ МПа; Песчаный сланец $m = 4,1-7,6$ м, $\sigma_{сж} = 70-78$ МПа; $\alpha_{пор} = 4$ град
	Восточный полевой откаточный штрек гор. 960 м (пл. $h_8$ )	960	14,5	Песчаный сланец $m = 13,1-26$ м, $\sigma_{сж} = 69-78$ МПа; Песчаник $m = 13 - 23,4$ м, $\sigma_{сж} = 168-170$ МПа; $\alpha_{пор} = 3$ град
шахта «Партизанская»	15-й западный откаточный штрек пл. $h_{10}$	694	10,2	Песчаный сланец $m = 12-38$ м, $\sigma_{сж} = 70,2-99$ МПа; Песчано-глинистый сланец $m = 0,86 - 7,8$ м, $\sigma_{сж} = 69-73$ МПа; $\alpha_{пор} = 15$ град
	26-й восточный откаточный штрек пл. $h_8$	718	10,2	Песчаник $m = 11,9-17,9$ м, $\sigma_{сж} = 168$ МПа; Песчаник $m = 2,2-4,07$ м, $\sigma_{сж} = 167$ МПа; $\alpha_{пор} = 13$ град

Для оценки устойчивости выработок используется показатель, определяемый выражением [2]:

$$\omega = \frac{N - N_d}{N} \quad (1)$$

где  $N$  – общее число рам крепи, шт;  $N_d$  – число деформированных рам крепи, шт.

Поскольку длина изучаемых выработок составляла от 460 до 1400 м, то при исследованиях состояния подготовительных выработок общая их длина разбивалась на участки по 40 м, что соответствует 12-35 вариациям.

Распределения показателя устойчивости по длине исследуемых выработок представлены гистограммами на рисунках 1-4.

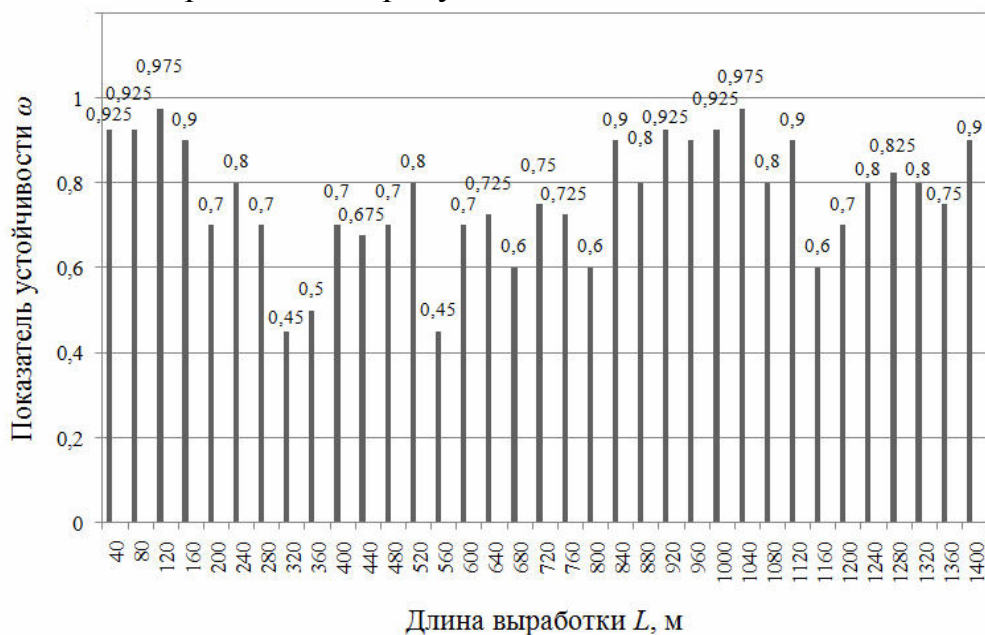


Рис. 1. Распределение показателя устойчивости восточного конвейерного ходка №4 пласта h<sub>10</sub> шахты «Комсомольская»

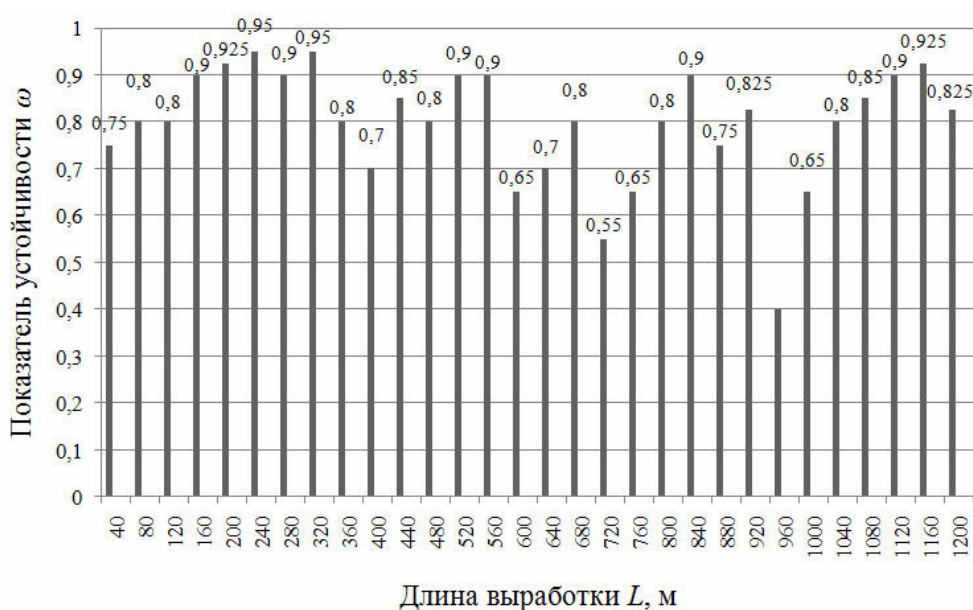


Рис. 2. Распределение показателя устойчивости восточного полевого откаточного штрека гор. 960 м шахты «Комсомольская»

В результате исследования состояния подготовительных выработок шахт ГП «Антрацит» выявлены следующие особенности:

- характер действующей нагрузки при образовании вывала определяется неравномерностью разрушения пород по длине и сечению выработки в следствии воздействия ряда факторов: угла напластования пород, наличия параллельных и пересекающихся выработок, геологической нарушенности, вариации значений мощности пород и их деформационно-прочностных свойств;

- фракционный состав вывалов в исследуемых выработках представлен следующими размерами: до 68% объема вывалов составляют отдельности до 36 см, 17% – от 37 до 45 см и 15% отдельности свыше 45 см, что позволяет преимущественную часть обрушившихся пород согласно классификации по трещиноватости [4] отнести к категории сильнотрещиноватых;

- при вариации таких параметров как ширина и высота вывала от 1,4 до 3,1 и от 1,6 до 5,7 м соответственно в большинстве случаев (в 13 из 16 выработок) разброс отклонений оси вывала от вертикали находился в пределах от 7° до 12°. При этом нагрузка на крепь имеет асимметричный характер и деформационный процесс имеет четко выраженный градиент;

- при исследовании выявлено наличие интенсивной трещиноватости, т.е. такой, при которой происходит интенсивное увеличение числа и раскрытия трещин за фиксированный промежуток времени в определенном направлении пространства, следствием проявления которой является вывалообразование;

- на участках выработок с показателем устойчивости  $\omega$  ниже 0,5 (Рис.1-4) образуются вывалы до 17 м длиной (26-й восточный откаточный штрек, шахта «Партизанская»), фракционный состав, рассмотренный выше и условия формирования которых позволяют отнести данные участки к зонам интенсивной трещиноватости. В исследованных выработках (Рисунки 1-4) обнаружено 8 таких зон.

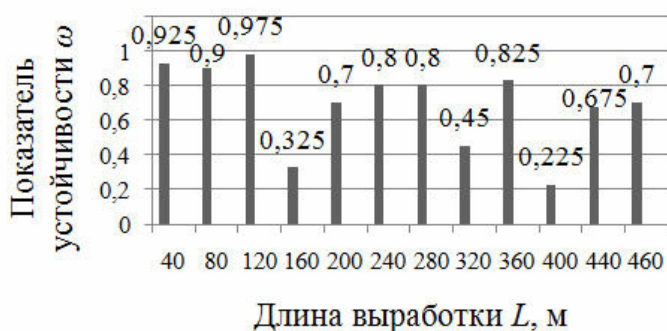


Рис. 3. Распределение показателя устойчивости 15-го западного откаточного штрека пласта  $h_{10}$  шахты «Партизанская»

Исходя из анализа результатов натурных исследований, определено понятие интенсивно трещиноватой зоны, как участка выработки с активизировавшимся процессом смещения боковых пород в результате увеличения количества и раскрытия трещин, одним из следствий проявления которого является вывалообразование.

В исследуемых выработках шахт ГП «Антрацит» на участках со значением  $\omega \leq 0,6$  под воздействием асимметричной нагрузки наблюдается прогиб (излом) верхняка в сторону вектора направленности нагрузки, а также разрыв планок и скоб узла податливости в результате превышения конструктивной податливости с одной стороны рамы крепи и недогруженного состояния узла с другой.

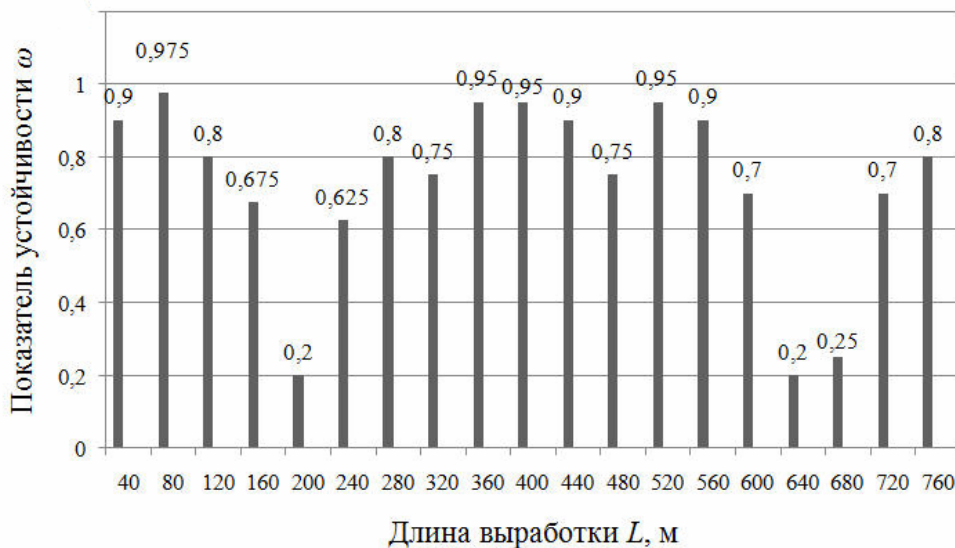


Рис. 4. Распределение показателя устойчивости 26-го восточного откаточного штрека пласта h8 шахты «Партизанская»



Рис. 5. Состояние 15-го западного откаточного штрека пласта  $h_{10}$  шахты «Партизанская» на участке с показателем устойчивости  $\omega = 0,325$

Исследования многих ученых доказывают асимметричный характер преобладающей нагрузки в выработках Донбасса [3]. В настоящее время актуален вопрос об адаптации конструктивных особенностей рамной крепи к направлению воздействия нагрузки и соответствия конструктивных и геомеханических параметров крепи современным условиям эксплуатации выработок. Отчасти этот вопрос решается изменением направления податливости крепи [3, 5].



Рис. 6. Характерное нарушение работы узла податливости в восточном конвейерном ходке №4 пласта  $h_{10}$  шахты «Комсомольская»

В этой связи к одним из основных конструктивных решений относится «компенсатор» (рис. 7) [5]. Он установлен на широкую фигурную планку узла податливости ЗСД с целью использования и объединения лучших качеств узлов податливости ЗСД и ЗПК.

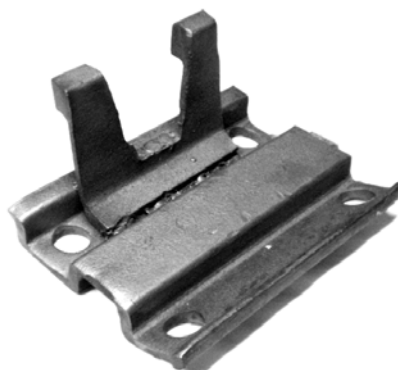


Рис. 7. Общий вид конструкции «компенсатора» на широкой фигурной планке узла податливости ЗСД

Отличительной особенностью конструкции компенсатора является наличие установленного при помощи сварки на широкую фигурную планку ЗСД перпендикулярного к элементам стальной арочной крепи «компенсатора».

Способ установки данной конструкции на раму стальной арочной крепи сводится к заведению двух прямоугольных скоб с резьбой со стороны контура выработки на верхняк и стойку рамы с целью установки широкой фигурной планки со стороны пройденной выработки. Необходимо отметить, что перпендикулярный «компенсатор» должен устанавливаться в сторону почвы выработки.

Данная конструкция узла податливости работает следующим образом. В узле одна прямоугольная скоба установлена перпендикулярно, а другая наклонно к профилю, они жестко соединены друг с другом посредством фигурных планок и работают совместно, что улучшает податливую характеристику крепи и исключает неконтролируемый перекосяк и перемещение прямоугольных

скоб в процессе скольжения элементов крепи. «Компенсатор» установленный перпендикулярно к стойке за счет своей формы, аналогичной форме арочной крепи, является узлом дополнительного трения в 2-х плоскостях, а также сжимает фланцы спецпрофиля, что повышает жесткость раздвижки фланцев при натяжении узла.

Проведенные лабораторные исследования при асимметричной нагрузке на стальную арочную крепь подтвердили работоспособность конструкции – «компенсатора» в узле податливости разноподатливой арочной крепи. Для проведения исследований работоспособности «компенсатора» в узле податливости разноподатливой арочной крепи был использован специальный стенд НИИ-ОМШС. На арочную крепь асимметричной нагрузки был установлен узел податливости ЗСД с «компенсатором», на противоположной стороне арочной крепи установили узел податливости ЗСД серийного изготовления.

Со стороны имитируемого угла восстания пород узел податливости с «компенсатором» сработал медленнее, чем дал возможность включиться в работу обычному узлу податливости ЗСД со стороны падения. Смещение верхняка в обоих узлах было практически равнозначно.

Установка данной конструкции на раму арочной крепи позволяет замедлить процесс срабатывания замка податливости со стороны больших нагрузок и включить в работу замок ЗСД без «компенсатора» со стороны меньших нагрузок [5].

С другой стороны сегодня разработаны и эффективно эксплуатируются в Украине и за рубежом в сложных горно-геологических и тяжелых геомеханических условиях крепи нового технического уровня [6]. В работе [1] рассматривалась возможность применения этих крепей в условиях Восточного Донбасса. С учетом характера проявления интенсивной трещиноватости для шахт ГП «Антрацит» представляется перспективной в интенсивно трещиноватых зонах эксплуатация крепи КМП-А3Р2 с увеличенным до 700 мм значением податливости, увеличенным рабочим сопротивлением (780 кН/раму при площади поперечного сечения в свету  $S_{св}=12,4 \text{ м}^2$ ) и измененной формой (рис. 8).

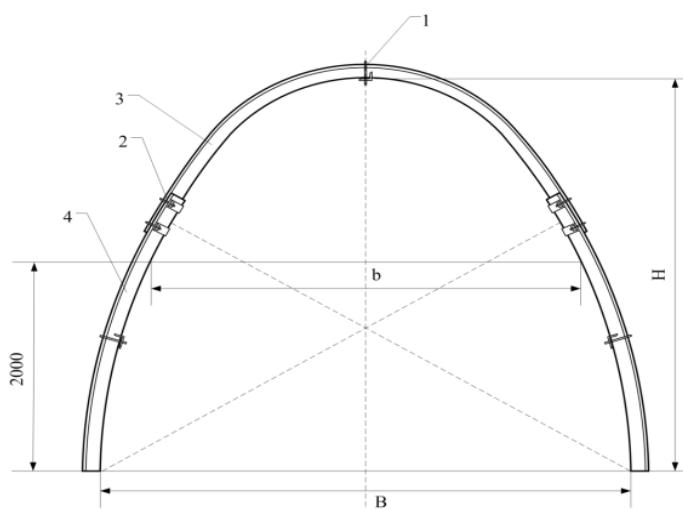


Рис. 8. Крепь КМП-А3Р2 (овоидная, трехзвенная, двухрадиусная): 1 – межрамная стяжка, 2 – замок, 3 – верхняк, 4 – стойка.

## **Выводы.**

1. При эксплуатации выработок на шахтах Восточного Донбасса в зоне неупругих деформаций образуются зоны интенсивной трещиноватости, характеризующиеся интенсивным увеличением числа и раскрытия трещин определяющие характер и параметры вывалообразования;
2. Характер действующей нагрузки при образовании интенсивно трещиноватых зон существенно отличается от нагрузки вне таких зон и имеет асимметричную направленность;
3. Анализ работоспособности арочной рамной податливой крепи из СВП в условиях интенсивной трещиноватости показывает ее низкую эффективность ввиду несоответствия направления и силы действующей нагрузки и направления податливости и деформационно-силовых характеристик арочной крепи;
4. Для оптимизации устойчивости выработок шахт ГП «Антрацит» в интенсивно трещиноватых зонах целесообразен пересмотр существующих закономерностей образования и развития ЗНД, а также адаптация силовых и деформационных характеристик крепи к параметрам действующей нагрузки. В этой связи представляется перспективным использование новых типов крепей с измененной формой и направлением податливости.

## Список литературы

1. Кипко А.Э., Палейчук Н.Н. О применении новых видов крепления в условиях шахты «Комсомольская» ГП «Антрацит»: Мат. международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений». Донецк: 20-21 апреля 2009 г. – Донецк: ДонНТУ – 135 с.
2. Сдвижкова Е.А., Бабец Д.В., Лозовский С.П. Статистическая модель устойчивости протяженной горной выработки: Материалы международной конференции «Форум горняков – 2005», том 4. – Днепропетровск: НГУ, 2005. – 258 с.
3. Литвинский Г.Г., Гайко Г.И., Автономов К.В. Повышение адаптивных свойств стальных рамных крепей: Технология и проектирование подземного строительства: Вестник. – Донецк: Норд-пресс, 2002. – Вып. 2. – 186 с.
4. Курузов Б.Н. Взрывное и механическое разрушение горных пород. – М.: Недра, 1973. – 312 с.
5. Кобзарь Ю.И. Обоснование технологических параметров поддержания горных выработок глубоких угольных шахт в обводненных условиях. Дис. Канд. техн. наук: 05.15.04. – Алчевск, 2009. – 158 с.
6. Кириченко В.Я., Усаченко Б.М. Механосинергетические явления в породных массивах, как геомеханическая база создания новых штрековых крепей горных выработок: Материалы 2-й научно – практической конференции «Школа подземной разработки». Днепропетровск: 5-12 октября 2008 г. Днепропетровск: НГУ, 2008. – 320 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Шашенком О.М.  
Надійшла до редакції 29.03.10*