

УДК 622.831; 622.224



М. П. ЗБОРЩИК,
доктор техн. наук
(ДонНТУ)



И. Г. САХНО,
канд. техн. наук
(ДонНТУ)

Повторное использование выработок высоконагруженных лав — крупный резерв снижения производственных затрат

Описано комплексное применение прогрессивных технологических решений обеспечения устойчивости участковых выработок для достижения существенного снижения издержек производства при отработке запасов подготовленных столбов высоконагруженными лавами.

Подземный выемочный участок — основное звено горного хозяйства шахты. В пределах участка резерв снижения затрат заключается в эффективном использовании трех взаимосвязанных направлений:

- *существенного увеличения добычи угля высоконагруженными лавами.* Механизированные комплексы обеспечивают надежную выемку угля в лавах длиной до 250–300 м. Газовый фактор не ограничивает уровень добычи угля до 4–5 тыс. т/сут [3]. Увеличение добычи угля выемочными участками — исходная основа достижения высокой концентрации горных работ в пределах всей шахты;

- *повторного использования конвейерного штрека вместо проведения присечного до начала отработки запасов второго столба (нижнего по падению).* На одну лаву в 2 раза уменьшается протяженность проведения участковых подготовительных выработок. Это гарантирует своевременный ввод в эксплуатацию новой лавы вместо выбы-

вающей, движущейся со скоростью 80–100 м/мес и более. Кроме того, устраняются технологические сложности при проведении присечного штрека: от фланговой наклонной выработки или от центральных наклонных выработок навстречу движущейся лаве. Даже в сложных природных условиях на пластах мощностью более 1,5 м повторное использование конвейерных штреков уменьшает прямые затраты в среднем на 55–65 % [1];

- *максимального уменьшения затрат на поддержание участковых выработок в течение срока их эксплуатации.* Главное — исключить опасные и трудоемкие работы по замене постоянной рамной металлокреп. При этом состояние участковых штреков не должно отрицательно влиять на интенсивность выемки угля.

Цель работы — обеспечить устойчивость штреков при первичной и повторной эксплуатации и за счет этого существенно уменьшить издержки производства.

На разных участках поддерживаемого штрека периодически возрастает степень влияния очистных работ, проявляющаяся в увеличении сдвижений окружающих пород и смещений контура выработки. Ожидаемую устойчивость штрека следует оценивать исходя из постоянного взаимодействия во вмещающем мас-

сиве большой и малой геомеханических систем [4]. Большая система — очистная выработка (призабойное пространство лавы) и окружающий ее горный массив, затронутый влиянием очистных работ. Малая — сооруженный штрек и окружающие его породы зоны неупругих деформаций.

В процессе развития очистных работ первоочередная задача — определить рациональные пути и меры снижения или предотвращения вредного влияния большой геомеханической системы на малую. Состояние и поведение каждой системы целесообразно анализировать во времени и пространстве.

В настоящее время имеется научно-прикладная база для обеспечения устойчивости участковых выработок. Рассмотрим прогрессивный комплекс решений обеспечения устойчивости штреков в разные периоды их поддержания.

Проведение и поддержание конвейерного штрека без влияния очистных работ. На практике доминирует комбайновая подготовка угольных столбов. Почти повсеместно сооружают штреки сводчатой формы поперечного сечения, их площадь всвету колеблется в основном в пределах 12–15 м².

При проведении конвейерного штрека следует высококачественно выполнять виды работ, оговоренные в технологическом паспорте его сооружения, что является важнейшей составляющей залога его лучшей устойчивости при влиянии очистных работ. Хотя сейчас на действующих шахтах — это исключение, а не правило. Чтобы достичь качественно сооружения штреков, необходимо сочетать следующие условия: умение рабочих высокопрофессионально работать; существование системы финансового стимулирования работы; обеспечение повышенной требовательности и жесткого контроля выполненных работ.

Нередко при принятии итогового решения трудно преодолеть субъективность высказываний и предлагаемых подходов, поскольку завышена стимулирующая надбавка за качество сооружения штрека. Это противоречие в основном второстепенное (в разумных пределах). Кажущиеся переплаты всегда будут меньшими, чем доля снижения издержек производства на единицу продукции в целом по шахте.

Чтобы конвейерный штрек имел резерв устойчивости, следует воплощать прогрессивные технологические решения на стадии его проведения. На современном этапе функционирования угольной отрасли существенно возросли значимость и необходимость решения двух задач: своевременного осуществления подготовки угольных столбов; сооружения участковых штреков с надежным запасом устойчивости при воздействии очистных работ в разные периоды эксплуатации.

Целесообразно принимать трапециевидную форму поперечного сечения штрека, поскольку она предпочтительнее сводчатой. При этом желательно не нарушать природную целостность пород кровли пласта (не производить их выемку). По высоте штрек лучше заглублять в подстилающие породы почвы пласта. Преимущества трапециевидной формы — кровля штрека обнажена только в плоскости напластования. Расположение (вписывание) сечения в породах почвы позволяет использовать природную закономерность — по мере удаления по нормали от плоскости почвы пласта в подстилающую толщу в ее слоях возрастает прочность пород, а также сделать так, чтобы в подошве штрека располагались слои пород относительно повышенной прочности. Слои слабых пород рекомендуются оставлять в боках выработки. Использование природной прочности пород — простой и эффективный путь повышения их долевого участия в создании предварительного запаса устойчивости подземного сооружения.

Проведение штрека — основная причина нарушения природного состояния вмещающего массива: перераспределение напряжений в силовом поле окружающих пород; образование зоны неупругих деформаций; увеличение во времени степени разрушений и смещений пород, прилегающих к контуру выработки. Можно «тормозить» разрушения и смещения приконтурных пород, обеспечивая сохранность запаса устойчивости малой геомеханической системы. Не следует ориентироваться: на увеличение плотности рамной крепи (более 1–1,25 рамы на 1 м); на применение тяжелых спецпрофилей (более 27 кг/м); на производство тампонажа закрепного пространства, т. е. идти по пути увеличения трудоемкости и затрат на сооружение участковых выработок.

Арочная податливая крепь из спецпрофиля практически исчерпала свое силовое сопротивление окружающим породам. Арка — хорошая строительная конструкция, когда своим сводом она воспринимает примерно равномерные вертикальные нагрузки. В участковых штреках при бесцеликовой технологии свод арочной крепи воспринимает неравномерные и косонаправленные проявления горного давления. Это обусловлено: неплотным прилеганием свода арки к контуру обнаженной кровли; наличием пустот в закрепном пространстве; разной степенью разрушения пород вблизи и по контуру выработки; разной усадкой разрушенных пород в ее боковых стенках и т. д.

В штреке рационально применять трапециевидную комбинированную крепь — сочетание рам из спецпрофиля податливостью 400 мм и анкеров, повышающих в основном устойчивость обнаженных пород кровли. После возведения комбинированная крепь обязательно должна сразу же включаться в работу и создавать отпор разрушающимся породам в границах зоны неупругих деформаций. Положительные особенности возведения трапециевидной рамной крепи заключаются в следующем. Прямолинейный верхняк из спецпрофиля плотно прилегает к обнаженным породам кровли, что исключает оставление каких-либо пустот в закрепном пространстве. Его прижимают к породам кровли гидростойками с большим предварительным распором и «пришивают» к ним двумя или тремя комплектами анкеров (комплект — два анкера и фигурный хомут). Подшивают верхняк после создания предварительного распора, уменьшающего его прогиб. Согласно расчетам изгибающий момент трапециевидной рамы достаточно близок к его значению при использовании арочной крепи (расхождение не более 15–20 %).

Податливые боковые стойки трапециевидной рамы устанавливаются без удаления распорных гидростоек. Нельзя допускать увеличенных нахлестов

спецпрофиля в замковых соединениях. Расположение замков податливости на прямолинейных участках боковых стоек повышает работоспособность крепежных рам. Боковые стенки штрека нужно хорошо оконтуривать, чтобы стойки рамы сами или в результате использования прокладок плотно контактировали с обнаженными породами и создавали предварительный боковой подпор.

Обнаженную кровлю штрека в просветах между крепежными рамами армируют анкерами. По длине просвета (ширине штрека) достаточно возводить один ряд анкеров. Расстояние между ними принимается из расчета один анкер на $0,8-1 \text{ м}^2$ обнаженной кровли. Длина анкера зависит от структурного строения пород кровли. Она обычно не превышает $2,5-3 \text{ м}$. По всей длине шпура анкер следует закреплять смолой и др. [4].

При необходимости можно увеличить запас устойчивости обнаженных пород непосредственной кровли — создать в плоскости ее напластования дополнительное сопротивление (предварительный распор). Достаточно между анкерами пробурить шпуры и разместить в каждом из них невзрывчатое разрушающее вещество, которое быстро затвердевает, увеличивается в объеме и повышает давление на поверхность, окружающую шпур. Вследствие предварительного создания распора возрастают силы трения между фрагментами пород непосредственной кровли, что повышает ее сплошность и устойчивость. Расход невзрывчатого разрушающего вещества на 1 м шпура достигает примерно 2 кг .

Сочетание надежного отпора трапециевидной крепи из спецпрофиля, анкерования обнаженной кровли в просветах между рамами и создание в толще кровли предварительного бокового распора — это аналогии сооружения подпорной стенки, которая благоприятно влияет на сохранение устойчивости штрека в течение всего срока его эксплуатации.

Постоянная комбинированная крепь противодействует выдавливанию пород почвы штрека, т. е. породы почвы хотя и остаются открытыми, но чем меньше разрушений и сдвижений пород вблизи кровли и боков штрека, тем меньше их выдавливание в подошве выработки. Это обусловлено тесной взаимосвязью механизма сдвижений и смещений трещиноватых пород в окрестности поддерживаемой выработки.

Структура пород в подстилающей толще пластов достаточно разнообразная. В отдельных условиях стоит осуществить армирование пород подошвы штреков, т. е. на анкера нанизать один или несколько породных слоев (мощностью до $1,5-2 \text{ м}$) и «пришить» их к более прочному подстилающему породному слою. Вместо металличе-

ских лучше использовать пластмассовые или деревянные анкера. При ведении работ по удалению (поддирке) выдавленных пород почвы укорачивать анкера намного легче.

Дополнительно применяют механический способ противодействия выдавливающимся породам почвы. Выдавливание происходит в период формирования в окружающих породах зоны неупругих деформаций (до $1-2 \text{ мес}$). Дополнительный отпор получают благодаря гидростойкам, устанавливая их как можно ближе к проходческому забою. В просветах (между рамами крепи) укладывают на почву и возводят под кровлю отрезки спецпрофиля, а затем устанавливают гидростойки, создавая ими максимально возможный предварительный распор. Они противодействуют выдавливанию пород почвы в течение всего периода формирования в окрестности штрека зоны неупругих деформаций.

Подготовка угольного столба осуществляется примерно до одного года, поэтому в штреке отсутствуют какие-либо ремонтные работы.

На эксплуатацию поддерживаемого штрека всегда отрицательно влияют увлажнение и обводнение окружающих пород. Влага уменьшает прочность трещиноватых пород в $2-5$ раз и более. Особенно подвержены размоканию вмещающие породы, включающие глинистые компоненты. Основные меры предотвращения размокания почвы — устранение подтоплений выработок, уменьшение притоков воды и отвод ее из поддерживаемой выработки, устранение утечек воды из трубопроводов и т. д. Работы по предотвращению размоканий пород имеют первостепенное значение. Вредное влияние влаги на прочность вмещающих пород возрастает с увеличением глубины разработки и тектонической нарушенности природного горного массива.

Обеспечение устойчивости штрека в период выемки угля первой лавой. Уменьшение степени влияния большой геомеханической системы на малую достигается применением таких прогрессивных технологических решений: увеличения примерно в $2-3$ раза месячной скорости подвигания лавы; расположения штрека под защитной армированной плитой консольного типа.

В поддерживаемом штреке проявления горного давления существенно возрастают в зоне временного опорного давления впереди движущейся лавы и в зоне активных сдвижений пород под и надработанной вмещающей толщью позади нее.

Положительное влияние большой скорости: впереди лавы возрастает длина зоны проявлений временного опорного давления; замедляются скорости сдвижений пород по нормали к напластованию; горное давление рассеивается на увеличенной опорной

площади [5]. Качественную картину хорошо отражают эпюры дополнительного давления (рис. 1). Они показывают, что намного меньше длина пикового участка («горба») восприятия вмещающими породами максимального удельного опорного давления. Время пребывания (единицы или участка) штрека в пределах зоны временного опорного давления уменьшается в 2–3 раза и более. При большой скорости изменяется во времени и пространстве характер протекания геомеханических процессов. Вблизи контура поддерживаемого штрека замедляются во времени скорости смещения пород.

Штрек (после влияния зоны временного опорного давления) должен оставаться в хорошем эксплуатационном состоянии. Потеря податливости его рамной крепи не должна превышать примерно 10 % исходной. В зоне временного опорного давления следует применять гидростойки в качестве временной усиливающей крепи. Устанавливать гидростойки следует за пределами зоны временного опорного давления, т. е. до начала проявлений повышенных смещений пород контура штрека. Если кровля плоская, их удобно возводить под верхняки крепежных рам и в просветах между рамами. Когда по безопасным и технологическим условиям допустимо, гидростойки лучше размещать ближе к средней части поперечного сечения штрека.

Наиболее ответственный участок поддержания штрека — позади очистного забоя, т. е. на сопряжении с лавой и в зоне активных сдвижений пород над- и подработанной вмещающей толщи.

При бесцеликовой технологии устойчивость штрека существенно зависит от типа и работоспособности охранного сооружения, возводимого со стороны выработанного пространства лавы. Охранная конструкция должна удовлетворять комплексу технологических требований: обладать хорошей несущей способностью; иметь повышенную жесткость (малую усадку); обеспечивать малый изгиб защитной породной плиты, опирающейся на охранную конструкцию; обеспечивать примерно одинаковые оседания пород кровли с двух сторон поддерживаемого штрека; выполнять роль режущей крепи (по простиранию) при обрушении пород кровли; практически не вдавливаясь в породы непосредственной почвы пласта.

При повторном использовании штреков не следует применять традиционно известные охранные сооружения: бутовую полосу, деревянную органку, кусты, костры, накатные стенки и т. д.

Изложенным требованиям в основном соответствует комбинированная охранный полоса. Она сооружается из деревяннобетонных или железобе-

тонных блоков. Пустоты между стенками полосы заполняют твердеющей смесью [6]. Ширина полосы — не менее мощности разрабатываемого пласта, отставание ее от очистного забоя примерно до 4 м, расстояние от бровки штрека до полосы чаще всего 0,8–1 м. Твердеющая смесь должна плотно контактировать с обнаженной кровлей (недопустимо оставлять зазор высотой даже 0,05–0,1 м).

Деревяннобетонный блок лучше железобетонного. Конструкция его простая — обойма из листовой стали толщиной 2 мм, диаметр до 600–650 мм, высота 100 мм. На 75–85 % рабочая площадь блока заполняется деревянными «коротышами» (диаметр 70–240 мм). Пустоты между коротышами заливают цементным раствором, прочность которого на сжатие в затвердевшем состоянии достигает 15 МПа и более. Переноска блоков легкая, они удобны при возведении стенок опорной полосы (блок оснащен ручками). Основные преимущества блоков: металлическая обойма обеспечивает равномерный боковой подпор; достигается контакт между поверхностями блоков и плоскостями пород почвы и кровли. Хороший опыт применения деревяннобетонных блоков (разработка института ШахтНИУИ) накоплен на шахтах Ростовской области России.

При большой скорости подвигания лавы комбинированная полоса сразу включается в работу. Вначале стенки ее создают сопротивление (отпор) оседающим породам кровли. Они предохраняют литые участки и практически обеспечивают затвердевание смеси без восприятия ею давления оседающих пород кровли. Примерно через сутки прочность на сжатие затвердевшей смеси достигает 14–15 МПа. Затем всей площадью охранный полоса оказывает сопротивление оседающим породам подработанной толщи. Блоковые стенки создают боковой отпор затвердевающей смеси, что уменьшает усадку возведенного охранного сооружения.

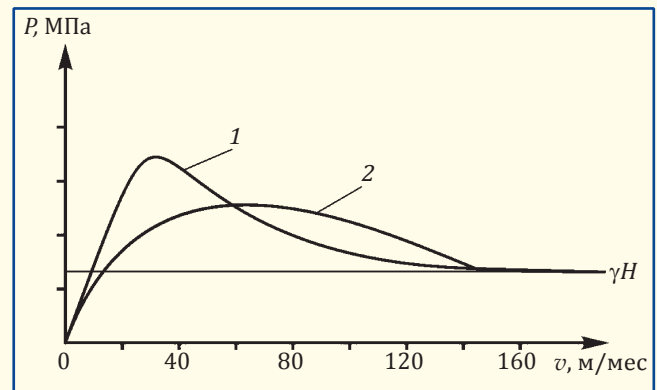


Рис. 1. Эпюры распределения опорного (дополнительного) давления впереди движущейся лавы при разных скоростях ее подвигания: 1 — подвигание примерно до 50–60 м/мес; 2 — то же, до 80–100 м/мес и более; γH — уровень геостатического (гравитационного) давления.

Сопротивляясь, охранная полоса (со стороны восстания) пригружается опорным (дополнительным) давлением, которое образуется вследствие зависания пород над выработанным пространством лавы. Если в кровле разрабатываемого пласта залегают перемежающиеся слои пород легкой и средней обрушаемости, то они разламываются вблизи режущей стенки охранной полосы и подбучивают оседающую породную толщу. При этом дополнительное давление зависающих пород не увеличивает усадку охранной полосы и не ухудшает состояние поддерживаемого штрека. Когда мощность непосредственной кровли не превышает 1,8–2 м, а выше залегают труднообрушаемые породы, тогда может возникать технологическая необходимость уменьшения длин зависающих консолей основной кровли.

Позади лавы в зоне активных сдвижений пород подработанной толщи нужно широко применять гидростойки для увеличения отпора породам кровли и почвы штрека. Здесь поддерживаемый участок штрека не загроможден транспортными установками и электрооборудованием, а следовательно, есть простор для выбора рациональных мест возведения гидростоек.

При подвигании лавы со скоростью 80–100 м / мес и более возрастает (примерно в 1,2–1,5 раза) по простиранию длина зоны активных сдвижений пород подработанной кровли. Это обусловлено увеличением шага обрушения пород основной кровли и длины блоков, оседающих в вышележающих породных слоях. В зоне активных сдвижений повышается степень плавности и равномерности оседаний пород подработанной толщи как вдоль штрека, так и по ширине защитного пролета (по восстанию от кромки угольного массива до тыльной стенки охранной полосы). Над штреком место максимальных оседаний пород кровли располагается на значительно большем расстоянии от движущегося очистного забоя. В подработанной толще такой характер протекания геомеханических процессов уменьшает отрицательный уровень влияния большой геомеханической системы на малую (на штрек и окружающие его породы).

На сопряжении лавы со штреком также лучше оперативно использовать усиливающую гидравлическую крепь. При плоской кровле расположенную в штреке головку лавного конвейера передвигают без потерь отпора рамной крепи из спецпрофиля. Предварительно устанавливают гидростойки под верхняки крепежных рам и у границ просвета передвиги, а затем в пределах просвета удаляют боковые стойки крепежных рам. Если длина просвета

передвиги (по простиранию) большая, то верхняки промежуточных рам опираются на подведенный под них отрезок спецпрофиля. Позади очистного забоя вновь возводят боковые стойки крепежных рам, но при этом не удаляют распорные гидростойки.

По площади комбинированная охранная полоса обычно равномерно передает давление на подстилающие породы. Если породы непосредственной почвы пласта слабые, а обнаженная их поверхность волнистая, тогда возможно вдавливание охранной полосы в подстилающие породы, что отрицательно сказывается на поведении окружающих пород и на состоянии малой геомеханической системы. Вдавливание может быть главной причиной негативных проявлений: разрушения (среза) бровки штрека; увеличения изгиба защитных породных консолей или плит; уменьшения несущей способности защитного пролета пород непосредственной кровли пласта; увеличенной потери запаса податливой рамной крепи; большой разницы в податливости боковых стоек крепежных рам и т. д.

В целях предотвращения или резкого уменьшения вдавливания охранной полосы целесообразно применить простой и удобный способ — увеличить равномерность передачи давления оседающей кровли на подстилающую толщу пород почвы, а также уменьшить давление на единицу опорной площади. Для реализации такого способа сухим песком (без глинистых включений) выравнивают опорную поверхность и оставляют на ней слой песка толщиной до 10–20 мм; затем по установленной технологии сооружают (наращивают) участок комбинированной охранной полосы. При необходимости в большей мере уменьшить удельное давление на опорную площадь следует увеличить ширину охранной полосы (примерно на 20–40 %).

Предотвратить опасность разрушения бровки штрека можно, изменив в породной толще бровки составляющие (компоненты) действующих напряжений, т. е. в толще бровки увеличивают сжатие пород и уменьшают их растяжение (повышают прочность пород и сопротивление их разрушению). Для этого вдоль штрека и в плоскости напластования (по восстанию) в толще пород бровки бурят один ряд шпуров и располагают их в просветах крепежных рам, а по высоте бровки — примерно в ее средней части (длина шпура не более ширины бермы). При этом используют саморасширяющиеся вещества, например, невзрывчатый разрушающийся материал, который увеличивает давление на стенки шпура, образуя в его окрестности зону повышенных сжатий пород. Саморасширяющийся материал располагают только в донной части шпура. Незаполнен-

ная приконтурная часть шпура должна быть равна 20–30 % ширины бермы.

Эффективность этого способа оценена методом конечных элементов (упругопластическая постановка задачи). Моделировали отработку пласта мощностью 1,5 м. Его непосредственная кровля — песчаный сланец мощностью 2 м и прочностью на сжатие 50 МПа; основная кровля — песчаник мощностью 7 м и прочностью 70 МПа. Непосредственная почва — глинистый сланец мощностью 5 м и прочностью 40 МПа; основная почва — песчаный сланец мощностью 7 м и прочностью 60 МПа. Глубина расположения штрека 1000 м. Залегание пласта горизонтальное.

Распределение напряжений в окрестности штрека и его охранной полосы показано на рис. 2. При этом ширина охранной полосы принята 1,5 м; увеличена до 1,6 м ширина бермы штрека (расстояние от его контура до стенки полосы); верхняя ширина штрека 5 м; в породах кровли установлено пять анкеров, длина анкера 2,4 м; давление при саморасширении применяемого материала изменяли в диапазоне 5–30 МПа.

Разрушения пород бровки штрека происходят в основном под действием растягивающих напряжений. Если не увеличивать напряжения сжатия пород в толще бровки, то под охранной полосой в глинистых сланцах непосредственной почвы сжимающие напряжения достигают 60 МПа — это в 1,5 раза больше их предела прочности на сжатие. При разрушении пород особенно опасна толща бровки, расположенная между контуром штрека и лицевой стенкой охранной полосы (примерно на ширину бермы). Растягивающие напряжения здесь достигают 14,5 МПа — превышают предельное значение пород почвы в 2 раза и более.

В случае применения саморасширяющегося материала НРМ-80 эффективным является создание дополнительного давления на стенки шпура (примерно 12–13 МПа). После повышения напряжений сжатия пород в толще бровки в ней качественно и количественно изменяется характер распределения напряжений. В направлении по нормали (сверху — вниз) вблизи лицевой стенки охранной полосы: максимальные (главные) напряжения — сжимающие до 5 МПа,

а по мере углубления они изменяются до 4 МПа и становятся растягивающими. Следовательно, в толще пород бровки отсутствуют критические напряжения и нет опасности ее разрушения вследствие передачи давления охранной полосы на слабые подстилающие породы почвы.

Обеспечение устойчивости повторно используемого штрека. До начала выемки угля второй лавой (нижней по падению) конвейерный штрек поддерживается примерно не менее двух лет. Окружающие его породы (особенно почвы) претерпели влияние процессов выветривания и размокания. Влажные породы почвы в большей мере выдавливаются в полость поддерживаемого штрека. В отдельных условиях разработки пластов необходимы работы по удалению (поддирки) выдавленных пород почвы до начала выемки угля второй лавой. Согласно опыту и наличию высокопроизводительных машин в штреке относительно легко осуществляется поддирка (удаление) выдавленных пород почвы.

Повторно используемый штрек погашают по мере подвигания второй лавы. Позади нее поддерживают участок штрека длиной до 10–12 м для работ по извлечению рамной крепи из спецпрофиля. Извлекать трапецевидные рамы с помощью гидростоек более безопасно, удобно и эффективно по сравнению с извлечением металлоарок.

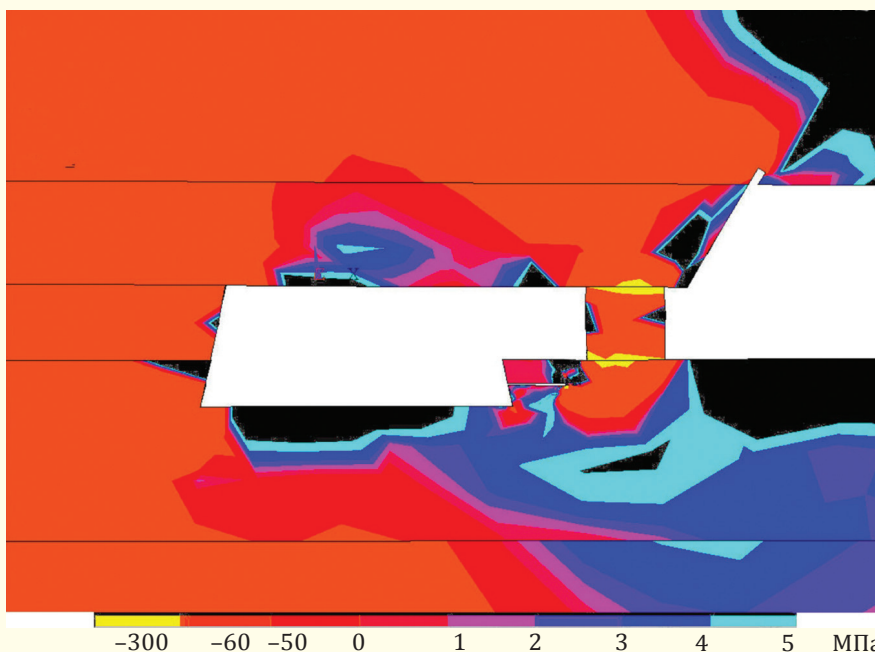


Рис. 2. Распределение максимальных главных напряжений в окрестности штрека при охране его комбинированной полосой и увеличении в толще пород бровки сжимающих напряжений. На цветовой шкале напряжения со знаком минус — сжимающие, со знаком плюс — растягивающие, черный цвет — зоны предельных разрушающих напряжений.

Позади второй лавы параллельно повторно используемому штреку сооружают защитную стенку или ряд опор из деревяннобетонных или железобетонных блоков, которые охраняют сопряжение лавы со штреком и поддерживаемый тупиковый участок штрека длиной до 10–12 м. Применительно к конкретным условиям разрабатывают технологический паспорт ведения горных работ по погашению повторно используемого штрека и поддержанию его тупикового участка.

Впереди второй лавы в повторно используемом штреке примерно в 1,5–2 раза возрастает длина зоны проявлений временного опорного давления по сравнению с отработкой первой лавы. Это обусловлено образованием пика опорного давления, действующего на краевую часть прилегающего угольного массива и движущегося вдоль повторно поддерживаемого штрека. Пик давления наступает вследствие суммирования составляющих временного и стационарного опорных давлений, т. е. аналогично морской волне зона временного опорного давления «накатывается» на площадь действия зоны стационарного опорного давления.

В зоне проявлений временного опорного давления устойчивость повторно используемого штрека, как правило, достигается путем применения гидравлических стоек в качестве временной усиливающей крепи, устанавливаемой аналогично выемке угля первой лавой. При этом штрек не загроможден транспортными машинами, электрооборудованием и т. д., в нем есть простор выбора рациональных мест расположения гидростоек рассредоточенного или кустового возведения.

Если с помощью гидростоек не удастся повторно сохранить требуемую устойчивость штрека, тогда дополнительно «возрождают» податливость рамной крепи. Для этого в штреке за пределами зоны временного опорного давления устанавливают гидростойки под прямолinéйные верхняки трапецевидных рам (с максимально возможным предварительным распором). Затем ослабляют замковые соединения; постепенным увеличением распора гидростоек уплотняют разрушенные породы кровли (уменьшают в них пустотность); поправляют или заменяют отрезки боковых стоек крепежных рам; в итоге приводят в рабочее состояние замковые соединения боковых стоек. В результате уплотнения разрушенных пород кровли, профилактики или устранения «застарелости» замковых соединений улучшается работоспособность трапецевидных рам (даже при малом резерве их податливости).

Выводы. В угольной отрасли есть достаточное количество прогрессивных и апробированных научно-

прикладных наработок, чтобы обеспечивать надлежащую устойчивость и малозатратность эксплуатации горных выработок. Комплексное их применение — хороший базис для широкого и эффективного повторного использования участков выработок.

Устойчивость участков выработок предопределяется постоянным взаимодействием двух геомеханических систем: большой и малой. Большая система (очистная выработка и окружающий ее массив) должна всегда оказывать как можно меньшее вредное влияние на малую (крепь выработки и окружающие ее породы). Требуемая устойчивость участков выработок обеспечивается при применении следующих направлений: большая скорость подвигания высоконагруженных лав; использование несущей способности и повышенной устойчивости вмещающих пород; применение простых, удобных и малозатратных технологических решений; высококачественное выполнение горных работ на всех этапах сооружения и эксплуатации участков выработок.

В Донбассе наиболее прогрессивна и эффективна комбинированная система разработки: запасы подготовленных столбов отрабатывают высоконагруженными лавами; повторно используют конвейерные штреки; применяют прямоточное проветривание выработок выемочного участка. При этом даже в сложных природных условиях примерно на 50–60 % уменьшаются затраты на проведение и поддержание участков выработок [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Зборщик М. П. Повторное использование участков выработок — неотложная задача угольных шахт / М. П. Зборщик // Уголь Украины. — 2011. — № 1. — С. 17–21.
2. Ильяшов М. А. Повторное использование участков выработок — эффективный резерв повышения конкурентоспособности шахтного фонда / М. А. Ильяшов // Уголь Украины. — 2011. — № 1. — С. 23–27.
3. Зборщик М. П. Предотвращение притоков метана в призабойное пространство высоконагруженных лав / М. П. Зборщик // Уголь Украины. — 2012. — № 12. — С. 11–16.
4. Зборщик М. П. Геомеханика подземной разработки угольных пластов / М. П. Зборщик, М. А. Ильяшов. — Донецк: ДонНТУ, 2006. — Т. 1. — 256 с.
5. Зборщик М. П. Геомеханика подземной разработки угольных пластов / М. П. Зборщик, М. А. Ильяшов. — Донецк: ДонНТУ, 2007. — Т. 2. — 262 с.
6. Байсаров Л. В. Охрана штреков литыми полосами при разработке пологих пластов средней мощности / Л. В. Байсаров, А. И. Демченко, М. А. Ильяшов и др. // Уголь Украины. — 2001. — № 9. — С. 3–6.