

## Поддержание подготавливающих выработок в выработанном пространстве глубоких антрацитовых шахт

*На основании натурных исследований проанализирован опыт поддержания выработок, расположенных в выработанном пространстве глубоких антрацитовых шахт. Установлены характер формирования контурных смещений кусковато-блочного породного массива, рациональная область применения способа и основные факторы, влияющие на устойчивость выработок.*

В результате наметившейся в настоящее время тенденции роста нагрузки на комплексно-механизированные забои в шахтах Украинского Донбасса при выемке пологонаклонных угольных пластов за счет увеличения длины выемочного столба и лавы, скорости ее подвигания приоритетным остается решение вопроса, связанного с локализацией влияния возрастающих с глубиной разработки интенсивных проявлений горного давления на устойчивость выработок, которое весьма актуально для охраны и поддержания пластовых подготавливающих выработок.

Из существующих способов продолжительного безремонтного содержания выработок основным является сооружение их в выработанном пространстве (рекомендуется отраслевым документом [1] и подтверждается на практике [2, 3]). При протяженных (более 1200 м) вы-

мочных столбах для создания запасных выходов, а также для обеспечения надежного проветривания лав и тупиковых забоев необходимо проведение (чаще по выработанному пространству) дополнительных выработок.

Как показывают исследования [4], главная предпосылка обеспечения устойчивости выработок, размещаемых в обрушенных на определенную высоту и уплотненных породных слоях массива кровли, – образование в выработанном пространстве равновесной горно-геомеханической системы, характеризующейся пространственно-временной упорядоченностью кусковато-блочной среды из несцементированного геоматериала с проявлением эффекта торможения саморасклинивающихся породных отделенностей. Этот эффект как производная изменения напряженно-деформированного состояния подрабатываемого массива зависит прежде всего от особенностей «упаковки» этих отделенностей, выражающейся в плотности и распространении замкнутой сети техногенных трещин, в форме и размерах контактирующих по граням структурных элементов, их остаточной прочности и неровностях поверхно-



**В. Н. СИИДОВ,**  
магистр  
(Донбасский ГТУ)



**Т. С. МЕСРОПЯН,**  
инж.  
(ОП «Шахта им. В. В. Вахрушева»  
ООО «ДТЭК Ровенькиантрацит»)



**Е. В. ТРОФИМОВ,**  
инж.  
(ОП «Шахта им. Я. М. Свердлова»  
ООО «ДТЭК Свердловантрацит»)

стей, включая сопротивление перемещению. Устойчивость этой дефектной породной структуры при ее обнажении теоретически пока не обоснована.

С использованием особенностей формирования контуров сооружаемых в выработанном пространстве выработок разработано новое технологическое решение для обеспечения их про-

## РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

должительной сохранности за счет оставления над крепью компенсационной полости в зависимости от исходных прочностных свойств разуплотненного слоистого геоматериала [5]. Реализация указанного решения без существенных затрат на содержание выработок осуществлена в условиях антрацитовых шахт Восточного региона Украинского Донбасса. Натурные исследования способствовали раскрытию механизма формирования устойчивых контуров обнажения разрушенного слоистого породного массива выработками, сооружаемыми в выработанном пространстве.

Цель работы – установление на базе натурных исследований в условиях глубоких антрацитовых шахт механизма формирования устойчивых контуров вокруг сооружаемых в выработанном пространстве выработок.

Для изучения изменений во времени конфигураций контуров горного массива, обнаженного выработкой, использовались методы натурных наблюдений, инструментальных измерений с применением рулетки «Азимут» конструкции ВНИМИ, фотопланиметрии с фиксацией необходимых размеров, горный компас и фотодальномер «Блик». Объекты исследований – наклонные выработки (уклоны и бремсберги) глубокого заложения, пройденные по выработанному пространству лав в разных условиях залегания антрацитовых пластов, общие характеристики которых представлены в таблице.

Состояние подготавливающих выработок, сооружаемых в обрушенных и уплотненных поро-

дах выработанного пространства глубоких антрацитовых шахт (далее – выработок), в основном определяется особенностями и степенью уплотнения кусковато-блочных породных отделностей в пределах высоты их обрушения, соизмеримой с высотой конкретной выработки, а также объемом остаточной пустотности за пределами ее обнажения. Так, в диагонально пройденном в выработанном пространстве вентиляционном уклоне пласта  $k_5^1$  67-й западной лавы шахты «Красный партизан» (см. таблицу) при высоте обрушения его кровли 5,8 – 6,7 м (включая пласт-спутник  $k_5^2$  мощностью 0,2 – 0,4 м), представленной однородным трещиноватым алевролитом прочностью на одноосное сжатие  $\sigma_{сж} = 51...53$  МПа, по истечении 17 мес со дня сооружения уклона после затухания процесса сдвижения массива наблюдались равномерные смещения пород по контуру выработки без потери ее устойчивого состояния (рис. 1). Аналогичные потери площади сечения во времени и по длине замечены во фланговом вентиляционном уклоне 67-й западной лавы [2].

При проведении в местах перехода уклона по пласту  $k_5^1$  узкого оградительного целика (рис. 2, а) происходили вывалообразования кровли на высоту разрушенных пород до пласта  $k_5^2$  (рис. 2, б). В зоне выработанного пространства, сопряженного с краевой частью вынимаемого 57-й западной лавой пласта  $k_5^1$ , через 4 мес после ее подвигания на 125 м наблюдалось выдавливание почвы с потерей площади сечения уклона до 75 % (рис. 2, в).



а



б

**Рис. 1.** Состояние вентиляционного уклона, пройденного по выработанному пространству лавы 67-й западной пласта  $k_5^1$ , по истечении 17 мес после его проведения: а – в центральной части лавы; б – на удалении от технологических целиков на 15 м.

## РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

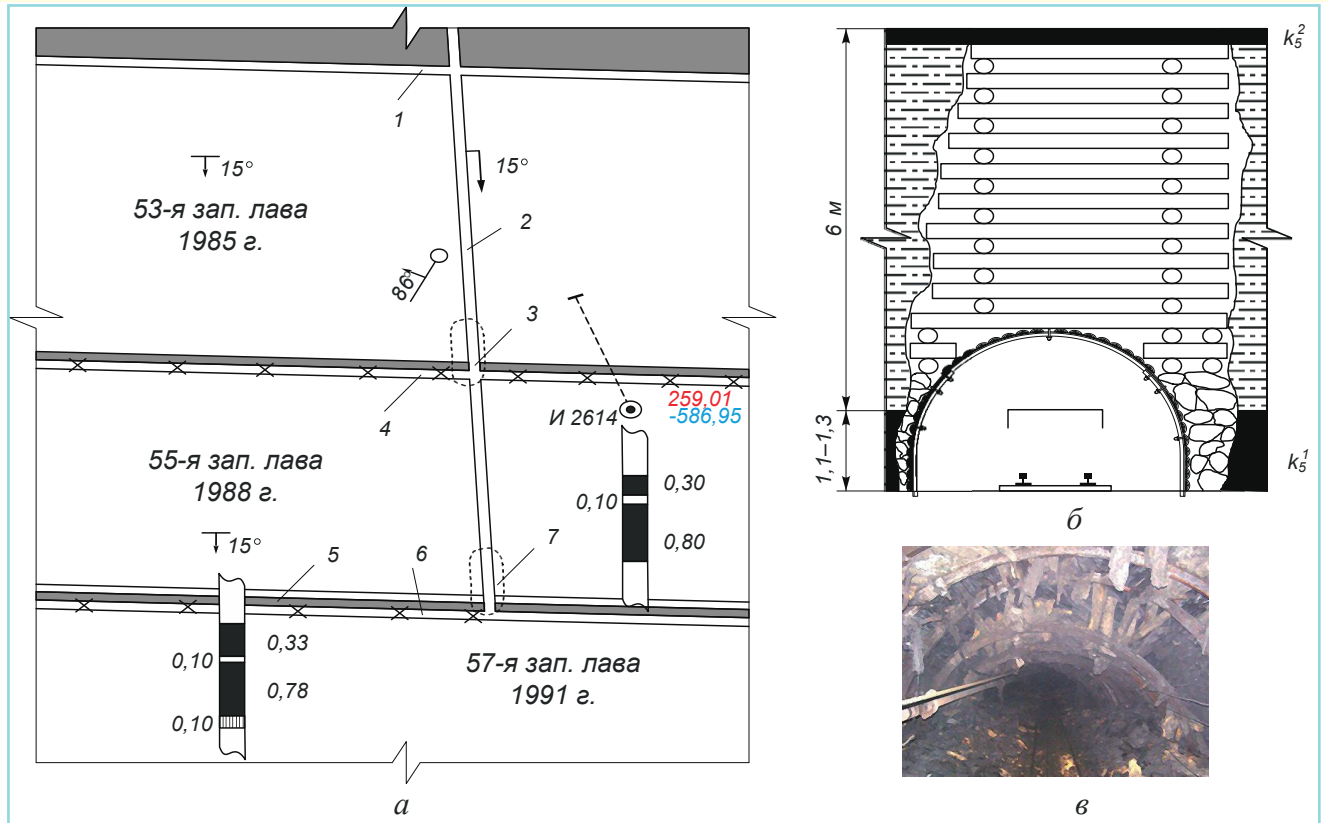
Выработка	Лава	Пласт			Выработка							Продолжительность сдвижения массива, мес
		Индекс	Средняя мощность, м	Угол падения, град	Длина, м	Исходная площадь сечения всвету, м <sup>2</sup>	Средняя глубина заложения, м	Шаг установки рам крепи, м	Месяц, год сооружения	Интервал между сооружениями и проходом лавы	Срок эксплуатации	
<i>ОП «Шахта «Красный партизан» ООО ДТЭК «Свердловантрацит»</i>												
Вентиляционный уклон	57-я зап.	$k_5^1$	1,2	15	205	9,8	850	0,8	Апр.1986	14	79	9,8
	55-я зап.				160				Окт. 1989			
Вентиляционный уклон	67-я зап.		1,39	7	340	13,8	1163	0,8	Янв. 2002	12	90	13,1
	65-я зап.		1,32	9	230	12,2	1000	0,8	Окт. 2005	6	41	11,4
Фланговый вентиляционный уклон	67-я зап.	1,39	7	225	13,8	1080	0,8	Сент. 2003	6	34	12,2	
<i>ОП «Шахта им. Я. М. Свердлова» ООО ДТЭК «Свердловантрацит»</i>												
Западный транспортный ходок	77-я зап.	$k_5^1$	1,07	10	200	8,5	1130	0,5	Июнь 2008	24	32	13,1
Бремсберг № 5	77-я зап.		1,15	6	207	8,5	1150	0,5	Июнь 2008	11	До настоящего времени	13,3
	75-я зап.		1,2	8	260	8,5	1112		Февр. 2011	16		12,9
<i>ОП «Шахта им. Ф. Э. Дзержинского» ООО ДТЭК «Ровенькиантрацит»</i>												
Вентиляционный уклон № 3	1-я	$k_7$	0,85	15	197	8,5	610	0,5	Март 2003	21	До настоящего времени	7,3
	3-я		0,97	15	265	10,4	670	0,8	Авг. 2006	3		7,8
	5-я		0,92	14	240	10,4	780	0,5	Май 2012	9		9,3
	9-я		1,08	13	212	10,4	870	0,5	Янв. 2011	4		10,1
<i>ОП «Шахта им. Космонавтов» ООО ДТЭК «Ровенькиантрацит»</i>												
Уклон № 6	620-я зап.	$k_{10}$	0,756	14	180	10,4	550	0,5	Янв. 2006	36	48	6,6
Вентиляционный уклон № 1	1-я	$k_8$	1,5	9	305	10,4	930	0,8	Окт. 2011	13	До настоящего времени	10,5

В условиях отрабатываемого пласта  $k_5^1$  шахтой им. Я. М. Свердлова (см. таблицу) при проведении и поддержании выработок (рис. 3) формируется устойчивый контур обнажаемых уплотненных пород с образованием пустотных зон в закрепном пространстве. Причина – наличие в обрушаемом слое кровли максимальной мощностью до 10,5 м более прочных малотрециноватых алевролита и песчаника, склонных к зависанию на 2 – 3,2 м при выемке пласта.

На рис. 4 показаны фрагменты состояния указанных выработок в различных местах по их длине и истечении определенного времени. В данных условиях формируется близкий к прямо-

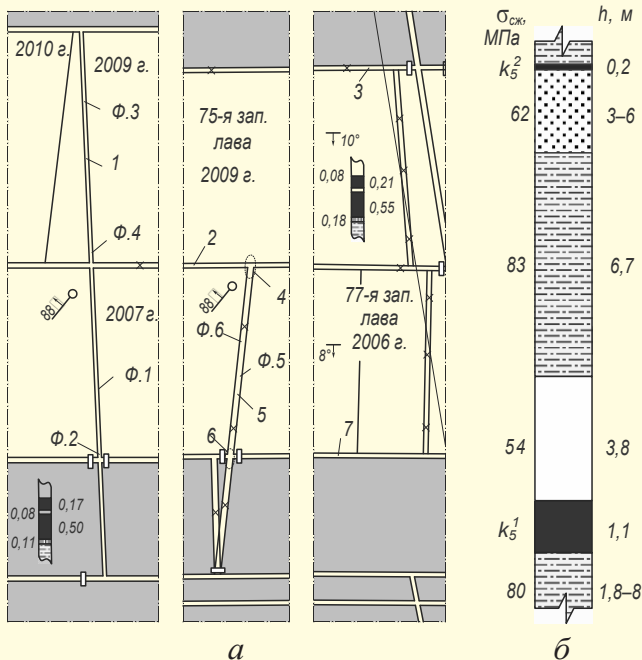
угольной форме устойчивый контур обнажаемых пород, при оседании потолочины которых во время эксплуатации выработок оставляемый зазор 0,2 – 0,3 м между верхняком возводимой арочной крепи и кровлей ликвидируется. Это приводит к ее вертикальному нагружению с последующим образованием «зева» в замковых соединениях между стойкой и верхняком, а также к разрыву нижнего хомута. При этом почти полностью прекращаются контурные смещения пород и крепи с сохранением удовлетворительного состояния выработок вплоть до их погашения. После извлечения крепи в кровле увеличивается ширина зависающей потолочины в 1,8 – 2,2 раза по сравнению с аналогичной шири-

## РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ



**Рис. 2.** Состояние уклона во время его проведения при переходе им узкого непрерывного целика и после прохода 57-й западной лавы: *а* – выкопировка из плана горных выработок по пласту  $k_5^1$  шахты «Красный партизан»; *б* – характерное вывалообразование пород по уклону длиной 13 м; *в* – состояние уклона в зоне его сопряжения с вентиляционным штреком 57-й западной лавы; 1, 4 и 6 – вентиляционные штреки лав 53-й, 55-й и 57-й западных;

2 – вентиляционный уклон; 3 – зона обрушения кровли; 5 – оградительный целик шириной 3 м; 7 – зона уклона с потерей площади сечения до 75 % и деформацией крепи.



**Рис. 3.** Расположение выработок, проведенных по выработанному пространству лав 75-й и 77-й западных: *а* – выкопировка из плана горных выработок по пласту  $k_5^1$  шахты им. Я. М. Свердлова; *б* – структура боковых пород пласта: 1 – бремсберг № 5; 2 и 7 – конвейерные штреки 75-й и 77-й западных лав; 3 – вентиляционный штрек 75-й западной лавы; 4 и 6 – зоны интенсивных потерь площади сечения ходка и деформаций его крепи лав на удалении от конвейерных штреков в стороны выработанного пространства и угольного целика на 8 и 42 м после прохода 75-й и 77-й западных лав; 5 – западный транспортный ходок.

## РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ



*а*



*б*



*в*



*г*

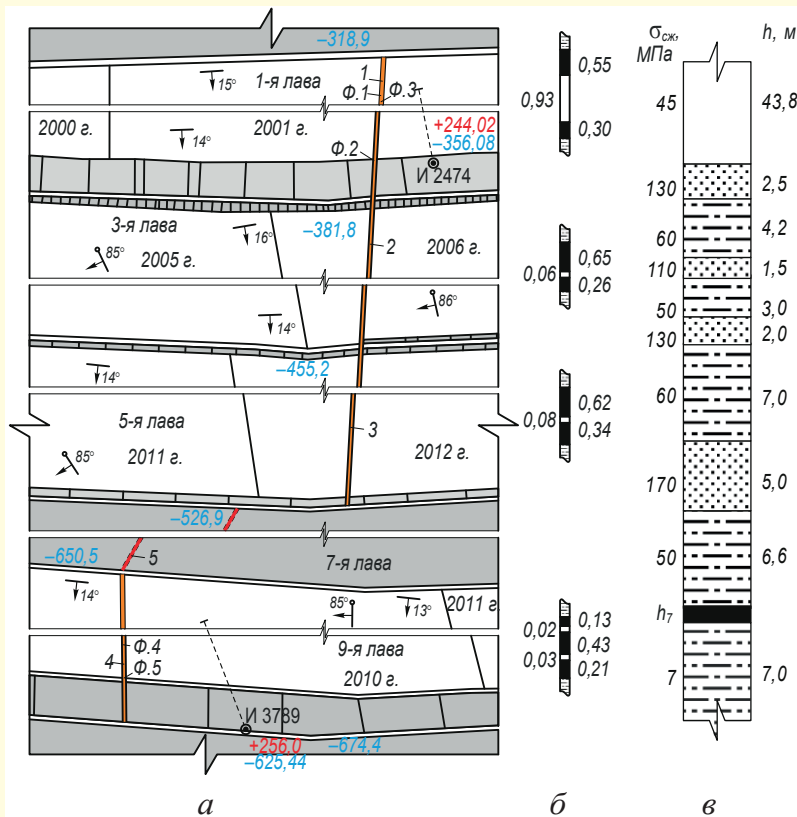


*д*



*е*

**Рис. 4.** Состояние выработок, расположенных в выработанном пространстве на шахте им. Я. М. Свердлова: *а* и *б* – бремсберга № 5 в центральной части 77-й западной лавы (Ф. 1) и на удалении 12 м (Ф. 2) от конвейерного штрека по истечении 26 мес после его проведения; *в* и *г* – бремсберга № 5 в центральной части 75-й западной лавы (Ф. 3) и на удалении 25 м (Ф. 4) от конвейерного штрека через 21 мес после его проведения; *д* и *е* – контуры остаточных сечений западного транспортного ходка перед извлечением крепи (Ф. 5) и после ее извлечения (Ф. 6).



**Рис. 5.** Схема расположения уклона № 3 в выработанном пространстве 1-й, 3-й, 5-й и 9-й лав пласта  $k_7$ : а – выкопировка из плана горных выработок; б – стратиграфические колонки угольного пласта; в – структура вмещающих пласт пород; 1, 2, 3 и 4 – выработанное пространство 1-й, 3-й, 5-й и 9-й лав; 5 – диагональная часть уклона № 3, проектируемая к проведению после отработки 7-й лавы.

ной при проведении ходка за счет свободного сползания кусковато-блочных породных отдельностей под углом их естественного откоса (рис. 4, е).

Натурные наблюдения, начиная с октября 2006 г., за состоянием уклона № 3, сооруженного в выработанном пространстве 1-й, 3-й, 5-й и 9-й лав пласта  $k_7$  шахты им. Ф. Э. Дзержинского (рис. 5) и эксплуатируемого до настоящего времени, позволили выявить влияние пустотности в закрепном пространстве и промежутка времени между проведением и продолжительностью процесса сдвигения подрабатываемого массива на состояние выработки. Поскольку при сооружении уклона № 3 время начала проходческих работ после отхода очередной лавы было различным (см. таблицу), начальные условия эксплуатации также отличались. Максимальный интервал (21 мес) между проходом очистного забоя и началом проведения уклона наблюдался на участке лавы № 1 (рис. 6). При этом качество забутовки закрепного пространства

по бокам выработки (в силу уплотнения обрушенных пород) по сравнению с участками 3-й и 5-й лав было лучшим. Зазор от крепи до породного контура обнаженной кровли в последних составил 0,2 – 0,4 м. Несмотря на это, в уклоне № 3 наблюдаются разрывы планок в замковых соединениях (см. рис. 6, а), вызванные боковыми смещениями оснований стоек арочной крепи (см. рис. 6, б) и выдавливанием подошвы выработки на 0,2 – 0,3 м (см. рис. 6, в). На участках 3-й, 5-й и 9-й лав начальные условия эксплуатации уклона и его дальнейшее состояние были аналогичны, рамы крепи на первоначальном этапе не подвергались нагружению, так как расстояние от крепи до обнаженного породного контура составляло 0,3 – 1,5 м (см. рис. 6, з).

Характерными проявлениями горного давления в уклоне № 3 на участках всех четырех лав являются деформации крепи и потеря площади сечения выработки при ее выходе из краевой части угольного массива или целика (см. рис. 6, б, д).

За состоянием уклонов, пройденных по выработанному пространству пластов  $h_8$  и  $h_{10}$ , наблюдали в условиях шахты им. Космонавтов (рис. 7, 8). Особенностью изменения формирования контура арочной крепи в вентиляционном уклоне № 1 лавы 1-й пласта  $h_8$  является проявление смещений кровли до 0,5 – 0,6 м, преобладающих по истечении 6 мес эксплуатации (см. рис. 7, в). На границе с краевой частью целика преобладают боковые смещения, равные 0,8 – 1 м, в направлении линии падения основной системы природной терциноватости кровли (см. рис. 7, а, з).

В уклоне № 6 (см. рис. 8), пройденному по выработанному пространству лавы 620-й западной пласта  $h_{10}$ , по истечении 36 мес потеря его высоты составляет около 65 %. Отметим, что вертикальные и боковые смещения его контура на начальной стадии одновременно увеличиваются, в последующем на стадии интенсивного затухания эти смещения изменяются независимо друг от друга, а затем уменьшаются в согласованном режиме (см. рис. 8, б).

Существенно влияет на проявление эффекта взаимоторможения смещающихся породных блоков в пролете обнажения кровли выработкой плот-



*а*



*б*



*в*



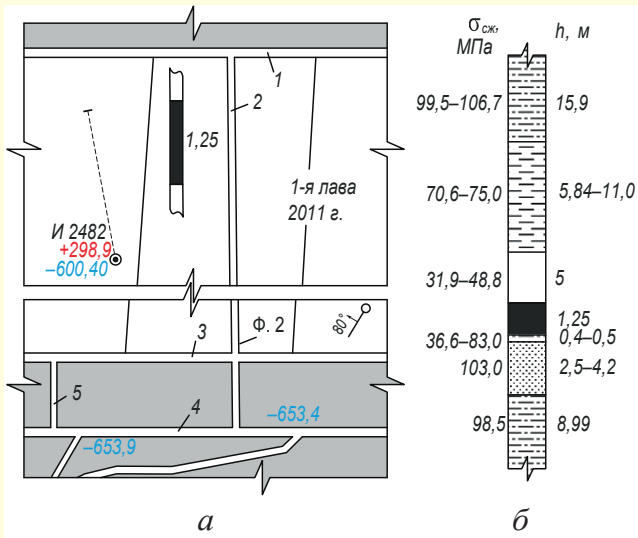
*г*



*д*

**Рис. 6.** Состояния вентиляционного уклона № 3: *а, б, в* – пройденного по выработанному пространству 1-й лавы соответственно Ф. 1 – Ф. 3; *г и д* – 9-й лавы соответственно Ф. 4 и Ф. 5 (см. рис. 5).

## РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ



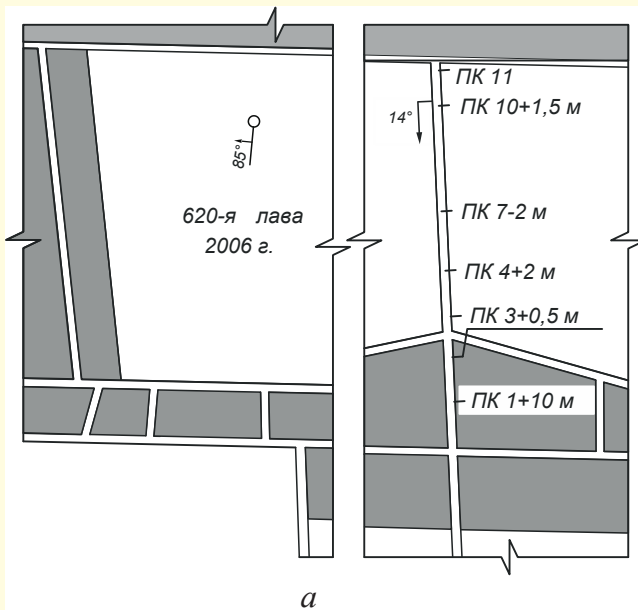
**Рис. 7.** Расположение вентиляционного уклона № 1: *а* – выкопировка из плана горных выработок по пласту  $h_8$ ; *б* – структура боковых пород; *в* и *г* – фотофрагменты состояния выработки Ф. 1 и Ф. 2; 1 и 3 – штреки 1-й лавы вентиляционный и транспортный; 2 – вентиляционный уклон № 1; 4 – штрек откаточный; 5 – печь.



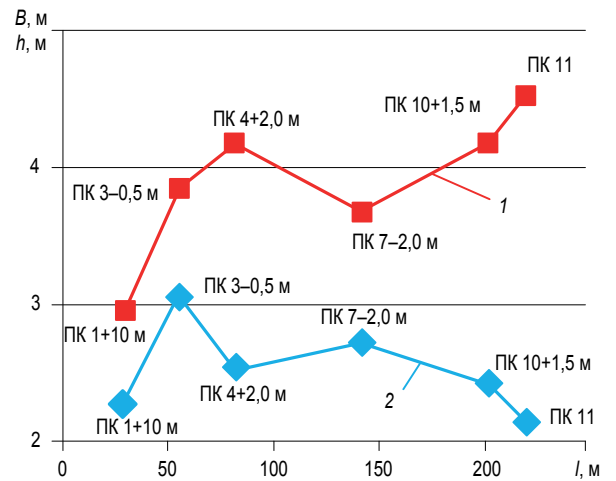
*в*



*г*



**Рис. 8.** Линейные размеры площади сечения уклона № 6 пласта  $h_{10}$  через 35 мес после его проведения на удалении 650 м от остановленной лавы № 620: *а* – выкопировка из плана горных выработок; *б* – графики изменения остаточной ширины  $B$  (1) и высоты  $h$  (2) по длине уклона  $l$ .





ность основной системы природной трещиноватости массива кровли и ее ориентация в пространстве относительно выработки, определяемая двугранным углом между плоскостями этой системы и пласта, углом между продольной осью выработки и линией пересечения плоскостей этих трещин с пластом [6]. При прочих равных условиях с уменьшением угла пересечения плоскостей трещин с продольной осью выработки вероятность продолжительности зависания блокообразующих породных отдельностей снижается.

Так, в уклоне 3-й лавы (см. рис. 6, з) при совпадении направленности его продольной оси с линией пересечения плоскостей пласта и трещиноватости (к тому же с углом падения последних, близким к прямому – 85°), а также из-за сокращения интервала между проходом 9-й лавы и сооружением уклона, составляющего 4 мес (почти в 3 раза меньше по продолжительности процесса полного сдвижения массива), увеличивалось смещение контура крепи уже при его проведении с вывалообразованиями боков выработки. Это также наблюдается в местах отхода забоя выработки от краевой части угольного целика в направлении выработанного пространства.

**Выводы.** Сооружение выработок в выработанном пространстве обеспечивает их устойчивое состояние в течение продолжительного периода эксплуатации.

Формирование контурных смещений обнажаемого выработкой кусковато-блочного массива выработанного пространства характеризуется неравномерным распределением параметрических характеристик по высоте, определяющих эффект самоторможения породных отдельностей, который в свою очередь зависит от взаиморасположения выработки и системы природной трещиноватости.

Чтобы снизить активизацию смещений породных блоков и повысить устойчивость выработок, необходимо их проводить после затухания процес-

са сдвижения подрабатываемого массива. На этапе затухания оставление зазоров в закрепном пространстве компенсирует смещения обнажаемого выработкой породного контура, что снижает потерю площади сечения всвету.

В зоне выработанного пространства, сопряженного с краевой частью угольного массива, в котором сохраняется стационарное опорное давление, следует ожидать повышенные деформации пород и крепи.

Сооружение подготавливающих выработок в выработанном пространстве рекомендуется применять для длительного поддержания в условиях неслеживаемых вмещающих угольный пласт пород.

### 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.
2. Борзых А. Ф. Опыт отработки панели в восходящем порядке / А. Ф. Борзых, В. Н. Сиидов, С. П. Офицеров // Уголь Украины. – 2008. – № 5. – С. 7 – 10.
3. Сиидов В. Н. Влияние ПГД на устойчивость проводимой в выработанном пространстве выработки / В. Н. Сиидов, В. Г. Григоряк // Уголь Украины. – 2009. – № 7. – С. 10 – 12.
4. Зборщик М. П. Особенности формирования области влияния выработки в обрушенных и уплотненных породах / М. П. Зборщик, А. Ф. Морозов, В. Н. Пилюгин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1987. – № 2. – С. 17–20.
5. Пат. 44771 Україна, МПК (2009) Е 21 Д 11/14. Спосіб охорони гірничої виробки в зруйнованих породах виробленого простору / А. П. Борзих, В. М. Сідов; заявник та патентовласник Донбаський ДТУ. – № 20090519; заявл. 12.10. 09; опубл. 12.10. 09, Бюл. № 19.
6. Борзых А. Ф. Угловые параметры природной трещиноватости кровли относительно угольного пласта / А. Ф. Борзых, С. И. Долгопятенко, В. Н. Сиидов // Уголь Украины. – 2010. – № 7. – С. 3 – 5.