

# Особенности влияния зон пликативных геологических нарушений на состояние выемочных выработок



Е. В. ПОСОХОВ,  
магистр (ДТЭК)

Приведены результаты исследований состояния конвергенции массива пород выемочных выработок глубокого заложения при пересечении малоамплитудных геологических нарушений. Дана оценка использования ленточных целиков различной ширины, средств усиления рамной крепи для охраны выемочных выработок на антрацитовых шахтах. Установлены зависимости смещения боковых пород в выработку от ширины целиков и прочности слоев массива.

**Ключевые слова:** выемочная выработка, целик, пликативное нарушение, конвергенция, потеря площади сечения, деформация рам.

**Контактная информация:** posohov.evgeniy@mail.ru

**Постановка проблемы.** Геологические нарушения оказывают особое влияние на работу угледобывающих предприятий. Ведение горных работ в зонах геологических нарушений требует качественной разведки, проведения, поддержания, эксплуатации подземных выработок, применения дополнительных мероприятий по восстановлению.

Разведку крупных и средних амплитуд разрывных нарушений проводят до начала ведения работ, так как чаще всего они являются границами выемочного участка. Малоамплитудные нарушения (амплитуда смещений от 1 до 10 м) не всегда выявляют геологической разведкой. Как правило, их вскрывают во время ведения горных работ. В случае пересечения выработкой могут возникнуть дополнительные затруднения, связанные с ослаблением массива в границах этих зон. В результате снижаются темпы проведения выработок, ухудшаются условия поддержания, увеличивая себестоимость эксплуатации из-за необходимости выполнения специальных мероприятий.

**Цель исследований** – изучение особенностей влияния пликативных геологических нарушений на состояние выемочных выработок глубокого заложения, используемых повторно; анализ результатов наблюдений за состоянием выемочных выработок, охраняемых ленточными целиками в зонах геологических нарушений, в том числе в зонах геологических малоамплитудных нарушений.

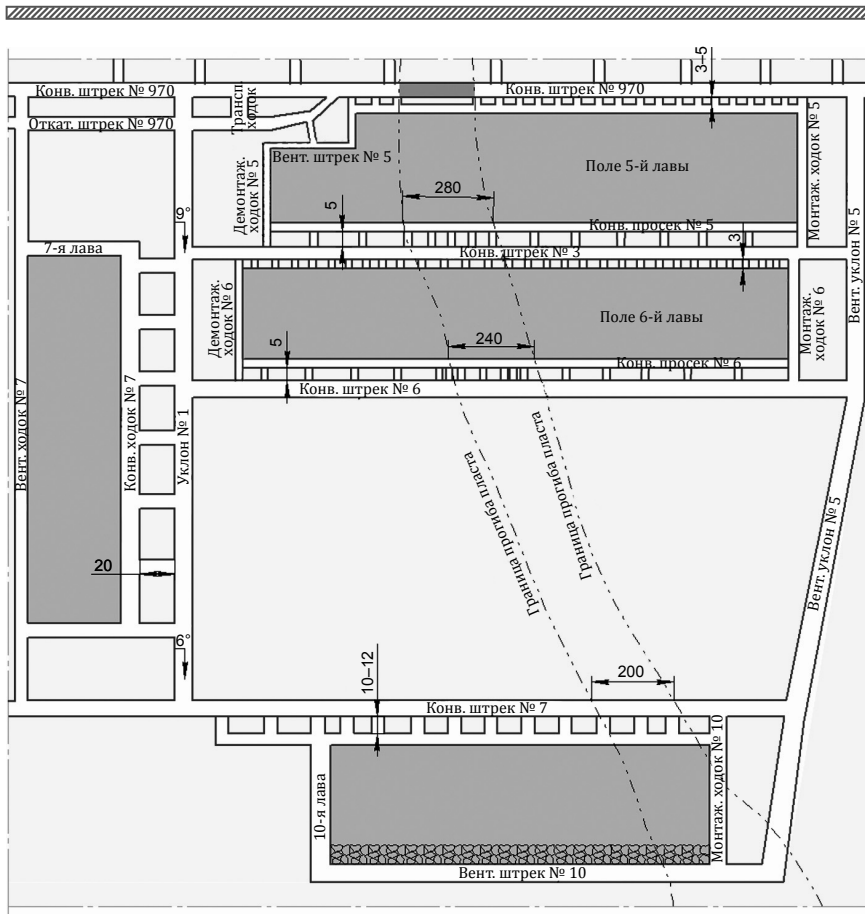
**Материалы и результаты исследований.** Охрана выемочных выработок глубокого заложения на антрацитовых шахтах с применением естественных или искусственных охранных элементов недостаточно успешна. Основные причины – увеличение глубины ведения горных работ, крепости и трещиноватости массива, работы в зонах горно-геологических нарушений. Повышение устойчи-

вости выемочных выработок зависит от качества их проведения, использования комплекса мероприятий по охране и поддержанию, выявлению слабых зон, а также от своевременного принятия решений и выполнения работ по устранению влияния негативных факторов.

При охране выемочных выработок угольные целики формируют, в зависимости от технологических схем, прямоугольной или трапецевидной формы [1], обычно впереди очистного забоя. Это способствует дополнительной нагрузке в опорной зоне очистного забоя, нагружению целика и его начинающейся податливости, что в целом положительно, так как целик воспринимает нагрузки в лаве и выемочной выработке и условно разделяет выемочный участок на две части или системы – малую и большую [2].

Нагружение целика вызывает начальное смятие угля [3]. При прохождении лавой 20–80 м происходит первичное выдавливание угля из целиков в выработку и выработанное пространство. Зона рабочих усилий и напряжения, возникающие в целике (шириной до 4 м), сопоставимы с бутовой полосой [4]. Использование крепи усиления, в основном, сопровож-

## РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ



На шахте им. Космонавтов во время проведения буровзрывным способом конвейерных штреков № 5–7 вскрыли геологическое нарушение пласта  $h_8$ , характеризующееся прогибом в сторону подошвы выработок на 4–8 м, повышенной трещиноватостью, ослаблением боковых пород пласта, увеличением его мощности на 10–15 %, водоприток из кровли (рис. 1). Подрывка пород относительно пласта – верхняя, погрузочные машины – 2ПНБ2Б. Площадь поперечного сечения всвету выработок составила  $10,4 \text{ м}^2$ , шаг установки рам – 0,8 м; типы замковой скобы – ЗПП (штрек № 5), ЗПКм (№ 6) и ЗПКм (№ 7); межрамные перекрытия штрека № 5 – деревянные, затяжка периметра не более 80 %, штреков № 6 и 7 – деревянные, затяжка периметра не более 75 % (таблица).

Крепление выработки в зоне указанного нарушения оставили без изменения, дополнительные мероприятия не проводили. При отработке выемочных полей лавами 5-й, 6-й и 10-й размеры ленточных целиков уменьшили в 2 раза и увеличили среднесуточную скорость подвигания лавы на 0,63 м. Применение описанных мероприятий замедлило смещения по контуру штреков № 5 и 6. Смещения боковых пород

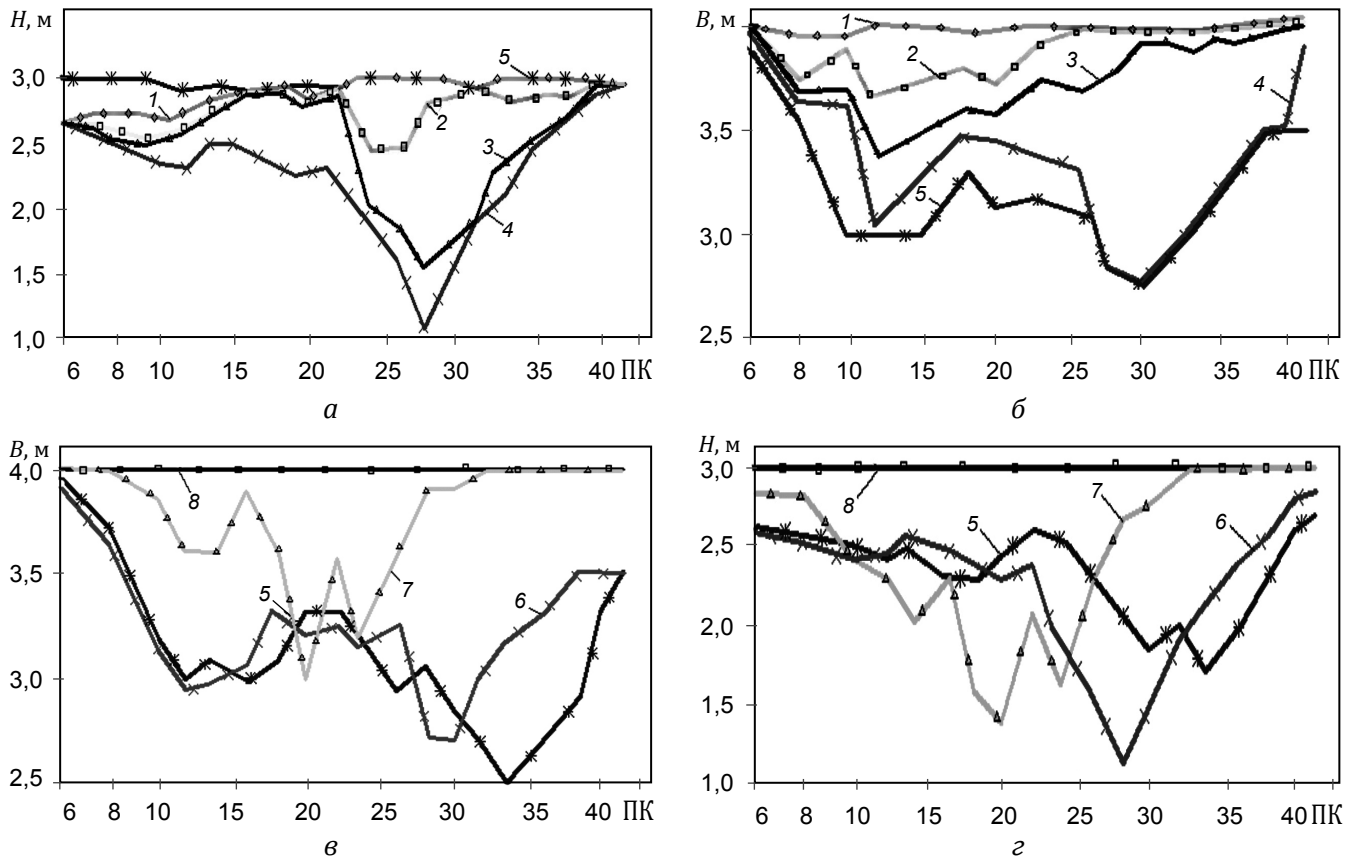
**Рис. 1.** Выкопировка из плана горных выработок пласта  $h_8$ .

дается дополнительным временным эффектом. Во время выполнения исследований замеры проводили по специальной методике [5]. Исследовали состояние конвейерных штреков, просеков и печей, в том числе в зонах пликативных нарушений.

отработке выемочных полей лавами 5-й, 6-й и 10-й размеры ленточных целиков уменьшили в 2 раза и увеличили среднесуточную скорость подвигания лавы на 0,63 м. Применение описанных мероприятий замедлило смещения по контуру штреков № 5 и 6. Смещения боковых пород

Показатель	Штрек № 5	Штрек № 6	Штрек № 7
Длина прогиба пласта, м	280	240	200
Амплитуда прогиба пласта, м	4	6	8
Обводненность	Средняя	Низкая	Низкая
Глубина заложения, м	996	1042	1140
Мероприятия в зоне прогиба	Увеличение скорости лавы, подрывка кровли в просеке	Увеличение скорости лавы, уменьшение длины целиков в 2 раза, подрывка кровли в просеке	Увеличение ширины целика
Состояние выработки после отработки выемочного поля	Удовлетворительное, выработка погашена	Удовлетворительное, зона прогиба перекреплялась	Неудовлетворительное, выработка перекрепляется

## РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ



**Рис. 2.** Изменения основных параметров штреков № 5–7: а и б – изменение высоты  $H$  и ширины  $B$  штрека № 6 соответственно по результатам замеров: 1 – замер № 1, проведенный при отработке 50–55 % выемочного столба до начала работы в зоне нарушения; 2 – замер № 2, проведенный при отработке 70–75 % выемочного столба после прохождения зоны нарушения; 3 – замер № 3, проведенный при полной отработке выемочного столба; 4 – замер № 4, проведенный через 6 мес после отработки выемочного столба; 5 – замер штрека до начала отработки выемочного столба; в и г – изменения ширины  $B$  и высоты  $H$  штреков соответственно после отработки выемочного поля: 5 – конвейерного штрека № 5; 6 – конвейерного штрека № 6; 7 – конвейерного штрека № 7; 8 – типовые значения профиля СВП-22 при площади поперечного сечения свету  $S = 10,4 \text{ м}^2$ .

пласта  $h_0$ , в основном подошвы штреков, начали проявляться с отставанием 20 м от линии очистного забоя.

Выемочные поля отработывали лавами с переменной скоростью: во время перехода геологических нарушений скорость ведения очистных работ изменялась; при отработке выемочных полей 5-й и 6-й лав скорость продвижения очистных забоев повышалась, а скорость проведения 10-й лавы – уменьшалась.

Охрана конвейерных штреков осуществлялась целиками разных размеров: для штрека № 5 –  $5 \times 40$  и  $5 \times 50$  м, для штрека № 6 –  $5 \times 40$  и  $5 \times 20$  м, для штрека № 7 –  $5 \times 40$ ,  $10 \times 40$  и  $12 \times 40$  м. Для зон прогиба и других малоамплитудных нарушений увеличение ширины целика в 2 раза способство-

ет уменьшению вертикальных смещений в выемочных выработках на 10–15 %, но если геологические нарушения отсутствуют, то при увеличении ширины целика более чем на 5 м вертикальные смещения, прежде всего в подошве, возрастают на 17–22 %. Поэтому для поддержания выработки в удовлетворительном состоянии прибегали к дополнительным мероприятиям, в частности изменяли высоту и ширину конвейерных штреков (рис. 2, а, б). В зоне геологического нарушения применяли уменьшение длины ленточных целиков выемочных выработок с 40–50 до 20 м. Отмечено, что уменьшение длины целиков снижает скорость сдвижения массива и проявления горного давления. Выдавливание подошвы выработки происходит менее интенсив-

но, без ярко выраженных разрывов верхних слоев. Использование крепи усиления деревянными стойками в один или два ряда незначительно снижает вертикальные смещения пород на 5–7 %.

На протяжении отработки в выемочных штреках смещения происходят по одинаковой схеме (рис. 3). В зоне опорного давления лавы наблюдаются первичные смещения кровли со стороны массива и разрывы верхнего слоя подошвы. Поднятие верхних слоев подошвы составляет 0,3–0,8 м, иногда до 1,1 м; со стороны кровли возникают незначительные деформации крепи, мелкие поломки межрамных перекрытий. После прохождения очистного забоя выдавливание подошвы более интенсивно, чем в опорной зоне, характерны незначительные выдавливания пород из боков штреков, со стороны кровли происходят деформации замков рам крепи, иногда до полного разрыва замковых скоб, количество поломок межрамных перекрытий увеличивается.

Через 2–3 мес после прохождения очистного забоя смещения со стороны боков и подошвы выработки замедляются, а со стороны кровли увеличиваются, о чем свидетельствуют многочисленные деформации рам крепи. После отработки выемочного столба конвергенция в зоне горно-геологических нарушений и по всей выработке затухает.

В зоне горно-геологических нарушений состояние выемочных штреков неудовлетворительное (рис. 4). Потеря площади сечения выемочных штреков вне зоны горно-геологических нарушений одинакова и составляет в среднем 28 %, в зоне нарушения для конвейерных штреков № 5, 6 и 7 – соответственно 52, 53 и 23 %. Максимальная потеря площади сечения конвейерных штреков № 5 и 6 составила соответственно 63 и 73 %, конвейерного штрека № 7 в зоне горно-геологических нарушений – 39 %, а в краевой части нарушения – 65 %, отработка лавы, сопряженной с этим штреком, продолжается.

Увеличение скорости подвигания очистного забоя при труднообрушаемых кровлях не всегда оправдано ввиду зависания консолей массива горных пород, перераспределения напряжений и повышения горного давления в прилегающих выработках. Возрастание скорости отработки выемочного столба 6-й лавы на ПК 10–14 вызвало дополнительные потери площади сечения (см. рис. 2, б). Увеличилось давление на угольный це-

лик с выдавливанием в сторону выемочной выработки, деформацией боковых стоек и разрывами замковых соединений, что стало причиной дополнительной потери ширины выработки на 8–10 %. Потери высоты на данном участке равны средним значениям по выработке (см. рис. 2, а). Поперечное сечение выработки видоизменилось вследствие деформации боковой стойки со стороны целика и верхняка.

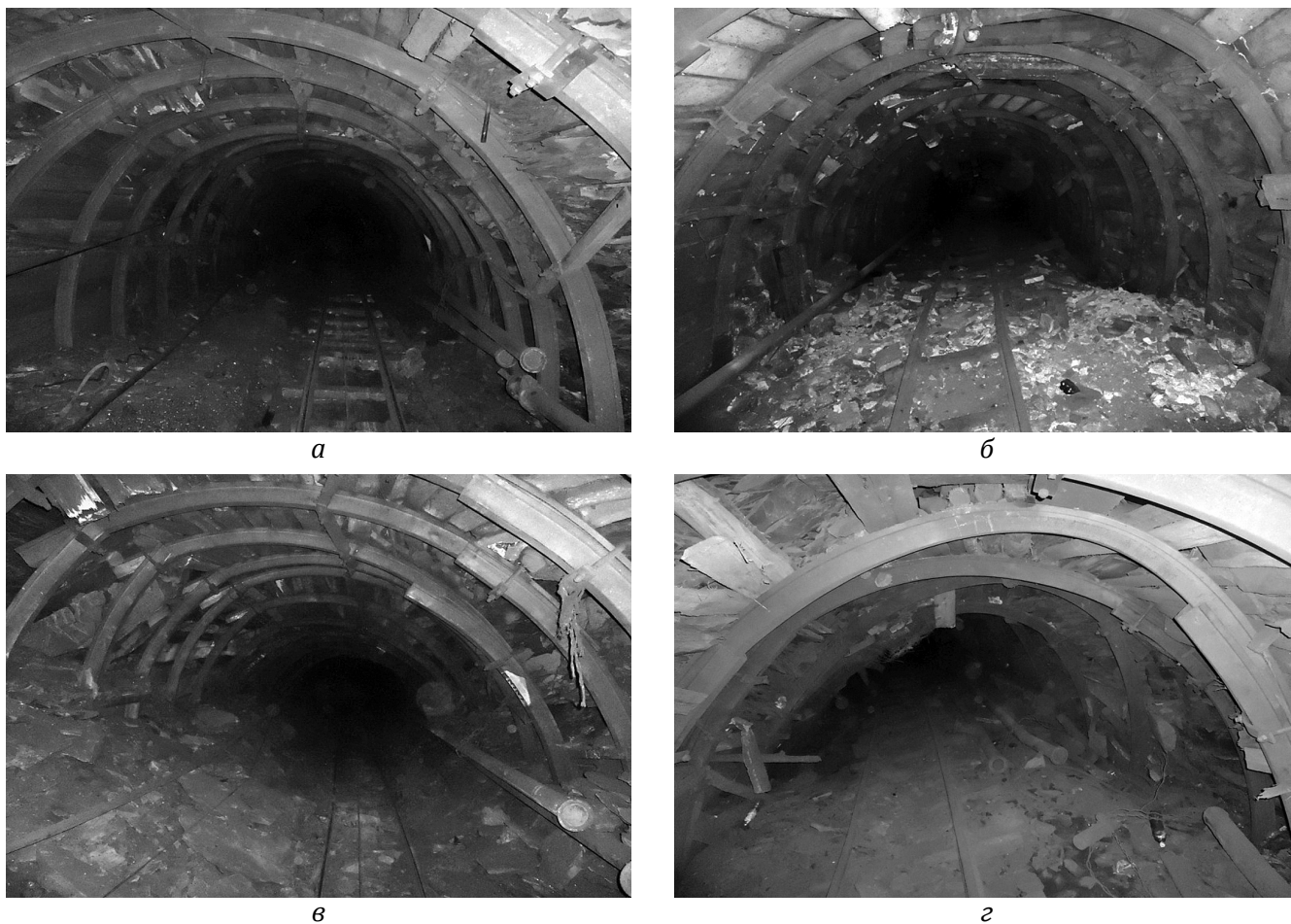
Средняя глубина ведения работ конвейерного штрека № 5 – 996 м, конвейерного штрека № 6 – 1042 м. В подобных условиях ведения работ и системы охраны выработок смещения в конвейерном штреке № 6 больше на 1–3 %. Средняя глубина ведения работ в конвейерном штреке № 7 – 1140 м. На момент подвигания очистного забоя в аналогичных условиях в конвейерных штреках № 5 и 6 средняя потеря площади сечения ниже на 6–9 и 4–8 % соответственно. Существует зависимость увеличения потери площади поперечного сечения на каждые 50 м по вертикали на 1–3 %.

Средняя крепость пород кровли и подошвы в конвейерных штреках № 5–7 была одинаковой и составляла 78 МПа, а в зоне пликативного нарушения – 35 МПа. С уменьшением крепости пород увеличились смещения вмещающих пород в выемочные штреки. Зависимость смещений пород от их крепости для сходных условий пропорциональна. Средняя потеря площади сечения выработки при крепости пород 80 МПа составит 24 %, при крепости пород 30 МПа – 76 %.

При охране конвейерного штрека № 7 угольный целик формировали шириной 12, 10 и 5 м. На участках шириной 12 м были зафиксированы потери площади сечения, равные 29–33 %, при ширине целиков 10 м потери площади сечения составили 27–31 %, а при ширине 5 м – 24–27 % (см. рис. 2, в, г).

Со временем и с отдалением очистных работ от целиков смещения вмещающих пород происходили по-разному. При ширине целика 12 м верхняк штрека нагружался равномерно, о чем свидетельствуют разрывы замковых соединений со стороны массива и выработанного пространства, выдавливание подошвы с разрывом верхнего слоя наблюдалось ближе к целику. Если ширина целика не превышала 10 м, нагружение пород кровли смещалось к нему, разрывы замковых соединений чаще встречались со стороны целика, выдавливание верхнего слоя подошвы с раз-

## РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ



**Рис. 3.** Изменение площади поперечного сечения конвейерных штреков в зоне нарушения: *а* – состояние выемочной выработки без влияния очистных работ; *б* – зона опорного давления впереди лавы и состояние выемочного штрека до 20 м каждой лавы; *в* – состояние выемочного штрека до 80 м позади лавы; *г* – состояние выемочного штрека через 3 мес после прохождения очистного забоя.



**Рис. 4.** Состояние конвейерных штреков в зоне нарушения после отработки выемочных полей лавами: *а* – конвейерный штрек № 6; *б* – конвейерный штрек № 5.

рывом верхнего слоя почвы – по центру выработки. При ширине целика 5 м выдавливание подошвы проявлялось более интенсивно, чем кровли, разрыв верхнего слоя подошвы наблюдался со стороны массива. Разрывы замковых соединений при незначительном «зеве» верхняка и боковой стойки рамы крепи отсутствовали. Деформации боковой стойки со стороны целика и подошвы более интенсивные, чем при целиках шириной 10 и 12 м. Изменение ширины целика с 12 до 5 м усиливало выдавливание подошвы на 5–10 %, а деформации крепи уменьшались как вертикальные смещения со стороны кровли. В целике возрастали напряжения и трещиноватость, что проявлялось в деформациях боковой стойки, выдавливании пород подошвы и части угольного целика в выработку.

В зависимости от условий ведения очистных работ, технологических схем и охраны выемочных выработок угольные целики формируют определенной ширины. Распределение напряжений в них зависит от многих факторов, основные из которых – глубина ведения работ, ширина и форма охранного элемента, положение разгрузочных полостей относительно охранного элемента, ширины участковых выработок.

Ширину малой охранной системы определяют как суммарную ширину участковых выработок и участков, на которых применяются мероприятия по упрочнению или разгрузке массива. Зная ширину малой системы, определяют зону, на которую действуют максимальные напряжения, т. е. устанавливают вектор распределения участковых напряжений по формуле

$$V = 0,5(b_{\text{в}} + b_{\text{пр}} + b_{\text{б}} + b_{\text{ц}}),$$

где  $b_{\text{в}}$ ,  $b_{\text{пр}}$ ,  $b_{\text{б}}$  и  $b_{\text{ц}}$  – ширина выработок (штреков), просека, бермы и целика, м.

Вектор напряжений является центром малой охранной системы, на которую оказывает нагрузку массив. Малая охранная система состоит из комбинации охранных элементов, участковых выработок, зон с комплексом мероприятий по упрочнению и разгрузке вмещающих пород. Определив аналитическим способом в массиве горных пород центр напряжений и их направление, можно предугадать вероят-

ные разрушения массива, охранных элементов и деформаций крепи.

**Выводы.** При охране выемочных выработок в зоне пликативного нарушения потери площади сечения выше на 15–30 %, чем в обычных условиях, причем деформации крепи выработок иногда не поддаются восстановлению и требуют замены. Применение ленточных целиков для охраны выемочных выработок на больших глубинах неэффективны из-за большой конвергенции вмещающего массива, но с уменьшением длины целиков до 5–10 м и подрывкой нижних слоев кровли до 0,5 м смещения массива замедляются в сторону выемочной выработки. После применения перечисленных мероприятий целик работает как обособленный охранный элемент, мгновенно воспринимающий нагрузки, имеющий податливость, а со временем – как бутовая полоса. Центр напряжений в малой системе переходит ближе к центру площади сечения выемочной выработки, и арочная крепь воспринимает вертикальные нагрузки. Определяя основные направления распределения горного давления над целиком и выемочной выработкой, изменяя при этом размеры целиков, можно избежать полной потери площади сечения, серьезных деформаций рам крепи, продлить безремонтный срок эксплуатации выработки.

### 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. Зборщик М. П. Повторное использование выработок высоконагруженных лав – крупный резерв снижения производственных затрат/М. П. Зборщик, И. Г. Сахно//Уголь Украины. – 2013. – № 8. – С. 6–12.
3. Борзых А. Ф. Охрана выемочных выработок с помощью технологических целиков/ А. Ф. Борзых, К. Е. Скрыпник, Е. В. Трофимов, Е. В. Посохов//Уголь Украины. – 2015. – № 5. – С. 3–11.
4. Борзых А. Ф. Совмещенная опорно-податливая связь крепи с ограждением – резерв повышения устойчивости выработок/А. Ф. Борзых, К. Е. Скрыпник, Е. В. Посохов//Уголь Украины. – 2014. – № 7. – С. 6–9.
5. Назимко В. В. Инструментальные наблюдения за сдвижением на контуре подготовительных выработок в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях [Электронный ресурс]/ В. В. Назимко, А. А. Яйцов. – 6 с. – Режим доступа: //http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Npundmi/2010\_6/30.pdf