

УДК 622.831:268.6

Охрана выемочных выработок с помощью технологических целиков

Установлено влияние технологических целиков в охранной полосе на устойчивость выемочной выработки, способствующей снижению потери площади ее поперечного сечения при отработке пласта антрацита на глубине 1320 м с применением комбинаций искусственных грузонесущих элементов и непрерывной породной полосы, полученной в результате взрыва.

Ключевые слова: шахта, лава, выработка, устойчивость, крепь, деформация, целик, разгрузка.

Контактная информация: vova_sid@mail.ru

Одна из проблем подземной разработки тонких пологонаклонных угольных пластов – сохранение в удовлетворительном эксплуатационном состоянии сопряженных с лавой выработок для их повторного использования. На практике применение существующих, в том числе рекомендуемых типовых способов охраны и средств поддержания выемочных выработок [1] не всегда обеспечивает их устойчивость – в основном на больших глубинах. Причина – в отсутствии адаптивного взаимодействия искусственно возводимых на концевых участках лавы ограждающих сооружений с интенсивно деформируемым вокруг выработки породугольным массивом, особенно активной фазы конвергенции кровли и подошвы после их обнажения при выемке угольного пласта, когда первоначально необходима высокая сопротивляемость охранно-поддерживающих сооружений с минимальной податливостью. Это можно осуществить путем использования естественных опор в виде формируемых на сопряжении с выработкой различных по формам оставляемых малоразмерных непрерывно расположенных технологических угольных целиков в совокупности с другими способами и средствами охраны, усиливающими их грузонесущую способность. Фактически при отработке пластов антрацита на шахтах Донбасса в комплексе с другими искусственно возводимыми опорами для кратковременного поддержания выработок успешно используются именно целики [2, 3].

Цель работы – проанализировать результаты наблюдений за состоянием выемочных выработок, охраняемых с помощью технологических целиков, решив задачи:

установления особенностей механизма разрушения целиков как жесткой естественной грузонесущей опоры в полосе охранных сооружений и их взаимодействия с деформируемыми боковыми породами;

обоснования перспективного направления применения технологических целиков с другими опорными средствами охраны и поддержания выработок при образовании проводимой в кровле бутовзрывным способом непрерывной разгрузочной полосы;

определения области рационального применения технологических целиков с разгрузочной полостью.



А. Ф. БОРЗЫХ,
доктор техн. наук
(Донбасский ГТУ)



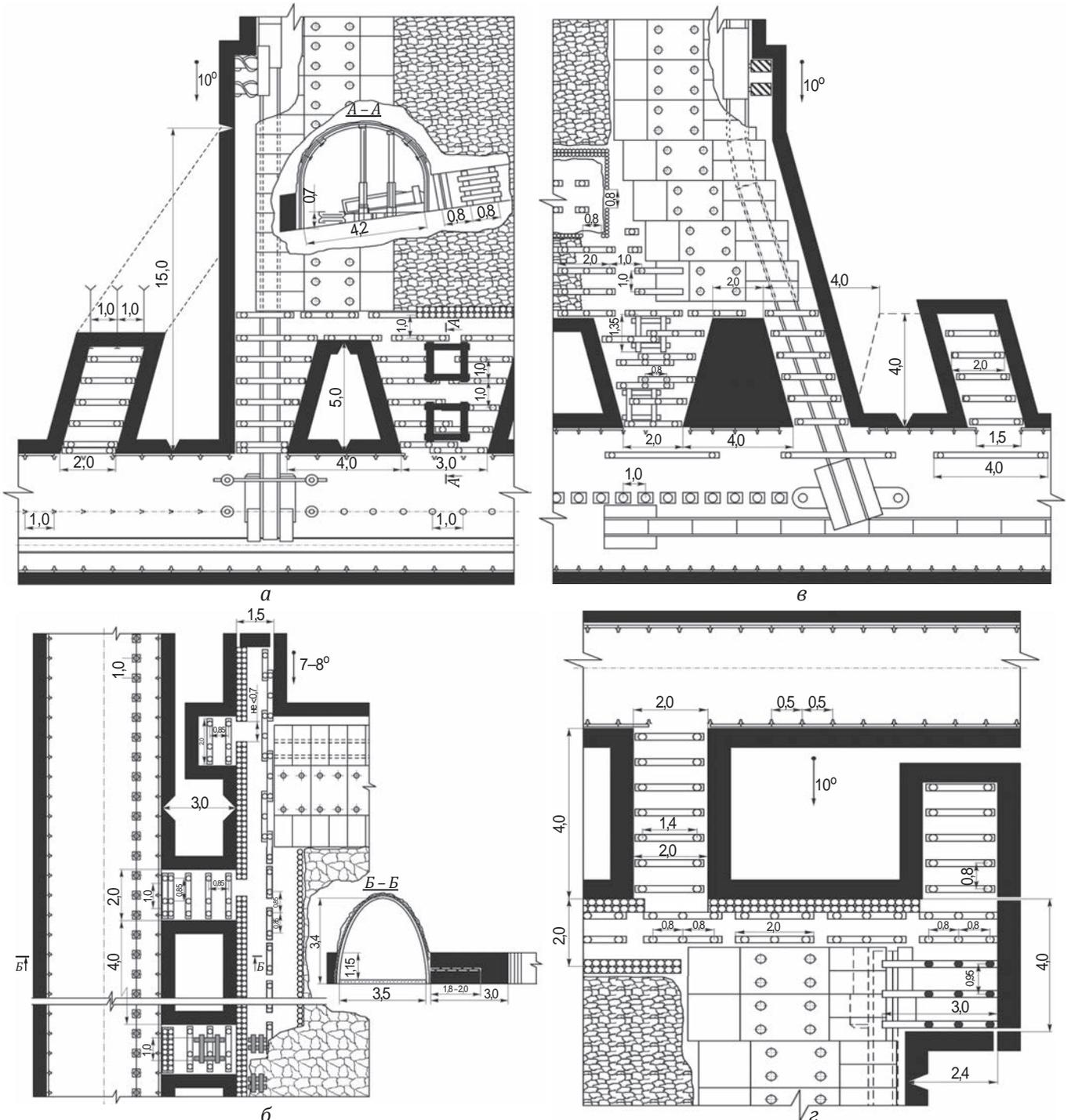
К. Е. СКРЫПНИК, инж.
(ОП «Шахтоуправление
Червонопартизанское»
ООО «ДТЭК Свердловантрацит»)



Е. В. ТРОФИМОВ, инж.
(ОП «Шахтоуправление
Червонопартизанское»
ООО «ДТЭК Свердловантрацит»)



Е. В. ПОСОХОВ, магистр
(ОП «Шахтоуправление
Ровеньковское»
ООО «ДТЭК Ровенькиантрацит»)



С учетом особенностей зональной дезинтеграции породугольного массива вокруг выемочной выработки технологические целики как жесткие естественные опоры уже при его обнажении определяют возрастающую интенсивность нагружения крепи [4], способствуют разрушению угольного пласта, кровли и почвы [5], осо-

бенно на сопряженных с лавой участках. Локализовать высокое сопротивление с помощью искусственных опор в охранной полосе невозможно. На практике в глубоких шахтах все больше в качестве естественных охранных опор применяют технологические целики, формируемые путем проведения опережающих печей весьма трудоем-

РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

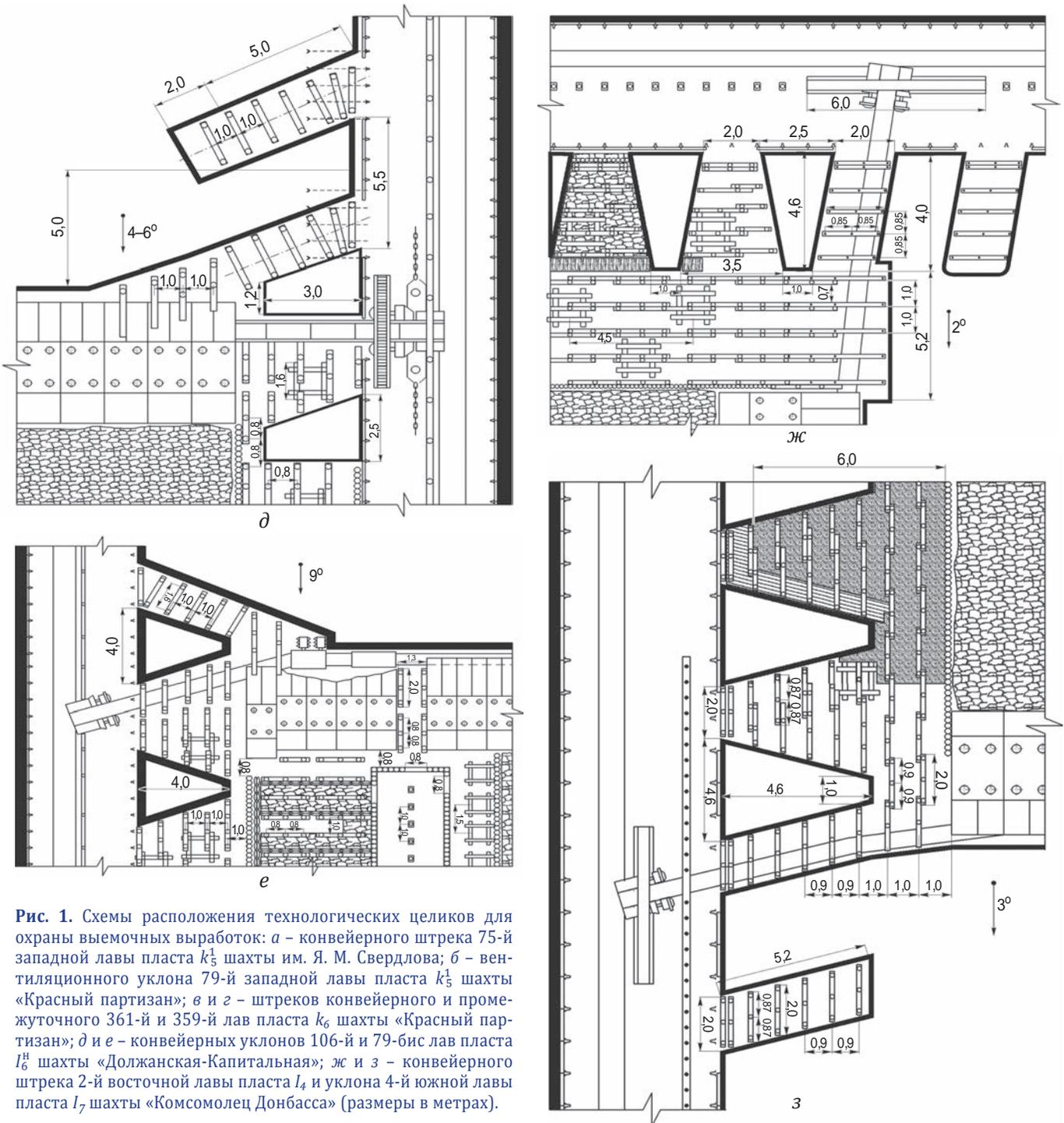


Рис. 1. Схемы расположения технологических целиков для охраны выемочных выработок: *а* – конвейерного штрека 75-й западной лавы пласта k_5^1 шахты им. Я. М. Свердлова; *б* – вентиляционного уклона 79-й западной лавы пласта k_5^1 шахты «Красный партизан»; *в* и *г* – штреков конвейерного и промежуточного 361-й и 359-й лав пласта k_6 шахты «Красный партизан»; *д* и *е* – конвейерных уклонов 106-й и 79-бис лав пласта l_6^H шахты «Должанская-Капитальная»; *ж* и *з* – конвейерного штрека 2-й восточной лавы пласта l_4 и уклона 4-й южной лавы пласта l_7 шахты «Комсомолец Донбасса» (размеры в метрах).

ким способом. Форма и размеры целиков и межцеликовых полостей (печей) зависят от схемы размещения приводных головок изгибающегося скребкового конвейера лавы (с выносом или без выноса на сопряженную с лавой выработку), ширины захвата комбайна, способа его подачи (цепная или безцепная), создания свободного прохода

для людей. На рис. 1 выборочно представлены наиболее распространенные схемы расположения технологических целиков в охранной полосе.

Технологические охранные целики, формируемые впереди лавы как основные естественные грузонесущие опоры сразу после ее прохода, временно



а



z



б



в



д

Рис. 2. Фотофрагменты состояния боковых обнажений трапецевидных целиков в печах пласта I_в^н 106-й лавы шахты «Должанская-Капитальная»: а – при проведении диагональной печи впереди лавы; б – перед возведением костров; в и z – после прохода 12 м со сторон уклона и выработанного пространства 79-й западной лавы пласта k₅ шахты «Красный партизан»; д – раздавливание целика через 14 мес.

способствуют снижению интенсивности сближения боковых пород в самой активной фазе проявлений горного давления на сопряжении выемочной и очистной выработок. В качестве дополнительных поддерживающих конструкций, усиливающих со-

противление сооружений в охранной полосе, используют деревянную рамную и анкерную крепи, органку и костры, ремонтини деревянные, металлические и гидравлические, балки-прогоны прямолинейные из СВП и деревянные, различные метал-

РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Показатели	Шахта, лава, пласт, выработка							
	Имени Я. М. Свердлова, 75-я западная; k_5^1 ; конв. штрек	«Красный партизан»			«Должанская-Капитальная»		«Комсомолец Донбасса»	
		79-я западная, k_5^1 , вент. уклон	361-я, k_6 , конвейерный штрек	359-я, k_6 , промежуточный штрек	106-я, I_6^H , конвейерный уклон	79-я бис, I_6^H , конвейерный уклон	2-я восточная, I_4 , конвейерный штрек	4-я южная, I_7 , уклон
Лава:								
мехкомплекс	1МКД90	1МКД90	2МКД90	2МКД90	2МКД90	2МКД90	ВМК-14РЗ	2МКД80
длина, м	250	300	286	278	196	200	217	230
скорость подвигания, м/мес	62	82	65	63	130	110	90	85
Пласт:								
мощность, м	1,15	1,15	1,2 – 1,3	1,25	1,45	1,1 – 1,2	1,08	1,0
угол падения, ...°	8–10	7–8	10	10	4–6	9	2	3
глубина разработки, м	1060	1130–1368	1040	1010	970–990	700–880	810–850	770–820
Категория устойчивости боковых пород:								
нижнего слоя кровли	Б ₃	Б ₂ , Б ₃	Б ₂	Б ₂	Б ₂	Б ₃	Б ₂	Б ₃
верхнего слоя почвы	П ₂	П ₃	П ₂	П ₂	П ₂	П ₃	П ₂	П ₁ , П ₂
обрушаемости массива кровли	А ₂	А ₂	А ₂	А ₂	А ₂	А ₃	А ₂	А ₃
Выработка:								
типоразмер крепи	КМП АЗ-12,4	КМП АЗ-Р2-14,1	КМП АЗ-11,2		КМП АЗ-13,8			
шаг установки, м	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,9
высота всвету, мм	3615	3793	3140	3140	3395	3395	3395	3395
ширина по подошве, мм	4540	4825	4530	4530	4940	4940	4940	4940
глубина подрывки подошвы, м	-	-	0,8	0,8	0,3	0,7	-	0,4
Целик:								
ширина	4,0	3,0	4,0	3,0	3,5	4,0	4,6	4,6
коэффициент устойчивой формы	3,4	2,7	5,2	3,2	1,1	1,5	2,2	3,9
Относительная максимальная потеря площади сечения выработки на экспериментальном участке, м ²	Погашается	18–21	Погашается	18–22	Погашается	20–25	24–28	30–35
Разновидность ремонтных работ	-	Перекрепление с полными выпуском породы и заменой крепи	-	Частичная замена крепи с выпуском породы	-	Перекрепление с частичной заменой крепи, поддирка подошвы выработки, восстановление замковых соединений		



а



б

Рис. 3. Характер зависания кровли пласта k_5^1 над технологическим целиком со стороны выработанного пространства (фотофрагменты), при удалении от лавы соответственно на 8 м (а) и 12 м (б).

лические профили, откосные стойки и другие вспомогательные опоры.

На основании теоретических предпосылок [6, 7] и комплекса натуральных наблюдений за проявлениями горного давления в сопряженных с лавой выработках, охраняемых по схеме угольный массив–ограждение, сформировано обобщенное представление о механизме взаимодействия технологических целиков как доминирующей опоры со смещающимися во времени боковыми породами. В зоне опорного горного давления впереди лавы, сопровождаемого повышенным напряжением обнажаемого выработкой слоистого породугольного массива в зависимости от исходных структурно-прочностных свойств литологических составляющих образуются разные по плотности распространения и ориентации относительно плоскости угольного пласта системы техногенных трещин, предопределяющих степень его ослабления. С подвиганием очистного забоя ореол граничных зон интенсивности трещинообразований и смещений породных слоев вплоть до их разрушения вокруг выработки распространяется вглубь массива. Максимальная нагрузка на охранную опорную полосу компенсируется жесткостью целика, сохраняющего контакт с боковыми породами до полной потери его несущей способности.

При некотором удалении от лавы технологический целик работает как концентратор напряжений, способствующий выдавливанию почвы в выработку, выработанное пространство и межцеликовую полость, что неизбежно сопровождается асимметричной на-

грузкой на опорные элементы и изменением контуров выработки. После полного разрушения целика уплотняющаяся кусковато-блочная угольная масса выполняет аналогично породной функцию бутовой полосы, которая в определенной мере также снижает интенсивность сближения кровли и подошвы выработки. Потери несущей способности целиков подтверждаются натурными наблюдениями за их трещинообразованием, разрушением при удалениях от лавы на разные расстояния и в разное время.

Образование технологических трещин в проводимых печах визуально не зафиксировано (рис. 2, а, б), но уже после прохода лавы при удалении от нее на 8–12 м по периметру целика наблюдались сквозные открытые вертикально расположенные к плоскости пласта трещины (см. рис. 2, в, г). После перекрепления выработки и выпуска из закрепленного пространства раздробленной породугольной массы в отдельных местах уклона 79-й западной лавы пласта k_5^1 по истечении продолжительного времени (более 14 мес) установлены участки полностью смятых технологических целиков (см. рис. 2, д). При этом межцеликовое пространство плотно заполнено выдавленной почвой, обрушенной кровлей и разрушенным углем.

В зависимости от исходных условий (таблица) технологические целики в совокупности с другими естественными средствами охраны применяют в двух случаях: после прохода лавы с временным поддержанием погашаемой выработки или повторным использованием после ее восстановления. Потенциально нагру-

РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ



а



б



в



г



д



е



ж



з

Рис. 4. Фотофрагменты изменений контуров крепи уклона 79-й западной лавы пласта k_5^1 при удалении от нее: *а* – вперед на 60 м; *б* – в створе; *в* – сзади на 57 м; *г* – на 80 м; *д* – на 660 м; *е* – на 720 м; *ж* – на 820 м; *з* – на 1040 м.

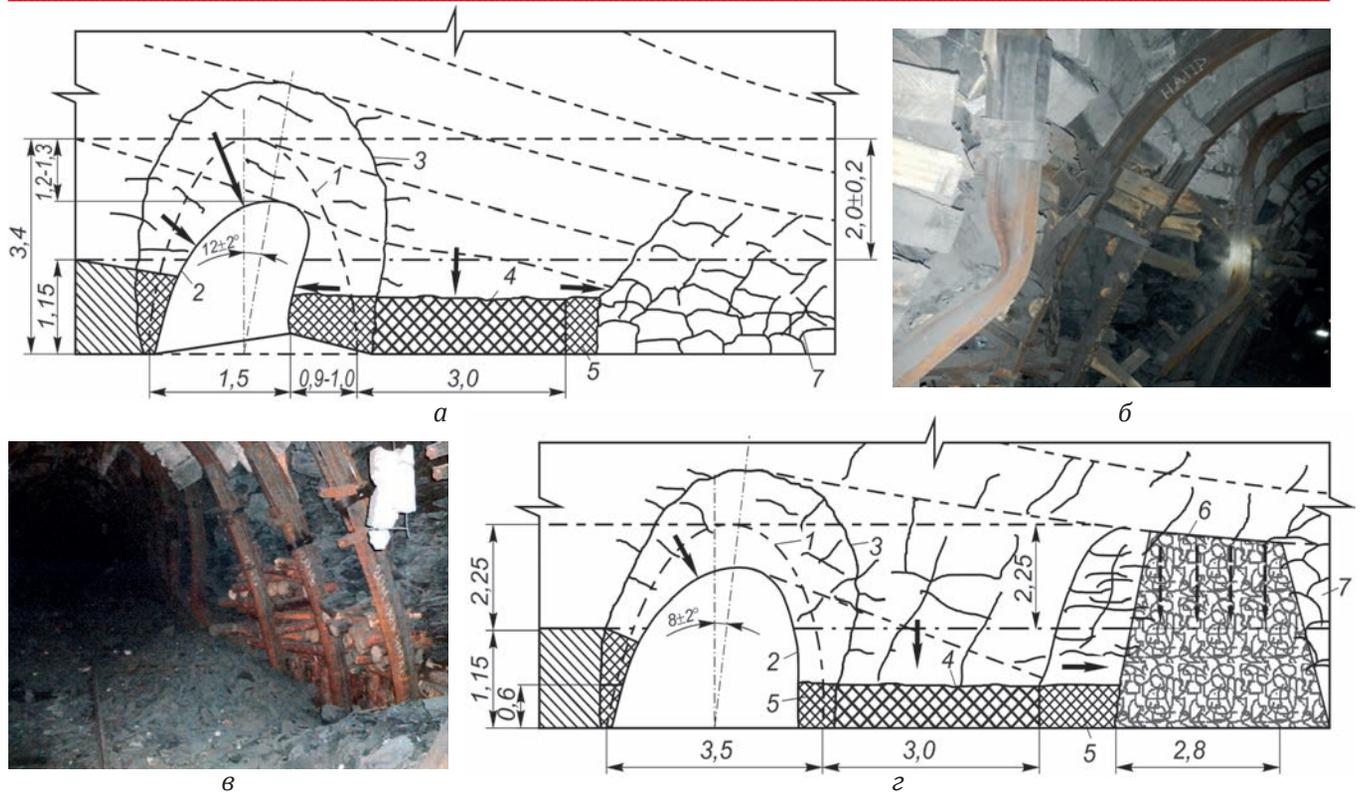


Рис. 5. Изменение контуров по сравнению с исходными вокруг вентиляционного уклона 79-й западной лавы пласта k_5^1 на его участках: а, б и в – схема и фотофрагменты фактического применения технологического целика; з – схема экспериментального участка с бутувзрывной полосой; контуры: 1 – исходный свесу; 2 – деформированный; 3 – свода естественного равновесия разрушенной кровли; 4 – раздавленного целика; 5 – отжима краев части целика; 6 – бутувзрывной полосы; 7 – выработанного пространства; \rightarrow – направление преобладающего смещения обнаженного породугольного массива (размеры в метрах).

зочно-разгрузочные свойства охранной полосы можно обобщенно охарактеризовать относительным показателем, отражающим коэффициент устойчивой формы в объеме целика:

$$P_{\phi} = b_{ц} d_{ц} / (d_{п} m_{в}),$$

где $b_{ц}$, $d_{ц}$ и $d_{п}$ – средние значения ширины целика, его длины и образованной межцеликовой полости, m^2 ; $m_{в}$ – высота целика (мощность вынимаемого пласта), м.

Коэффициент устойчивой формы P_{ϕ} отражает соотношение площадей целика и обнажения угольного пласта разгрузочной полостью, расположенной к нему по нормали. Для рассматриваемых фактических условий (см. таблицу, рис. 1) ширина технологических целиков составляет приблизительно 3–5 м (в среднем 4,3 м) при $P_{\phi} = 1,1...5,2$ (в среднем 3 м). В случае повторного использования выемочных выработок для повышения эффективности разгрузочного эффекта целесообразно предусматривать коэффициенты устойчивой формы P_{ϕ} при глубинах разработки 1000 м более 3, менее

1000 м – 3 (см. таблицу). Принятие целенаправленных мер по обеспечению необходимой грузонесущей способности целиков за счет возведения дополнительных усиливающих сопротивление искусственных опорных конструкций необходимо компенсировать увеличением расходов на их реализацию. Основной фактор, определяющий также работоспособность охранной полосы и устойчивость сопряженной с лавой выработки, – глубина разработки (см. таблицу).

Отметим, что после прохода лавы кровля в выработанном пространстве при удалении на 12 м зависит над целиками (рис. 3), создавая дополнительную нагрузку на целик и приконтурную часть угольного массива. С удалением от лавы состояние уклона ухудшается при потере площади его сечения вследствие выдавливания в основном со стороны лавы пород и угля (рис. 4). Начало разрушений целиков приходится на угловые части. Целики полностью раздавливаются по истечении более 14 мес (см. рис. 2, д), что сопровождается деформациями крепежных рам, разрывами замковых соединений,

изгибами и кручениями СВП. Максимальное отклонение вертикальной оси симметрии арочной крепи от первоначального положения в сторону охранной полосы 14° при потере площади сечения 18–21 % (рис. 5).

Установлено, что основная причина потери площади сечения конвейерного уклона 79-й западной лавы пласта k_5^1 до его раздавливания – зависание кровли над выработкой при отсутствии недостаточного по объему разгрузочного пространства, в том числе межцеликовой полости, а также опорных конструкций по периметру целика, которые способствуют преобладающим смещениям породугольного массива в сторону уклона (см. рис. 5, а). Исходя из этих обстоятельств, предложено со стороны выработанного пространства проводить непрерывную бутовзрывную полосу путем подрывки кровли на высоту не менее 2 м (см. рис. 5, з). Технология апробирована на экспериментальном участке уклона длиной 45 м между пикетами 28–30 + 5 м. При этом боковые смещения крепи в сторону лав совместно с разрушенным породугольным массивом в 2–2,5 раза меньше, чем в случае паспортной схемы (см. рис. 5, а). Наибольший эффект частичной разгрузки кровли и создания дополнительного сопротивления бутопородной полосы достигался, когда высота и ширина выработки были примерно равны.

Образование дополнительного свободного пространства принудительной взрывной «подсечной» кровли изменяет контур профиля площади сечения выработки в результате выдавливания не только разрушенных кровли и угольного целика в противоположную сторону от выработки (см. рис. 5, б), но и ее подошвы (см. рис. 5, в). Характер бокового смещения контура уклона остается неизменным, однако его размеры уменьшаются. По данным замеров, на стадии затухания сдвижения массива выдавливание углепородного массива на экспериментальном участке (см. рис. 5, з) составило 1,2–1,8 м по сравнению с фактически применяемым (см. рис. 5, а), что позволило отремонтировать уклон с частичным выпуском породы и заменой отдельных стоек по истечении 14 мес. Потери площади сечения уклона на экспериментальном участке за указанный период составили 15–20 %.

Выводы. С помощью технологических целиков в охранной полосе за счет их первоначальной высокой грузонесущей способности на концевом участ-

ке лавы обеспечивается повышение устойчивости вмещающих пласт пород. Для повторного использования выемочных выработок необходимы дополнительные опорные средства, включая способы разгрузки, которые следует применять в зависимости от глубины разработки, соотношения размеров целиков и межцеликового пространства, а также мощности вынимаемого пласта.

Рекомендуемая технология охраны выемочных выработок в комбинации с бутовзрывной разгрузкой нижних слоев кровли ограничена рациональной областью их использования: угли прочные, не самовозгорающиеся; шахты не газовые; мощность вынимаемого пласта не более 1,6 м, угол падения не более 12° , подошва выработки средней и выше средней устойчивости; категории массива кровли – обрушаемые. Технологические целики наиболее целесообразны в качестве дополнительной естественной опоры в охранной полосе выемочной выработки при повторном использовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони: СОУ 10.1.00185790.011:2007. – К.: Мінвуглепром України, 2007. – 113 с. – (Нормативний документ Мінвуглепрому України).
2. Борзых А. Ф. Формирование технологических целиков для охраны прилегающих к лаве выработок / А. Ф. Борзых, С. П. Офицеров // Уголь Украины. – 2005. – № 2. – С. 12–14.
3. Мартовицкий А. В. Концепция перехода шахт Западного Донбасса на повторное использование выработок / А. В. Мартовицкий, В. И. Пилюгин // Уголь Украины. – 2011. – № 9. – С. 11–15.
4. Борзых А. Ф. Особенности зональной дезинтеграции пород кровли и угольного пласта вокруг горной выработки / А. Ф. Борзых // ФТПРПИ. – 1999. – № 5. – С. 40–50.
5. Бондаренко В. И. Расчет параметров рамно-анкерной крепи выемочных выработок / [В. И. Бондаренко, И. А. Ковалевская, А. В. Вивчаренко и др.] // Уголь Украины. – 2014. – № 5. – С. 3–7.
6. Бондаренко В. И. Геомеханика взаимодействия охранных конструкций выемочных выработок с разупрочненным породным массивом / В. И. Бондаренко, И. А. Ковалевская, Г. А. Симанович, А. И. Коваль // Наук. вісник НГУ. – 2007. – № 5. – С. 3–8.
7. Бондаренко В. И. Повышение устойчивости выемочных выработок в слоистом массиве слабых пород / [В. И. Бондаренко, И. А. Ковалевская, А. В. Вивчаренко и др.] // Уголь Украины. – 2014. – № 2. – С. 8–11.