

DOI: 10.25558/VOSTNII.2018.02.005

УДК 622.273.18

© Д.В. Ботвенко, В.И. Жогло,  
А.Н. Бердников, 2018

**Д.В. БОТВЕНКО**

канд. техн. наук,  
заведующий лабораторией  
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово  
e-mail: d.botvenko@nc-vostnii.ru



**В.И. ЖОГЛО**

главный маркшейдер  
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово  
e-mail: Zhoglo.vladimir@mail.ru



**А.Н. БЕРДНИКОВ**

ведущий маркшейдер  
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово  
e-mail: Berdnikov-an@mail.ru



## ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОДДЕРЖАНИЯ ВЫРАБОТОК В ПРОЦЕССЕ ИХ ПОДРАБОТКИ

*В статье рассмотрены вопросы подработки действующих подготовительных выработок очистными работами нижележащих пластов. Исследованиями в натурных условиях установлен характер деформаций пород в разных зонах, приведены способы расчета конвергенции пород по контуру выработки. Выбран вид крепи и рассмотрены мероприятия по способу сохранения подрабатываемых выработок.*

**Ключевые слова:** ГЕОМЕХАНИКА, ГОРНАЯ ВЫРАБОТКА, ОЧИСТНЫЕ И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ, ЗОНА ПОДРАБОТКИ, СМЕЩЕНИЕ ПОРОД.

Развитие угольной промышленности в последние годы характеризуется стабильным повышением технико-экономических показателей, что обусловлено использованием современного горно-шахтного оборудования и совершенствованием технологии очистных и подготовительных работ. Однако в настоящее время зачастую подготовительные работы по вскрытию запасов нижележащих пластов угля не обеспечивают темпы проведения очистных работ на этих пластах. Поэтому при отработке запасов нижележащих пластов часто приходится использовать уже пройденные выработки вышележащих пластов. С целью увеличения коэффициента извлечения запа-

сов охранные целики от них на нижележащие пласты не строятся. При этом необходимо решать вопросы по сохранению выработок, попадающих в зону подработки.

Исследованиями в натурных условиях и на моделях установлен характер деформаций пород в разных зонах при подработке массива. Для решения практических задач горной геомеханики выделяют нижеперечисленные зоны деформации пород:

- зона беспорядочного обрушения, равная  $h_{6.o} = 1,5m \text{ } 2m; \div$
- зона полного обрушения  $h_o$ , равная  $6m$ ;
- зона образования провалов и боль-

ших трещин на поверхности  $h_{np}$ , равная  $20m$ ;

— зона прогиба пород  $h_{p.c.}$  с образованием сквозных газо- и водопроводящих трещин, равная  $30-35m$ ;

— зона плавного прогиба.

Каждая из этих зон имеет свои особенности деформирования пород. В пределах зоны полного обрушения, составляющей  $6m$ , выделяют также зону беспорядочного обрушения, размеры которой не превышают 1,5–2-кратной мощности вынимаемого пласта.

Выше зоны беспорядочного обрушения (но в пределах зоны полного обрушения) слои пород разделяются крупными трещинами на отдельные блоки, в соответствии с шагом обрушения консоли, и по трещинам наслаиваются на плиты, которые будут опускаться по мере движения забоя, иногда (в зависимости от состава пород междупластья) с выпадением отдельных блоков по трещинам. Как правило, после прохождения забоя отдельные блоки плиты «упаковываются», трещины закрываются и сохраняются только у границ выемки и целиков, не раздавленных горным давлением.

Выше зоны полного обрушения ( $h > 6m$ ) формируется зона прогиба пород с образованием системы сквозных нормальнонаправленных трещин по напластованию пород. Размеры этой зоны зависят от вынимаемой мощности пласта и литологического состава пород. Верхняя граница этой зоны от выемки одного пласта при первичной подработке оценивается «Правилами охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях» и составляет, в зависимости от содержания глинистых пород в подрабатываемой толще, от 30 м до 35 м. Выше этой зоны формируется зона плавного прогиба пород без образования сквозных трещин, распространяющаяся до земной поверхности, в которой происходит плавное опускание пород [1].

Образование систем трещин, интенсивных расслоений, беспорядочное обрушение слоёв пород, разделение слоёв пород трещинами на отдельные блоки и плиты про-

исходит, как правило, в пределах зоны полных сдвижений. За пределами зоны полных сдвижений происходит плавный прогиб и проседание слоёв пород, с возможным незначительным расслоением пород по плоскости напластования.

Во всех случаях сохранность существующих горных выработок при подработке возможна, только если выработка расположена выше зоны образования провалов и больших трещин.

Накопленные к настоящему времени материалы по смещениям пород контура подрабатываемых выработок не позволяют в чистом виде выделить влияние отдельных геологических и горнотехнических факторов, таких как глубина разработки, вынимаемая мощность подрабатываемого пласта, физико-механические свойства вмещающих пород и ряда других. В основном это связано с тем, что во многих наблюдениях, особенно выполненных в предыдущие годы, отсутствовала комплексность подхода к измерениям проявлений горного давления. Одни наблюдения включали в себя только оседания подрабатываемых выработок, без измерения конвергенции боковых пород, другие характеризовались измерениями деформаций пород по длине выработки в сочетании с оседаниями, и лишь немногие включали в себя весь набор необходимых измерений — конвергенцию смещений боковых пород на контуре выработок и их оседание при подработке [2].

Совокупность вышеуказанных наблюдений и материалов позволяет проанализировать возможность или недопустимость подработок только с сопоставлением по аналогичным случаям с ориентировочным сравнением ущерба от подработки, то есть количественных оценок сделать не представлялось возможным.

Согласно п. 5.9 «Указаний по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР» ВНИМИ, опубликованных в 1986 г., безопасную высоту подработки  $h_{он}$ , обеспечивающую защиту выработок, закрепленных жесткой крепью, от влияния очистных работ

на расположенных ниже угольных пластах и углах падения до 35° и отсутствии между пластом и выработкой мощных слоев песчаника,

следует принимать по табл. 1 [3]. При наличии мощных слоев песчаника данные таблицы уменьшаются на 20 %.

Таблица 1

Расчетная глубина расположения выработки $H_p$ , м	До 250	251–500	501–750	751–1000	Более 1000
Безопасная высота подработки $h_{он'}$ , м	150	175	200	225	250

Величину  $h_{он}$  при креплении выработок податливой крепью при углах падения до 35°

и вынимаемой мощности подрабатывающего пласта 1 м определяют по табл. 2 [3].

Расчетная глубина расположения выработки $H_p$ , м	Безопасная высота подработки $h_{он'}$ (м) при расчетном сопротивлении пород сжатию на контуре выработки с податливой крепью с податливостью 300 мм $R_c$ , МПа								
	До 20	30	40	50	60	80	100	120	Более 120
До 200	90	80	75	70	65	60	55	50	50
300	100	90	80	75	70	65	60	55	50
400	110	100	90	85	75	70	65	60	55
500	120	110	100	95	80	75	70	65	55
600	135	120	110	105	90	80	75	70	60
800	145	135	125	115	100	85	80	70	60
1000	160	150	140	130	110	90	85	75	65

При другой вынимаемой мощности подрабатывающего пласта величину  $h_{он}$  коррек-

тируют умножением на коэффициент  $k_m$ , значения которого приведены в табл. 3 [3].

Таблица 3

Вынимаемая мощность пласта, м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Коэффициент $k_{m.n}$	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

Для того чтобы оценить правильность выбора параметров и типа крепи при сохранении подготовительных горных выработок в зоне подработки, необходимо знать величину ожидаемой конвергенции.

Конвергенцией называются суммарные вертикальные или горизонтальные смещения подготовительной выработки.

Конвергенция горных выработок зависит от 4 основных факторов, к которым относятся:

- глубина разработки;
- прочностные свойства пород кровли и почвы;
- способ охраны выработки;
- мощность пласта.

С увеличением глубины ведения горных работ возрастает величина горного давления, соответственно увеличиваются смещения кровли, почвы и боков подготовительных выработок.

В выработках с более прочными порода-

ми почвы наблюдаются меньшие вертикальные смещения.

При охране выработок с использованием крепей, допускающих незначительные смещения пород, конвергенция уменьшается.

С увеличением мощности пластов конвергенция подготовительных выработок увеличивается, что обусловлено меньшей прочностью угля по сравнению с вмещающими породами.

При большой глубине разработки значительное влияние на конвергенцию оказывает фактор времени — чем больше срок службы выработки, тем меньше остаточная площадь поперечного сечения.

При разработке шахтой свиты угольных пластов основные подготовительные выработки могут попадать в зоны влияния очистных работ на соседних нижележащих пластах. В этом случае необходимо помнить, что смещения кровли, почвы и боков подготовительной выработки увеличиваются прямо пропорционально обусловленному очистными работами приросту горного давления. Поэтому в зоне влияния очистных работ на соседних пластах на конвергенцию подготовительной выработки не оказывают существенного влияния тип используемой крепи и плотность ее установки. Не компенсирует вертикальную конвергенцию и увеличение сечения выработки, так как абсолютные смещения кровли и почвы возрастают пропорционально увеличению исходной высоты выработки (эта закономерность особенно проявляется на больших глубинах).

Основным направлением уменьшения конвергенции подготовительных выработок, попавших в зону влияния очистных работ, является снижение воздействия на выработку повышенного горного давления [3]. Для этого применяются следующие меры:

- проведение предварительной защитной наработки пласта;
- предотвращение расслоения пород вокруг выработок за счет нагнетания полимерных смол или установки анкеров;
- упрочнение пород почвы выработок;
- проведение плановых подрывок пород почвы.

При выборе типа крепи подготовительных выработок необходимо учитывать следующее:

— крепь выработки не должна допускать расслоения пород кровли, поскольку в этом случае снижаются прочность и несущая способность кровли, и при увеличении горного давления резко возрастают деформации кровли и крепи;

— плохое заполнение закрепного пространства приводит к разрушению пород на контуре выработки и снижению несущей способности крепи вследствие неравномерного приложения нагрузки.

Деформации и разрушение пород по контуру выработки зависят от вида крепи (с замедленным или быстрым восприятием нагрузки) и от величины её несущей способности.

Проектные решения по выбору средств поддержания выработок следует принимать по величине ожидаемых максимальных смещений пород на контуре поперечного сечения при креплении ее податливой крепью с минимальным отпором, достаточным для поддержания разрушенных пород [3].

Величину смещений пород в полевых и пластовых выработках, охраняемых целиками, пройденных в нетронутым массиве и попадающих после подработки нижележащими пластами в зону над выработанным пространством согласно п. 6.16 «Указаний по рациональному расположению...» [3] определяют по формуле:

$$U = k_{\alpha} \times k_{\theta} \times k_s \times k_b \times (k_t \times U_t + k_l \times U_{\Pi} + 12 \times v_{\Pi} \times k_{t1}),$$

где  $k_{\alpha}$  — коэффициент влияния угла залегания пород и направления проходки выработки относительно простирания пород;  $k_{\theta}$  — коэффициент направления смещения пород;  $k_s$  — коэффициент влияния размера выработки, определяемый по формуле  $k_s = 0,2 \times (b - 1)$ , где  $b$  — ширина выработки в проходке;  $k_b$  — коэффициент воздействия других выработок, принимаемый для сложных сопряжений с примыканием выработок в виде двустороннего заезда — 1,6;  $k_t$  — коэффи-

циент влияния времени на смещения пород;  $U_T$  — смещение пород, принятое за типовое, в зависимости от расчетного сопротивления пород сжатию и расчетной глубины расположения выработки;  $k_d$  — коэффициент, учитывающий литологический состав толщи пород между выработкой и подрабатываемым пластом;  $U_n$  — смещения пород в зоне влияния временного опорного давления подрабатывающей лавы;  $v_n$  — скорость смещения пород в выработке после подработки;  $k_{t1}$  — коэффициент влияния времени поддержания выработки после подработки.

После определения ожидаемых максимальных смещений пород на контуре поперечного сечения охраняемой выработки согласно табл. 3 [3] выбирается категория устойчивости выработки и проверяется соответствие примененной крепи горно-геологическим условиям после подработки. В случае необходимости закладываются мероприятия по уменьшению конвергенции пород на контуре выработки.

К основным типам крепи, применяемым при подработке, относятся:

- рамные (арочные, кольцевые, трапециевидные, прямоугольные) крепи;
- анкерные крепи.

Металлические рамные податливые крепи используются при глубине горных работ более 200 м и могут быть арочной, трапециевидной (прямоугольной) и кольцевой формы.

К арочным крепям относятся:

- трехзвенные крепи КМП-А3 (применяются в породах любой прочности, при смещениях кровли до 300–400 мм, в выработках с продолжительным сроком службы (более 2 лет) и углами падения до 35°);
- четырехзвенные крепи КМП-А4 (применяются в двухпутевых выработках со сроком службы более 2 лет и смещениями кровли до 600 мм, боков — до 400 мм);
- пятизвенные крепи КМП-А5 (применяются в выработках со смещениями кровли до 1000 мм, подверженных влиянию очистных работ).

К трапециевидным (прямоугольным) крепям относятся:

— КМП-Т(П) (применяются в зоне активного влияния очистных работ, при ожидаемых смещениях кровли до 600 мм и отсутствии бокового давления и пучения, при углах падения пласта до 18°);

— КМПТ(П) (применяются в тех же условиях, что и крепь КМП-Т(П), отличаются установкой для усиления крепи средней стойки).

К кольцевым крепям относятся:

— четырехзвенные крепи КМП-К4 (применяются при значительном всестороннем горном давлении или пучащих породах в выработках со сроком службы более 2 лет);

— шестизвенные крепи КМП-К6 (применяются в тех же условиях, что и крепь КМП-К4).

Анкерные крепи могут быть нескольких видов:

— с химическим закреплением при помощи ампул с полимерной смолой (анкеры АСП и др.);

— с закреплением по всей длине при помощи цементного раствора (канатные анкеры).

Сталеполимерное анкерное крепление является наиболее перспективным способом крепления подготовительных выработок. Установка анкеров в кровле и боках выработок с химическим закреплением позволяет уменьшить вертикальную конвергенцию и предотвратить отжим угля со стороны боков выработок.

По сравнению с другими типами крепей анкерное крепление практически не уменьшает поперечное сечение выработок в свету и является самым быстрым, с точки зрения современной технологии установки, способом крепления.

Комбинированные крепи (сочетание анкерной и различных типов крепей) применяются в выработках с недостаточно устойчивыми породами, где использование одного вида крепи не обеспечивает поддержания выработок в эксплуатационном состоянии.

После установления соответствия выработанной крепи по смещениям контура выработки после подработки необходимо про-

вести обследование выработок, попадающих в зону подработки. Дело в том, что зачастую крепь выработок, сохраняемых при подработке нижележащими пластами, заранее находится в аварийном состоянии (отсутствуют распоры между кругами, сломана или вывалилась затяжка, стойки расположены не по нормали к почве, деформировано сечение, плохое заполнение закрепного пространства, имеются расслоения пород вокруг выработок, купола в кровле, почва уже имеет признаки пучения и др.). Поэтому до начала подработки необходимо привести выработки в соответствие с правилами безопасности (ПБ), и только после этого рекомендовать меры по уменьшению конвергенции пород по контуру выработки.

### Мероприятия по борьбе с пучением почвы горных выработок

Пучение почвы горных выработок относится к числу явлений, затрудняющих ведение подземных горных работ вследствие уменьшения площади поперечного сечения выработок, ухудшения условий проветривания, нарушения безопасных условий работы установленного в выработках транспортного оборудования.

К основным факторам, оказывающим влияние на процесс пучения почвы, относятся:

- положение выработки относительно очистных работ на разрабатываемом пласте и соседних;
- обводненность выработки;
- продолжительность охраны выработки.

При борьбе с пучением применяются прямые меры:

- анкерование пород почвы;
- упрочнение пород почвы тампонирующим вяжущими составами;
- устройство обратного свода и заполнение его бетоном;
- прорезка почвы разгрузочной щелью;
- бурение разгрузочных скважин в массиве пород;
- подрывка почвы поддирочными машинами.

Анкерование пород почвы применяется в выработках с угольной или породной почвой (прочность пород должна быть не менее 25 МПа) в ненарушенном массиве, не разделенном плоскостями скольжения и не склонном к размоканию. Для укрепления почвы применяются металлические или деревянные анкера с полимерным закреплением по всей длине.

Упрочнение пород почвы тампонирующим вяжущими составами применяется в основных выработках, почва которых уже подверглась деформированию, но возможно повторное выдавливание, а также в предварительно разрыхленных на глубину 5–7 м породах почвы.

Устройство обратного свода и заполнение его бетоном применяется для уменьшения пучения за счет равномерного поднятия забетонированной почвы выработки.

Прорезка почвы разгрузочной щелью, по данным экспериментальных исследований, эффективна, когда глубина щели составляет более 0,5 ширины выработки, при этом ширина щели в мягких породах должна быть более 20 см, в крепких — не более 20 см.

Бурение разгрузочных скважин применяется при проведении подготовительных выработок на больших глубинах (более 600 м). Характеризуется очень большим объемом бурения (разгрузочные скважины в боках выработки диаметром 250–400 мм и длиной 8–10 м бурятся через 20–40 см по длине выработки).

Подрывка почвы поддирочными машинами применяется как самый простой и эффективный способ уборки вспученных пород.

Применение разгрузочного (камуфлетного) взрывания не обеспечивает эффективной защиты от пучения, поскольку после проведения взрывания возрастает трещинообразование в боках и почве выработки и возможно повторное выдавливание пород.

Усиление основной крепи выработок (путем установки лежней, дополнительных стоек) малоэффективно, поскольку предотвратить начавшееся в зоне влияния очистных работ пучение почвы подготовительных выработок практически невозможно.

Широкое внедрение разработанных активных способов и средств обеспечения устойчивости подготовительных выработок позволяет значительно уменьшить общую конвергенцию выработок и тем самым обеспечить безопасное и эффективное их поддержание.

Основные практические выводы заключаются в следующем:

1. Основные деформации почвы и кровли подготовительных выработок происходят в зоне активных смещений пород и достигают 60–70 % конвергенции выработок.

2. Разработанная геомеханическая модель деформирования массива вокруг подготовительных выработок, учитывающая возникновение и развитие зон предельного состояния и пластической дилатансии в зависимости от влияния смежных лав, позволяет обосновать активные способы их эффективного поддержания на основе применения ориентированных плоскостей скольжения в кровле и почве выработок, исключая динамическое их разрушение и значительно снижающие величину их конвергенции.

3. Определенные величины смещений и характер проявлений горного давления в различных зонах существования подготовительных выработок позволяют обосновать способы и средства их эффективного и безопасного поддержания, включающие основные крепи, крепи усиления, охранные сооружения и способы изменения массива с учетом физико-механических свойств вмещающих пород, склонности почвы к пучению, глубины заложения и степени разрыхления пород.

4. Эффективное поддержание подготовительных выработок при подработке в условиях больших глубин обеспечивается снижением величины и скоростей смещений вмещающих пород за счет применения металлической податливой крепи в комбинации с упрочнением пород кровли, почвы и боков анкерами, крепи с шарнирно-амортизирующими узлами податливости и скважинной разгрузки массива.

В качестве положительного примера сохранения подготовительных выработок,

подвергшихся подработке, можно привести выполнение «Рекомендаций по обеспечению сохранности выработок пласта 42, находящихся в зоне влияния отработки выемочного участка 38-1» АО «Шахтоуправление «Талдинское-Кыргайское», разработанных АО «НЦ ВостНИИ».

На шахте «Кыргайская» при отработке лавы 38-1 пришлось использовать выработки, ранее пройденные по вышележащему пласту Кыргайскому-42 и попадающие в зону влияния очистных работ пласта Кыргайский-38.

Подготовка пласта Кыргайский-38 предусматривается двукрылой панелью. В центральной части пласт Кыргайский-38 вскрыт конвейерным и транспортным наклонными квершлагами с существующих вентиляционного ствола № 1 и флангового транспортного ствола пласта Кыргайский-42 соответственно. В северной части шахтного поля для обеспечения безопасного ведения горных работ и подачи свежего воздуха в подготовительные забои, ведущие подготовку лавы 38-2 с севера, проектной документацией предусматривалось использование выработок пласта Кыргайский-42, находящихся в зоне влияния отработки нижележащего пласта Кыргайский-38.

При отработке лавы 38-1 необходимо было обеспечить сохранность следующих горных выработок пласта Кыргайский-42, попадающих в границы зоны влияния:

— Северный транспортный ствол пласта Кыргайский-42;

— Диагональный штрек 42-11бис;

— Диагональный штрек 42-15/16;

— площадки сопряжений Северного транспортного ствола с нишей под временный водосборник, Северного транспортного ствола с диагональным штреком 42-11/42-12, Северного транспортного ствола с диагональным штреком 42-15/16;

— площадки сопряжения диагонального штрека 42-15/16 с конвейерным штреком 42-14, диагонального штрека 42-15/16 с конвейерным штреком 42-15.

### Горно-геологические условия залегания пластов Кыргызский-42 и Кыргызский-38

Отрабатываемые шахтоуправлением пласты Кыргызский-38, Кыргызский-42-42а и 42 относятся к ускатской свите. Литологический состав пород свиты сложен переслаиванием разномерных песчаников и алевролитов с многочисленными пластами и пропластками каменного угля, реже встречаются аргиллиты. Характерным для отложений свиты является наличие мощных слоев алевролитов. Песчаники залегают в виде слоев мощностью от 2 до 15 м, иногда достигая 20 м.

Общая средняя мощность пласта Кыргызский-42 равна 2,76 м, а изменяется преимущественно от 2,6 до 2,8 м.

Кровля пласта представлена преимущественно мелкозернистым алевролитом, легкоуправляемая, средней устойчивости, мощностью до 15 м, средней обрушаемости, с сопротивлением сжатию 50-70 МПа, с коэффициентом крепости 5–6.

По геологическим данным разрывные нарушения по пласту не выявлены.

Пласт Кыргызский-38 залегает в 128-135 м ниже пласта Кыргызского-42. Мощность

пласта колеблется от 3,38 до 4,59 м (средняя 3,87 м). Угол падения составляет от 3° в мульде, до 40° на крыльях синклинали, преобладающий угол падения 8–25°. Строение пласта простое, реже сложное с количеством пачек от одной до четырех.

Кровля пласта представлена преимущественно мелкозернистым алевролитом, легкоуправляемая, от слабой до средней устойчивости, средней обрушаемости.

Непосредственная кровля пласта не склонна к вывалам, устойчивая на большей части шахтного поля, относится по устойчивости к классу средней — 2. Основная кровля по обрушаемости изменяется от средней до тяжелой.

Отработка запасов лавы 38-1 на рассматриваемом участке будет осуществляться в диапазоне глубин 150–280 м.

### Характеристика и оценка состояния подрабатываемых выработок

Предполагаемые к поддержанию горные выработки пласта К-42 на участках общей протяженностью 825 м находились непосредственно над отрабатываемой площадью лавы 38-1 или в зоне ее влияния (рис. 1).

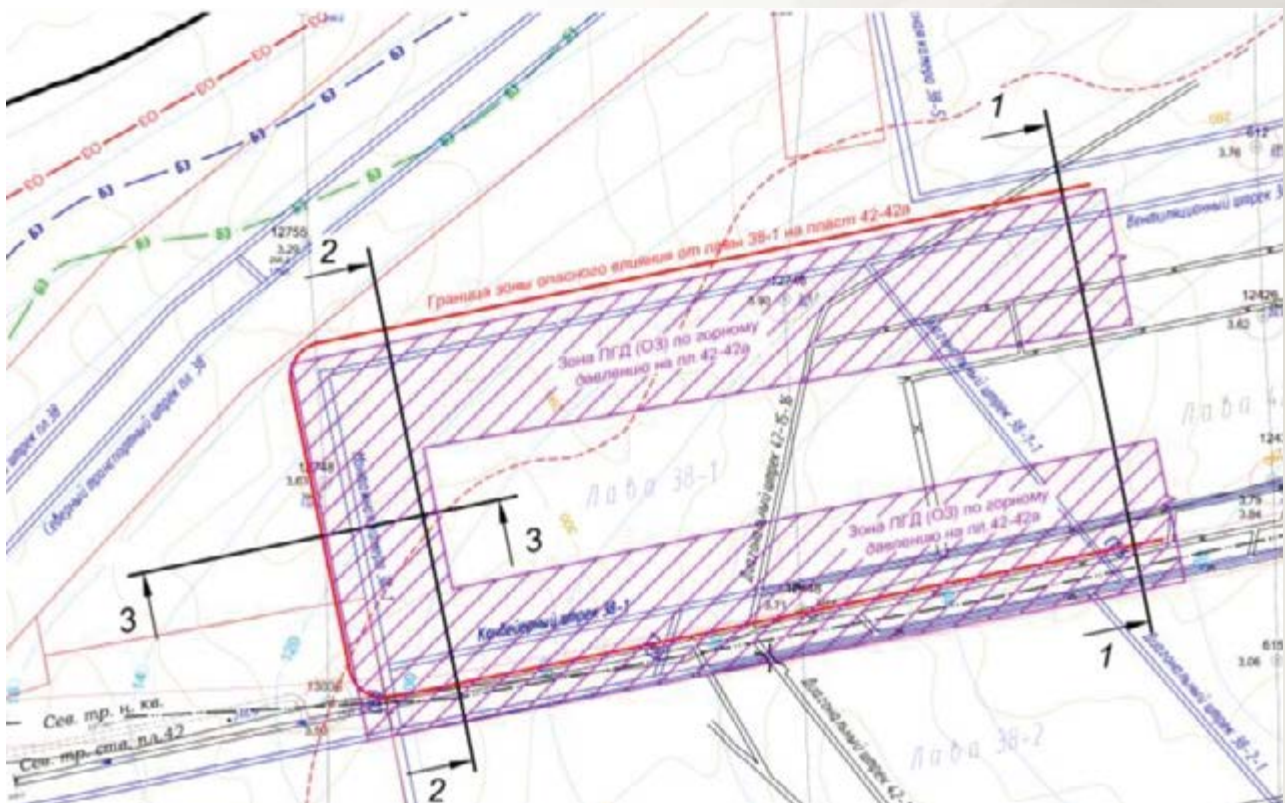


Рис. 1. Выкопировка с совмещенного плана горных работ пластов 38 и 42-42а



### **Северный транспортный ствол пласта Кыргызский-42**

Стол предназначен для выдачи исходящей струи воздуха и организации запасных выходов. Стол пройден по почве пласта 42 под углом 9-13°.

#### **Диагональный штрек 42-11бис**

Предназначен для выдачи исходящей струи воздуха и организации запасных выходов.

#### **Диагональный штрек 42-15/16**

Штрек предназначен для выдачи исходящей струи воздуха и организации запасных выходов. Штрек пройден по почве пласта 42 под углом 1-6°.

Для определения фактического состояния крепи выработок пласта Кыргызского-42 на участках влияния лавы 38-1 и разработки рекомендаций по обеспечению их сохранности 11.03.2016 г. выработки были комиссионно обследованы, на основании чего составлен акт обследования. Комиссией были выявлены участки выработок, не удовлетворяющие требованиям ПБ в части крепления (отсутствуют распоры между кругами, сломана или вывалилась затяжка, стойки расположены не по нормали к почве, деформировано сечение, плохое заполнение закрепного пространства, имеются расслоения пород вокруг выработок, почва уже имеет признаки пучения, купола, все площадки сопряжений закреплены неподатливой металлической крепью и др.).

Согласно акту обследования комиссией были предложены меры по приведению выработок в состояние, удовлетворяющее требованиям ПБ.

*Северный транспортный ствол пласта 42* закреплен металлическими арочными креплениями АЗУ-16-27 и АЗУ-13-22 с перетяжкой бортов кровли железобетонной затяжкой и металлической решеткой. Шаг крепления — через 0,5–0,8 м. Угол наклона — до 13°. Максимальная глубина от поверхности — 125 м. Крепление в удовлетворительном состоянии, однако согласно Акту обследования в отдельных местах необходимо провести ремонтные работы.

*Диагональный транспортный штрек 42-15/16* пройден по почве пласта 42. Закреплен

металлической арочной крепью АЗУ-13-22 с перетяжкой бортов кровли металлической решеткой и железобетонной затяжкой. Шаг крепления — через 0,5–0,8 м. Угол наклона — до 5°. Максимальная глубина от поверхности — 125 м. Стойки выработки через одну дополнительно заанкерованы в борт на сталеполимерные анкера А20В (L = 1,8 м). Крепление в удовлетворительном состоянии, однако согласно Акту обследования в отдельных местах необходимо провести ремонтные работы.

*Диагональный штрек 42-11бис* пройден по почве пласта 42. Закреплен металлической арочной крепью АЗУ-13-22 с перетяжкой бортов кровли металлической решеткой и железобетонной затяжкой. Шаг крепления — через 0,5–0,8 м. Угол наклона — до 5°. Максимальная глубина от поверхности — 125 м. При отходе от площадки сопряжения с Северным транспортным стволом крепление выработки «нога в ногу» на протяжении 5 м. Необходимо усилить эту часть выработки установкой дополнительных деревянных либо гидравлических стоек.

Площадки сопряжения закреплены неподатливой металлической крепью, находятся в удовлетворительном состоянии. Согласно Акту обследования необходимо усилить все площадки сопряжений путем выкладки «костров» из негорючего материала или подбивки дополнительных деревянных или гидравлических стоек.

1. Расстояние между пластами К-42 и К-38 на рассматриваемом участке составляет 128–130 м, что более безопасной высоты подработки, т. е. эти пласты могут отрабатываться как в восходящем, так и в нисходящем порядке без ограничения во времени подготовки и отработки, а также пространственного расположения выработок ( $h_{б.п.} < h$ ; 116 м < 128 м).

2. При определении смещения пород на контуре подрабатываемых выработок максимальное смещение (Северный транспортный ствол пл. 42) составит 189 мм. При таких величинах смещений пород оценку состояния устойчивости выработок можно отнести ко II категории (среднеустойчивая). Согласно п. 5.16 «Указаний по рациональному распо-

ложению...» в выработках I и II категорий устойчивости можно применять арочную металлическую податливую крепь при плотности установки 1-1,3 рамы/м [3].

Примененная в подрабатываемых выработках трехзвенная крепь КМП-А3 используется при породах любой прочности, при смещениях кровли не менее 300 мм, в выработках с продолжительным сроком службы (более 2 лет) и углами падения до 35°.

3. Согласно Акту обследования площадки сопряжения выработок закреплены металлической неподатливой крепью, не способной воспринимать смещения более 100 мм. Следовательно, все площадки сопряжения необходимо усилить выкладкой «костров» из негорючего материала либо подбивкой гидравлических или деревянных стоек под каждую раму крепления. Стойки площадок сопряжения необходимо заанкеровать в борт и взять в бетон.

Часть выработок, попадающих в зону влияния лавы 38-1, находятся в состоянии, не соответствующем ПБ и паспортам крепления, и будут не способны воспринять расчетные смещения. Поэтому эти выработки перед началом подработки необходимо привести в соответствие с требованиями ПБ.

4. Выполненные расчеты показывают, что деформации массива в плоскости подрабатываемого пласта 42 в период общей продолжительности процесса сдвижения (2,8 мес.) будут проявляться в виде плавного оседания почвы пласта 42 (до 2,56 м) и снижения устойчивости пород непосредственной кровли.

5. От лавы 38-1 на пласт 42 построены зоны повышенного горного давления. Зоны ПГД по критерию проявления газодинамических явлений не достигают пласта 42, а значит не будут оказывать влияния на поддержание выработок пласта 42-42а.

Установлено, что краевые части пласта 38 будут создавать на подготовительные выработки пласта 42 зоны ПГД категории «опасная зона» по критерию горного давления. В опасных зонах работы по поддержанию выработок необходимо вести по специальным мероприятиям, снижающим степень влияния

зоны ПГД в соответствии с требованиями «Указаний по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) краевыми частями при разработке свиты угольных пластов мощностью до 3,5 м с углом падения до 35° и других нормативных документов [4–6].

### Рекомендации по поддержанию подготовительных выработок пласта 42, находящихся в зоне влияния лавы 38-1

1. К моменту запуска в работу лавы 38-1 привести обследованные выработки в соответствие с требованиями ПБ и паспортами крепления.

2. Усилить все площадки сопряжений путем выкладки «костров» из негорючих материалов (отрезки СВП-22, 27, L = 1,5–1,8 м). Заанкеровать в борт все стойки сопряжений и взять их в бетон (0,40×0,40 м). При наличии пустот над крепью сопряжений забутить их негорючим материалом (рис. 2).

3. Обеспечить свободные проходы и зазоры по выработкам в соответствии с ПБ.

4. Перед запуском лавы 38-1 провести повторное обследование выработок по пласту Кыргайский-42, попадающих в зону вредного влияния очистных работ лавы 38-1, на предмет готовности выработок к подработке.

5. После повторного обследования выработок по пласту Кыргайский-42, попадающих в зону вредного влияния очистных работ лавы 38-1, составляется акт о готовности горного предприятия к подработке, а необходимые мероприятия включаются в план ликвидации аварий на шахте.

6. Приказом по шахте назначить должностных лиц, ответственных за состояние крепи подрабатываемых выработок, выполнение ремонтных и других видов работ, со сроком их исполнения.

7. На сопряжениях выработок, попадающих в зону очистных работ лавы 38-1, и самих выработках через 50–70 м заложить подземные наблюдательные станции с целью инструментального контроля за состоянием массива. Необходимо приказом назначить ответственных за выполнение наблюдений на

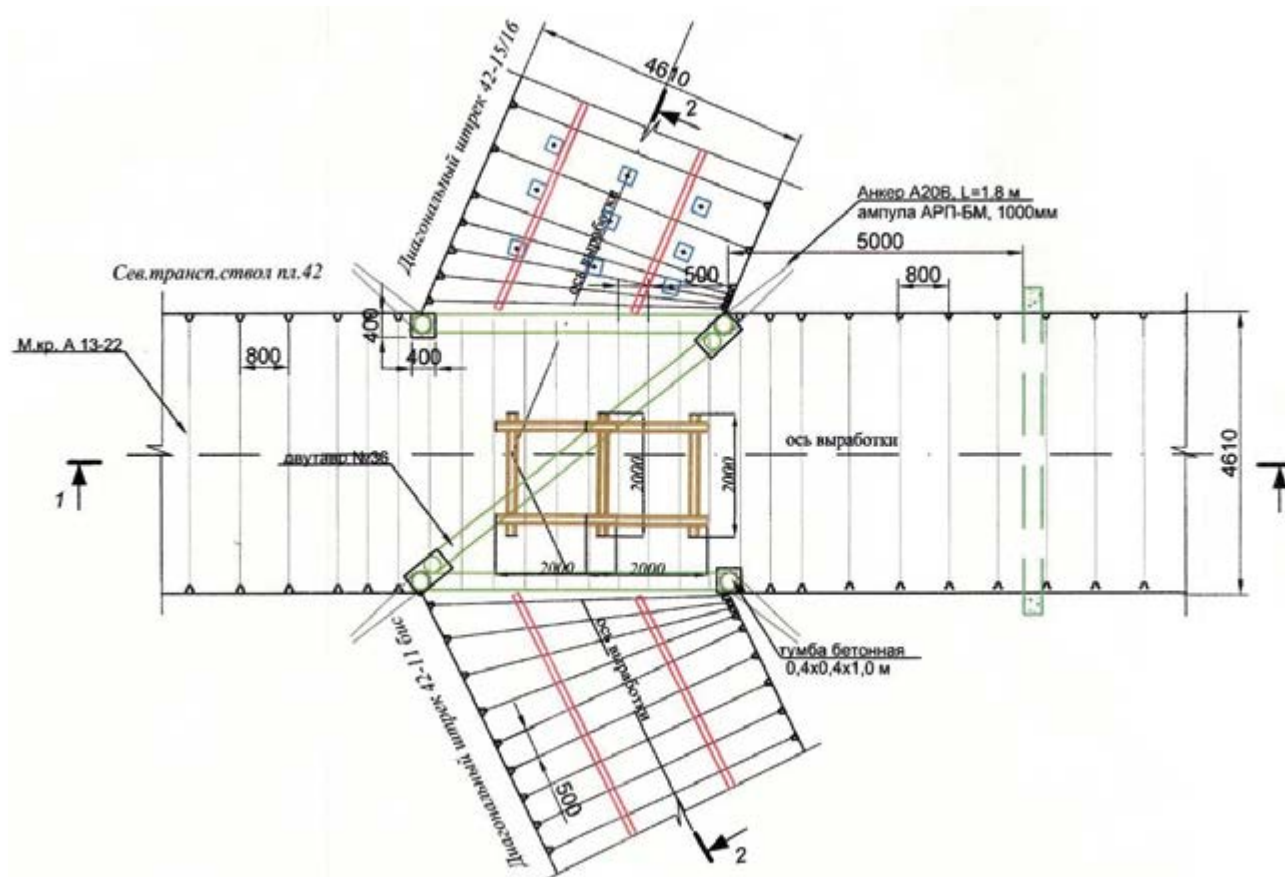


Рис. 2. Рекомендуемое усиление крепления сопряжения Северного транспортного ствола пл. 42 с диагональными штреками 42-15/16 и 42-11бис

станциях. В случае возникновения опасных деформаций при наблюдениях за реперами необходимо принимать меры по предотвращению расслоения пород путем подбивки дополнительных стоек, нагнетания полимерных смол или усилением крепи анкерами глубокого заложения. При деформациях площадок сопряжения возможно применение для усиления крепей КМПТ.

8. Инструментальный контроль за состоянием массива начинается до первичного шага посадки лавы 38-1.

9. При попадании выработки в зону ПГД возможно усиление пучения почвы выработки. Пучение почвы горных выработок относится к числу явлений, затрудняющих ведение горных работ вследствие уменьшения площади сечения, ухудшения условий проветривания, нарушения безопасных условий работы. Поэтому перед началом подработки имеющаяся порода с почвы выработок должна быть удалена. Высота выработки должна соответствовать проектной. В случае появления пучения

почв необходимо предусмотреть следующие прямые методы борьбы с пучением: прорезка почвы выработки разгрузочной щелью (эффективна при глубине щели более 0,5 ширины выработки; ширина щели 20 см) либо подрывка почвы поддирочными машинами.

10. В Диагональном штреке 42-15/16, Диагональном штреке 42-11бис, Северном транспортном стволе пласта 42 при входе в зоны ПГД и выходе из них на протяжении 20 м предусмотреть бурение разгрузочных скважин диаметром 250–400 мм, длиной 8–10 м, через 0,5 м по борту выработки до начала отработки лавы 38-1 (рис. 1).

11. В случае появления боковых смещений пород для их предотвращения необходимо заложить анкерование стоек крепи в борт выработки сталеполимерными анкерами А20В (L = 2,8 м).

12. Места выработок, попадающие в зону влияния лавы 38-1, должны быть ограждены предупреждающими знаками «Внимание! Подработка».

13. Для своевременного обнаружения признаков ухудшения состояния массива силами технического надзора участка, за которым закреплены горные выработки, должны проводиться наблюдения за состоянием массива. К признакам ухудшения состояния кровли относятся увеличение интенсивности трещиноватости и вывалов, размеров уступов в кровли, которые характеризуются коэффициентами: трещиноватости  $k_r$ , вывалов  $k_v$  и уступов  $k_y$ . В соответствии с «Указаниями по рациональному расположению...» увеличение хотя бы одного из коэффициентов в полтора раза (по сравнению с фоновым значением вне зоны) должно рассматриваться как признак ухудшения. После этого нужно немедленно начать внедрение мероприятий, указанных в п. 9, 11.

14. Расчет безопасной глубины, построение зон ПГД, величина расчетного смещения по контуру выработки произведены исходя из мощности подрабатывающего пласта К-38  $m = 3,50$  м. Поэтому на участке влияния лавы 38-1 на выработки пласта К-42 вынимаемая мощность не должна превышать 3,50 м.

15. В зоне вредного влияния лавы 38-1 крепь диагональных штреков 42-15/16 и 42-11бис дополнительно усиливается путем установки двух рядов металлических подхватов, выполненных из СВП-22,  $L = 5.85$  м. Подхваты соединяются между собой двумя замковыми хомутами. Под металлические подхваты подбиваются сборные металлические стойки из СВП-22 и соединенные между собой тремя замковыми хомутами через накладки (рис. 3).

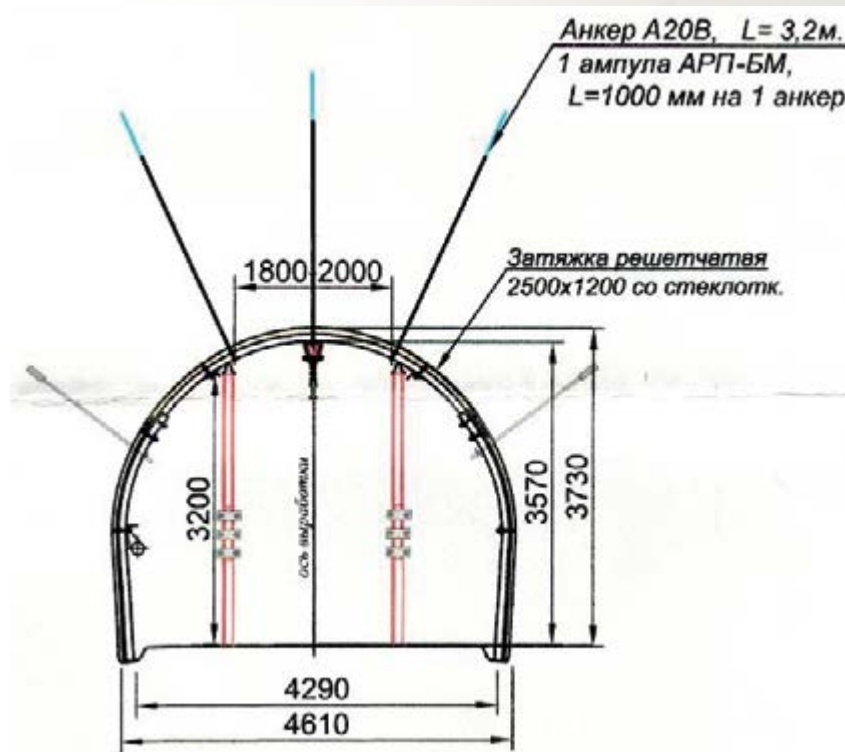


Рис. 3. Усиление крепи диагональных штреков 42-15/16 и 42-11бис в зоне подработки

В результате применения рекомендованных выше активных способов и средств обеспечения устойчивости подготовительных выработок при подработке подготовительных выработок пласта К-42 лавой 38-1 были полу-

чены положительные результаты. Выработки были сохранены для обеспечения проветривания и запасных выходов на период подготовки лавы 38-2 с северной части шахтного поля.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. — М.: Недра, 1998.
2. Ягунов А.С. Особенности проявления и параметры деформационных процессов, формируемых в подрабатываемом горном массиве // Сб. Современные разработки угольных месторождений. Тр. Координационного совещания по безопасности / ВНИМИ. — СПб., 2006. — С. 155–165.
3. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР / ВНИМИ. — Ленинград, 1986.
4. РД-05-328-99. Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам. — М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2000.
5. Правила безопасности в угольных шахтах: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2014.
6. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов, мощностью до 3,5 м с углом падения до 35° / ВНИМИ. — Ленинград, 1984.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2018.02.005

UDC 622.273.18

© D.V. Botvenko, V.I. Zhoglo, A.N. Berdnikov, 2018

### D.V. Botvenko

Candidate of Engineering Sciences, Laboratory Head  
JSC «NC VostNII», Kemerovo  
e-mail: d.botvenko@nc-vostnii.ru

### V.I. Zhoglo

Chief Surveyor  
JSC «NC VostNII», Kemerovo  
e-mail: Zhoglo.vladimir@mail.ru

### A.N. Berdnikov

Leading Surveyor  
JSC «NC VostNII», Kemerovo  
e-mail: Berdnikov-an@mail.ru

## GEOMECHANICAL ASSESSMENT OF ROADWAY MAINTENANCE DURING UNDERWORKINGS

*The article presents the issues of underworking of current development headings by working faces of underlying seams. Investigations in full-scale conditions have established the nature of rock deformations in different zones. The methods for calculating rock convergence along the boundary of the mine opening are presented. The support type was chosen and the measures for the way of saving the undermine workings is considered.*

Keywords: GEOMECHANICS, HEADING, BREAKAGE HEADING, PREPARATION WORKS, STOPPING, SEAM, UNDERWORKING, SOLID MOVEMENT.

## REFERENCES

1. Pravila okhrany sooruzheniy i prirodnykh ob"ektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornykh razrabotok na ugolnykh mestorozhdeniyakh (Guidance on the protection of structures and natural objects from the negative impact of underground mining in coal deposits). M.: Nedra, 1998.

2. Yagunov A.S. Osobennosti proyavleniya i parametry deformatsionnykh protsessov, formiruemykh v podrabatyvaemom gornom massive (Particularity of deformation process occurrence and its characteristics formed during seam underworking). Sb. Sovremennyye razrabotki ugolnykh mestorozhdeniy. Tr. Koordinatsionnogo soveshchaniya po bezopasnosti (Modern development of coal deposits. Coordination Meeting on Safety proceedings). VNIMI. Sankt Peterburg, 2006. pp. 155–165.

3. Ukazaniya po ratsionalnomu raspolozheniyu, okhrane i podderzhaniyu gornykh vyrabotok na ugolnykh shakhtakh SSSR (Guidelines for the rational arrangement, protection and maintenance of mining the coal mines of the USSR). VNIMI. Leningrad. 1986.

4. RD-05-328-99. Instruktsiya po bezopasnomu vedeniyu gornykh rabot na shakhtakh, razrabatyvayushchikh ugolnye plasty, sklonnye k gornym udaram (Instruction on safety mining in coal mines developing coal seams, prone to rock bursts). M.: NTTS «Promyshlennaya bezopasnost», 2000.

5. Pravila bezopasnosti v ugolnykh shakhtakh: feder. normy i pravila v obl. prom. Bezopasnosti (Federal norms and regulations in the field of industrial safety: safety rules in the coal mines). M.: ZAO NTTS PB, 2014.

6. Ukazaniya po upravleniyu gornym davleniem v ochistnykh zaboyakh pod (nad) tselikami i kraevymi chastyami pri razrabotke svity ugolnykh plastov, moshchnostyu do 3,5 m s uglom padeniya do 350 (Guidelines on ground control in working faces under (over) pillars and massif edges at multiple seam mining of thickness up to 3.5 m with the slope up to 350). VNIMI. Leningrad, 1984.