

**Курносое С.А.**, д-р техн. наук, ст. научн. сотр.,  
**Задерий В.В.**, магистр  
(ИГТМ НАН Украины),  
**Пилюгин В.И.**, д-р техн. наук,  
**Демиденко А.Г.**, магистр  
(ООО «ДТЭК Энерго»),  
**Цикра А.А.**, канд. техн. наук,  
**Аверкин Д.И.**, магистр  
(ООО «Минова Украина»),  
**Силищев А.Г.**, магистр  
(ООО «ДТЭК Ровенькиантрацит»)

**ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ ОКОЛОШТРЕКОВЫХ ПОЛОС НА  
КОНВЕРГЕНЦИЮ КОНТУРА ВЫЕМОЧНОГО ШТРЕКА И  
СОСТОЯНИЕ ВМЕЩАЮЩЕГО МАССИВА**

**Курносое С.А.**, д-р техн. наук, ст. наук. співр.,  
**Задерій В.В.**, магістр  
(ИГТМ НАН України),  
**Пілюгін В.І.**, д-р техн. наук,  
**Демиденко О.Г.**, магістр  
(ТОВ «ДТЕК Енерго»,  
**Цікра О.А.**, канд. техн. наук,  
**Аверкін Д.І.**, магістр  
(ТОВ «Мінова Україна»),  
**Балдін В.В.**, магістр,  
**Силищев О.Г.**, магістр  
(ТОВ «ДТЕК Ровенькиантрацит»)

**ВПЛИВ ЖОРСТКОСТІ НАВКОЛОШТРЕКОВИХ ПОЛОС НА  
КОНВЕРГЕНЦІЮ КОНТУРУ ВИЙМКОВИХ ШТРЕКІВ І СТАН  
ВМІЩУЮЧОГО МАСИВУ**

**Kurnosov S.A.**, D.Sc. (Tech.), Senior Researcher,  
**Zaderiy V.V.**, M.S (Tech.)  
(IGTM NAS of Ukraine),  
**Pilyugin V.I.**, D.Sc. (Tech.),  
**Demidenko A.G.**, Master of Science  
(«DTEK Energo» OJSC),  
**Tsikra A.A.**, Ph. D. (Tech.),  
**Averkin D.I.**, Master of Science  
(«Minova Ukraine» LTD),  
**Baldin V.V.**, M.S (Tech.),  
**Silishchev A.G.**, M.S (Tech.)  
(«Rovenkiantracit» OJSC)

## HOW RIB-SIDE TRACK RIGIDITY IMPACTS ON THE GATE CONTOUR CONVERGENCE AND ECLOSING ROCK STATE

**Аннотация.** Установлены зависимости смещений контура выемочного штрека и деформирования вмещающих пород от жёсткости околострековых полос на всех этапах эксплуатации выработки – до начала влияния очистных работ, в зоне опорного давления впереди лавы, а также в зонах интенсивных и установившихся смещений за лавой. Результаты исследований показали высокую эффективность жёстких полос – доказана возможность повторного использования конвейерного штрека в качестве вентиляционного при разработке смежного выемочного столба путём применения комбинированной крепи, включающей бетонную пакетированную полосу и рамно-анкерную крепь. Для исключения необходимости подрывки почвы выработки, рекомендовано применение двойной полосы: первый, ближний к штреку ряд, состоит из накатных костров, т.е. является податливым, а второй ряд – жёсткая бетонная полоса.

**Ключевые слова:** жёсткость околострековых полос, деформирование контура штрека и вмещающих пород

Технологическим фактором, существенно отличающим условия поддержания выемочных штреков от других выработок, является наличие сопряжения с лавой. В результате выемки угольного пласта устраняется опора под подработанными породами кровли, что провоцирует их прогиб, расслоение и разрушение. С увеличением мощности породного слоя, подвергшегося необратимым деформациям, возрастает нагрузка на крепь штрека. Наиболее эффективным способом уменьшения мощности деформируемого слоя кровли является своевременное создание надлежащего отпора прогибающимся породам. На сопряжении лавы со штреком данную функцию выполняет охранный пояс. При всём многообразии применяемых полос, их основным параметром является жёсткость, т.е. степень усадки под воздействием нагрузки. Увеличение жёсткости полосы способствует повышению эффективности её работы в качестве обрезной крепи, а, следовательно, и снижению нагрузки на крепь штрека. Однако такая полоса является концентратором сжимающих напряжений в надработанной почве пласта, что обуславливает повышение растягивающих напряжений в почве штрека [1]. Поэтому, важным в обеспечении устойчивости выемочных штреков является обоснованный выбор способа и параметров охраны их сопряжения с лавой.

*Целью исследований* являлось установление влияния жёсткости околострековых полос на напряжённо-деформированное состояние вмещающего массива и конвергенцию контура штрека в процессе ведения горных работ.

Исследования проводились в условиях конвейерного штрека лавы № 12 пласта  $h_7$  шахты им. Ф.Э. Дзержинского ШУ «Ровеньковское». Средняя скорость подвигания лавы составляла 3 м/сут. Глубина заложения выработки 1045 м, угол падения пласта – от  $15^\circ$  до  $19^\circ$ , вынимаемая мощность – порядка 1,1 м, крепость угля (по М.М. Протодяконову) –  $f=1,5-2,0$ . Кровля пласта представлена сланцем песчаным средней крепости,  $f=7-9$ , мощностью (10,0-18,0) м. По классификации ДонУГИ кровля отнесена к среднеобрушаемой с эпизодическими проявлениями свойств труднообрушаемой ( $A_{2-3}$ ). В почве пласта – сланец песчаный, мощностью 6,0 м, склонный к пучению,  $f=5-6$ .

В соответствии с требованиями [2], по рекомендациям ИГТМ НАН Украины, осуществлялось анкерование кровли и боков выработки. При проходке штрека, подрывка его почвы относительно почвы угольного пласта составляла 1,3 м, в связи с этим, для предотвращения разрушения образующейся бровки [3, 4], предусмотрено её укрепление анкерами.

Сопряжение конвейерного штрека с лавой, в зависимости от поставок лесоматериалов, охранялось накатными кострами (НК) из шпального бруса, либо кругляка  $\varnothing 150$  мм или 250 мм. Костры шириной 1,0 м выкладывались на расстоянии 0,7 м от рам арочной крепи АПЗ/13,8 (профиль СВП 22), установленных с плотностью 0,8 шт./п.м.

На участке конвейерного штрека, протяжённостью 110 м, в соответствии с рекомендациями ИГТМ НАНУ, был применён способ охраны сопряжения с лавой, предусматривающий сооружение бетонной пакетированной полосы (ПП), технология которого заключается в следующем. Перед укладкой ПП, с минимальным отставанием от забоя лавы, под защитой обратных консолей двух нижних секций 2КД-90Т, устанавливалась оконтуривающая полосу крепь из деревянных стоек  $\varnothing 150$  мм (со стороны штрека – 3 стойки на погонный метр, а со стороны выработанного пространства лавы – органичный ряд). Это обусловлено необходимостью предотвращения разрушения бетона до набора им необходимой прочности. Между рядами ограждающих стоек, по принципу кирпичной кладки, укладывались слои пакетов с сухой цементно-минеральной смесью Текхард [5] до подпора полосой подработанной кровли угольного пласта. Пакеты наполнялись водой из шахтного водовода путём прокалывания и нагнетания игольчатым иньектором, оборудованным краном и подводным рукавом. Ширина бетонной полосы составляла 1,1 м.

Таким образом, горно-геологические и горнотехнические условия отработки, а также параметры размещения относительно контура штрека и первоначальные геометрические размеры бетонной и деревянных полос были практически идентичны, что повысило достоверность оценки влияния прочностных свойств полосы и технологии её сооружения на состояние подготовительной выработки в процессе ведения горных работ.

Для исследования глубины и степени расслоения подработанных пород кровли, на различных участках штрека оборудованы замерные станции, каждая из которых состояла из трёх глубинных индикаторов перемещения горных пород (ИППГ) конструкции ИГТМ НАН Украины, установленных в скважины длиной 6,0 м. Каждый ИППГ содержал 6 якорей, зафиксированных по глубине измерительной скважины с интервалом 1 м, что позволило определять величину расслоения пород кровли на различном удалении от контура выработки. При этом 4 замерные станции (ЗС 765 м, ЗС 774 м, ЗС 808 м и ЗС 821 м) находились на участке штрека с бетонной полосой, а 2 станции (ЗС 847 м и ЗС 861 м) – на участке с кострами из лесоматериалов. Направление скважин выбрано таким образом, чтобы измерения расслоения пород охватывали кровлю штрека, а также кровлю угольного пласта над прилегающим нетронутым массивом (нижний борт штрека) и над сопряжением с обрабатываемой лавой (верхний борт).

Кроме того, на рамной крепи сделаны засечки, позволившие определять смещения кровли и почвы штрека по мере подвигания лавы.

Исследованиями охвачены все стадии деформирования выработки – до начала влияния очистных работ, в зоне опорного давления впереди лавы, а также в зонах интенсивных и установившихся смещений за лавой.

На рисунок 1 – рис. 3 приведены результаты исследований расслоения пород кровли штрека на высоту до 6 м, в зависимости от расстояния до очистного забоя, соответственно, в центральной части штрека, со стороны отрабатываемой лавы и со стороны нетронутого массива. Анализ графиков показывает, что до начала влияния очистных работ и в зоне опорного давления впереди лавы, наибольшие расслоения происходят в центральной части штрека, а в его верхнем и нижнем бортах деформации пород практически одинаковы и в 2,5-3,0 раза меньше, чем в центре. Незначительные деформации в боковых частях штрека до подхода лавы объясняются наличием нетронутой опоры (угольного пласта), а более интенсивные в центре выработки – отсутствием забутовки между арками крепи и породами кровли.

При охране сопряжения бетонной ПП, в интервале (0-100) м за очистным забоем, скорость расслоения кровли в центре выработки (рис. 1) несколько интенсифицируется и достигает максимальных значений порядка 2 мм/сут. При последующем удалении забоя, наступает период установившихся смещений со скоростью, не превышающей 1 мм/сут. В целом, расслоения исследуемой шестиметровой толщи пород кровли в центральной части штрека незначительны (на расстоянии 400 м за замерными станциями, в среднем, не превышают 150 мм) и подчиняются линейной зависимости

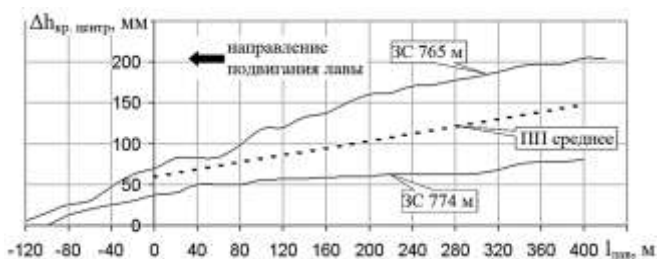


Рисунок 1 – Зависимость расслоения пород кровли в центральной части штрека от расстояния до очистного забоя

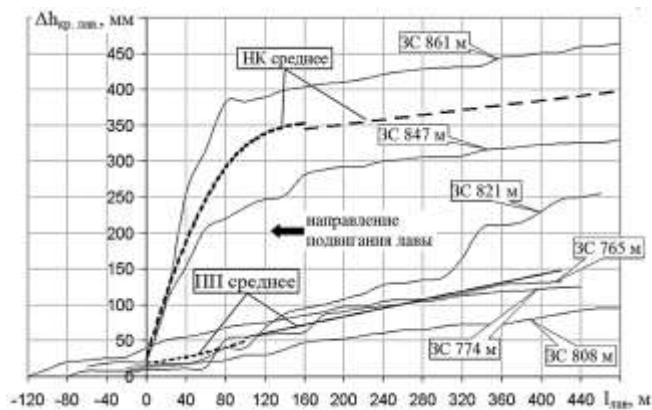


Рисунок 2 – Зависимость расслоения пород кровли штрека со стороны лавы от расстояния до очистного забоя

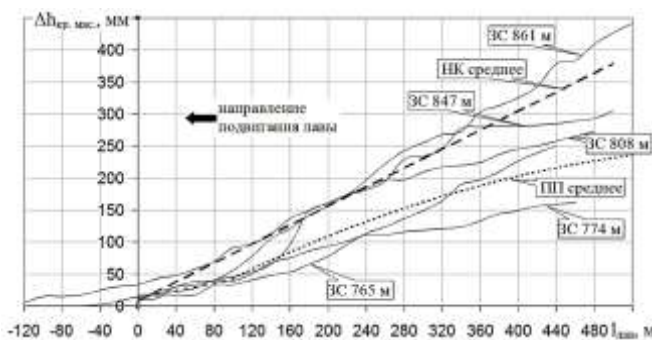


Рисунок 3 – Зависимость расслоения пород кровли штрека со стороны нетронутого массива от расстояния до очистного забоя

$$\Delta h_{кр.центр} = 0,2 \cdot l_{лав} + 60, R^2 = 0,98, \quad (1)$$

где  $\Delta h_{кр.центр}$  – расслоения пород кровли в центре штрека, мм;  $l_{лав}$  – расстояние до забоя лавы, м.

В боковых частях штрека за очистным забоем наблюдается иной характер деформирования кровли.

При применении ПП, подработка кровли со стороны лавы в начальный период (0-100 м за забоем) интенсифицирует расслоение её пород по экспоненциальной зависимости (рис. 2)

$$\Delta h_{кр.лав.} = 18,5e^{0,01 \cdot l_{лав}}, R^2 = 0,95, \quad (2)$$

однако, деформации довольно быстро стабилизируются и далее подчиняются линейной зависимости

$$\Delta h_{кр.лав.} = 0,3 \cdot l_{лав} + 24, R^2 = 0,99, \quad (3)$$

где  $\Delta h_{кр.лав.}$  – расслоения пород кровли со стороны лавы, мм.

Скорость расслоений, при этом, не более 1 мм/сут. В среднем, при применении бетонной ПП, расслоения пород кровли со стороны лавы на расстоянии более 400 м за её забоем не превышают 150 мм.

Со стороны нетронутого массива (рис. 3) в начальный после прохода лавы период интенсификации расслоений не наблюдается, что объясняется наличием опоры (угольного пласта), и они подчиняются линейной зависимости

$$\Delta h_{кр.мас.} = 0,3 \cdot l_{лав} + 13, R^2 = 0,99, \quad (4)$$

где  $\Delta h_{кр.мас.}$  – расслоения пород кровли со стороны нетронутого массива, мм.

Однако, по мере удаления забоя, нагрузка от консоли зависающих со стороны лавы пород возрастает и на расстоянии порядка 100-120 м за забоем расслоения со стороны массива сначала интенсифицируются 2,0-2,5 раза, а затем затухают по параболической зависимости

$$\Delta h_{кр.мас.} = -0,0006 \cdot l_{лав}^2 + 0,8 \cdot l_{лав} - 34, R^2 = 0,99. \quad (5)$$

На расстоянии 500 м за лавой расслоения пород составляют, в среднем, 220 мм, что в 1,5 раза больше, чем со стороны лавы. Более существенные расслоения кровли в нижнем борту штрека объясняются меньшей несущей способностью краевой части угольного пласта по сравнению с бетонной полосой.

При применении НК из лесоматериалов (рис. 2), обрушение пород кровли происходит на расстоянии (140-150) м за забоем. Это обуславливает высокие длительные нагрузки на крепь и в интервале (0-160) м за лавой кровля в верхнем борту штрека интенсивно расслаивается по параболической зависимости

$$\Delta h_{кр.лав.} = -0,02 \cdot l_{лав}^2 + 4,7 \cdot l_{лав} + 27, R^2 = 0,98. \quad (6)$$

Далее скорость расслоений снижается, и они подчиняются линейной зависимости

$$\Delta h_{кр.лав.} = 0,17 \cdot l_{лав} + 318, \quad R^2 = 0,99. \quad (7)$$

Расслоения кровли со стороны нетронутого массива также подчиняются линейной зависимости

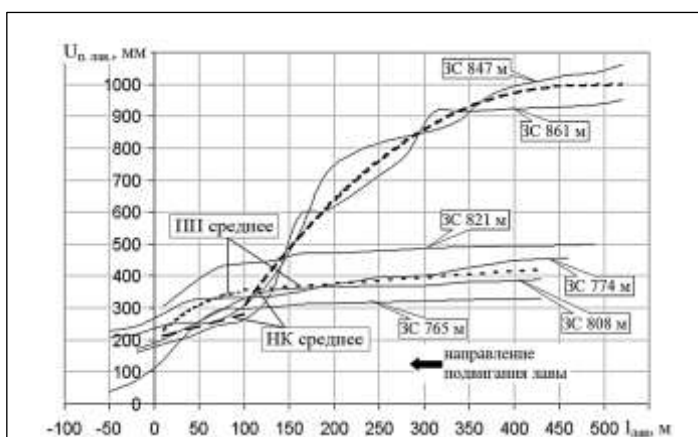
$$\Delta h_{кр.мас.} = 0,7 \cdot l_{лав} + 7, \quad R^2 = 0,99, \quad (8)$$

однако, их значения в 1,5-2 раза выше, чем при использовании бетонной ПП.

На рис. 4, рис. 5 приведены результаты исследований пучения почвы штрека. Анализ графиков показывает, что смещение почвы интенсифицируется в зоне опорного давления впереди лавы, активное влияние которой распространяется до 50 м. При этом величина и характер поднятия почвы до подхода лавы практически идентичны по обоим бортам штрека. Максимальная интенсивность пучения достигается в период нахождения очистного забоя на линии замерных станций, причём в верхнем борту штрека скорость пучения всего на 15-20 % выше, чем в нижнем.

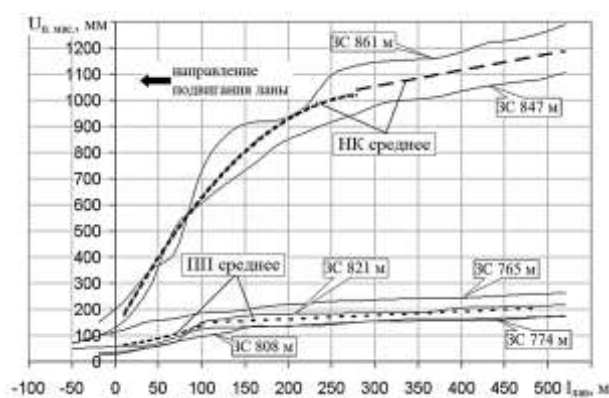
За лавой характер передачи нагрузки от пород подработанной кровли к породам почвы обусловлен прочностными свойствами околоштрековых полос.

При креплении сопряжения бетонной ПП, в начальный период удаления забоя, наблюдается интенсивное пучение почвы штрека со стороны лавы (рис. 4), достигающее 6 мм/сут. Это объясняется высокой жёсткостью бетонной полосы, которая практически без усадки, сразу передаёт нагрузку от подработанной кровли на породы почвы. В результате, в интервале (0-100) м за забоем, смещения почвы штрека возрастают по параболической зависимости



ЗС 765 м, ЗС 774 м, ЗС 808 м и ЗС 821 м – на участках штрека с ПП; ЗС 847 м и ЗС 861 м – на участках с НК

Рисунок 4 – Зависимость пучения почвы штрека со стороны лавы от расстояния до очистного забоя



ЗС 765 м, ЗС 774 м, ЗС 808 м и ЗС 821 м – на участках штрека с ПП; ЗС 847 м и ЗС 861 м – на участках с НК

Рисунок 5 – Зависимость пучения почвы штрека со стороны нетронутого массива от расстояния до очистного забоя

$$U_{n.лав.} = -0,01l_{лав}^2 + 2,5l_{лав} + 208, \quad R^2 = 0,99, \quad (9)$$

где  $U_{n.лав.}$  – смещения почвы штрека со стороны лавы, мм.

При последующем удалении лавы интенсивность смещений существенно снижается, пучение приобретает установившийся характер и подчиняется линейной зависимости

$$U_{n.лав.} = 0,19l_{лав} + 340, \quad R^2 = 0,96. \quad (10)$$

Со стороны нетронутого массива (рис. 5) также прослеживаются два периода деформирования почвы. Однако, даже в период интенсивных смещений (0-100 м за лавой), их максимальная скорость не превышает 4 мм/сут и пучение подчиняется экспоненциальной зависимости

$$U_{n.мас.} = 57 \cdot e^{0,009l_{лав}}, \quad R^2 = 0,99, \quad (11)$$

где  $U_{n.мас.}$  – смещения почвы штрека со стороны нетронутого массива, мм.

Далее интенсивность пучения падает в 5 раз и смещения описываются линейной зависимостью

$$U_{n.мас.} = 0,14 \cdot l_{лав} + 136, \quad R^2 = 0,94. \quad (12)$$

В результате, при использовании ПП, после удаления лавы на расстояние порядка 500 м, пучение почвы в нижнем борту штрека составило порядка 200 мм.

При применении НК, за счёт их существенной податливости, нагрузка от подработанной кровли на породы почвы передаётся не сразу, а нарастает постепенно, по мере уплотнения полосы. В результате, поднятие пород почвы в верхнем борту штрека в начальный период ((0-100) м за забоем) увеличивается монотонно по линейной зависимости (рис. 4)

$$U_{n.лав.} = 0,77 \cdot l_{лав} + 205, \quad R^2 = 0,96. \quad (13)$$

Скорость пучения, при этом, составляет порядка 2 мм/сут, т.е. в 3 раза меньше, чем при использовании ПП. Однако, существенная усадка НК провоцирует расслоение подработанной кровли на значительную высоту, в результате чего увеличивается вес пород, давящих на полосу. Поэтому, после окончательного уплотнения НК, нагрузка на породы почвы под полосой значительно возрастает, пучение в верхнем борту штрека интенсифицируется и подчиняется параболической зависимости

$$U_{n.лав.} = -0,005 \cdot l_{лав}^2 + 4,9 \cdot l_{лав} - 126, \quad R^2 = 0,99. \quad (14)$$

В итоге, при использовании НК, пучение со стороны лавы достигает более 1000 мм, т.е. в 2,5 раза больше, чем при ПП.

На участке выработки с НК, в нижнем борту штрека (рис. 5), в отличие от верхнего борта, существенная интенсификация пучения происходит практически сразу за лавой и на расстоянии от забоя порядка (50-70) м, скорость смещений достигает максимальных значений на уровне (15-20) мм/сут. При этом период интенсивного пучения в 3 раза продолжительнее, чем при охране сопряжения бетонной полосой и в интервале (0-300) м за лавой смещения почвы подчиняются параболической зависимости

$$U_{п.мас.} = -0,01 \cdot l_{лав}^2 + 6,1 \cdot l_{лав} + 119, \quad R^2 = 0,99. \quad (15)$$

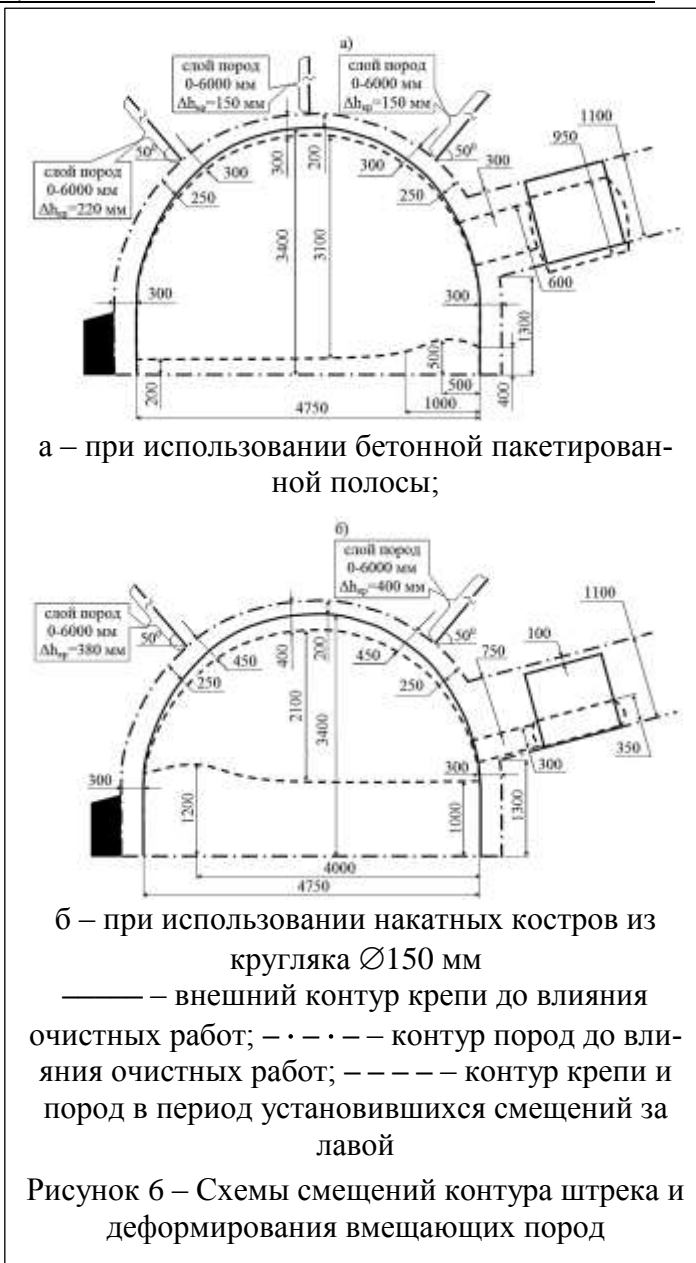
Далее деформации пород несколько стабилизируются и пучение подчиняется линейной зависимости

$$U_{п.мас.} = 0,62 \cdot l_{лав} + 866, \quad R^2 = 0,98. \quad (16)$$

Однако и в этот период скорость смещений почвы довольно высокая и составляет порядка 3 мм/сут.

По результатам исследований построены схемы, отражающие состояние крепи штрека и прилегающего массива за проходческим забоем, а также в зоне установившихся деформаций за забоем лавы, при охране сопряжения бетонной ПП и НК из кругляка  $\varnothing 150$  мм (рис. 6). Относительная усадка ПП, в среднем, составила 13 % от первоначальной высоты, а НК  $\varnothing 150$  мм – 65 % (рис. 7,а,г). При этом происходило вдавливание ПП в породы надработанной почвы на 200-300 мм.

Преимуществом пакетированной полосы является также технология её сооружения: пакеты с сухой смесью выкладываются вплотную к породам подработанной кровли, что создаёт распор. В то же время, при сооружении НК, форма лесоматериалов обуславливает технологический зазор, в среднем, порядка 100 мм. В результате, просадка арочной крепи в замковых соединениях при использовании ПП в 2 раза меньше, чем при НК. При этом в целом по сме-





щениям контура выработки, более существенное значение имеют деформации почвы.

На участках штрека с НК из шпального бруса и кругляка  $\varnothing 250$  мм измерения расслоений пород кровли не проводились, однако осуществлялись замеры смещений арочной крепи, усадки околоштрековых полос, а также пучения почвы. Усадка НК из шпального бруса и кругляка  $\varnothing 250$  мм в период установившихся смещений составила, соответственно, 40 и 60 % (рис. 7,б,в). НК из кругляка имеют высокий коэффициент пустотности, при раздавливании пустоты заполняются деформирующейся древесиной, что обуславливает более существенную податливость данного вида крепи.

Установлено, что жёсткость околоштрековых полос является определяющей в характере пучения почвы выработки (рис. 8). С увеличением податливости полосы, площадь поперечного сечения вспученных пород ( $S_{пуч}$ , м<sup>2</sup>) возрастает по линейной зависимости (рис. 9)

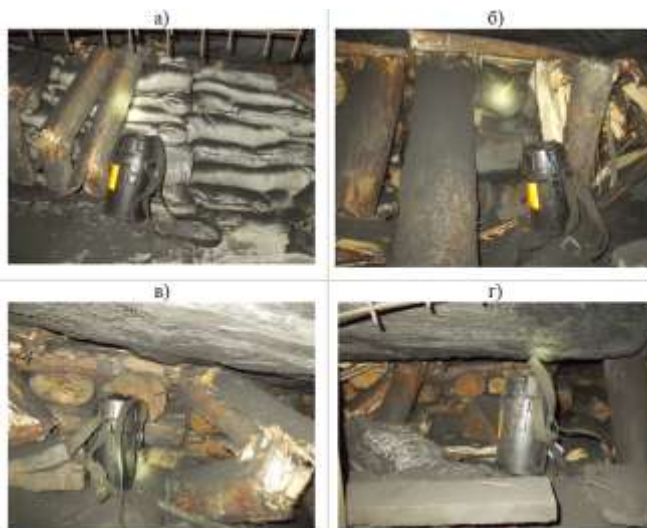
$$S_{пуч} = 0,07\Delta h_{пол} + 0,13, \quad (17)$$

$$R^2 = 0,99.$$

Породы почвы довольно хрупкие (сланец песчаный,  $f=5-6$ ), в результате чего, по линии максимальных растягивающих напряжений практически на всей протяжённости штрека образовывалась трещина. Расстояние ( $b$ , м) до данной трещины от линии сопряжения с лавой со снижением жёсткости полосы увеличивается по параболической зависимости (рис. 9)

$$b = 0,9 \cdot 10^{-3} \Delta h_{пол}^2 + 4,7 \cdot 10^{-3} \Delta h_{пол} + 0,09, \quad R^2 = 0,99. \quad (18)$$

Наиболее эффективным, в данных условиях, способом снижения пучения и улучшения состояния выработки, в целом, является сооружение двойной по-



а – бетонная пакетированная полоса на расстоянии 800 м за лавой; б – накатные костры из шпального бруса в (200-300) м за лавой; в – накатные костры из кругляка  $\varnothing 250$  мм в (200-300) м за лавой; г – накатные костры из кругляка  $\varnothing 150$  мм в (200-300) м за лавой

Рисунок 7 – Характерное состояние различных видов околоштрековой полосы



1 – при бетонной ПП; 2 – при НК из шпального бруса; 3 – при НК из кругляка  $\varnothing 250$  мм; 4 – при НК из кругляка  $\varnothing 150$  мм

Рисунок 8 – Схема пучения почвы штрека в период установившихся смещений за лавой

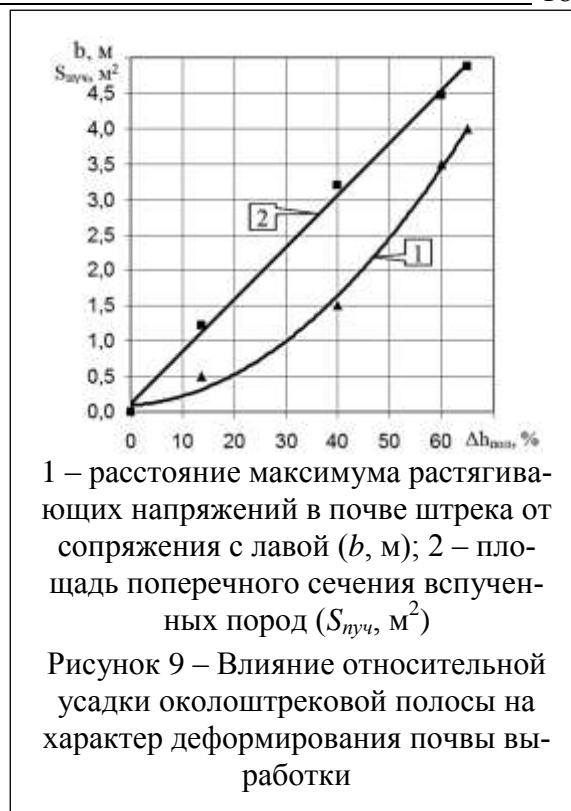
лосы [4, 6]. Первый, ближний к штреку ряд, шириной 1,0 м, выкладывается на расстоянии порядка 1,0 м от рам арочной крепи и состоит из накатных костров, т.е. является податливым, а второй ряд – жёсткая бетонная полоса шириной 1,0 м, сооружаемая вплотную к первому ряду. Такая схема позволит, во-первых, отдалить жёсткую полосу (концентратор сжимающих напряжений) от контура выработки и, тем самым, сместить максимум растягивающих напряжений в надрабтанной почве за пределы полости штрека. Во-вторых, податливый ряд будет частично воспринимать на себя негативное действие растягивающих напряжений и, тем самым, существенно снизит деформации пород почвы выработки. Такая схема исключит затраты на подрывку почвы штрека, однако увеличит расход лесоматериалов, поэтому решение должно приниматься исходя из финансово-экономических соображений.

Таким образом, в процессе исследований получены следующие результаты:

- установлены зависимости смещений контура выемочного штрека и деформирования вмещающих пород от жёсткости околоштрековых полос на всех этапах эксплуатации выработки – до начала влияния очистных работ, в зоне опорного давления впереди лавы, а также в зонах интенсивных и установившихся смещений за лавой;
- установлено, что по мере увеличения относительной усадки полосы с 13 до 65%, площадь поперечного сечения вспученных пород возрастает по линейной зависимости в 4,0 раза, а расстояние максимума растягивающих напряжений в почве штрека от линии сопряжения с лавой увеличивается по параболической зависимости; при этом смещения кровли выработки возрастают в 2 раза.

При использовании бетонной пакетированной полосы, состояние конвейерного штрека позволяет, после частичной подрывки почвы (со стороны верхнего борта), повторно использовать его в качестве вентиляционного при отработке смежного выемочного столба.

Исключить необходимость подрывки почвы штрека в данных условиях можно применением двойной полосы: первый, ближний к штреку ряд, состоит из накатных костров, т.е. является податливым, а второй ряд – жёсткая бетонная полоса, сооружаемая вплотную к первому ряду.



#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Взаимодействие элементов комбинированного способа поддержания газосборных выработок с

углевмещающим массивом / А.Ф. Булат, С.А. Курносов, И.Н. Слащев [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2007. – Вып. 68. – С. 24-36.

2. Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги: СОУ 10.1.05411357.010:2008. – [Чинний від 2008-01-12]. – Офіц. вид. – К.: Мінвуглепром України, 2008. – 83 с. – (Нормативний документ Мінвуглепрому України. Стандарт).

3. Временный технологический регламент по охране подготовительных выработок угольных шахт литыми полосами из твердеющих материалов / А.Ф. Булат, М.А. Ильяшов, Б.М. Усаченко [и др.]. – Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2004. – 33 с.

4. Технологический регламент поддержания повторно используемых выемочных штреков комбинированными охранными системами / А.Ф. Булат, М.А. Ильяшов, Б.М. Усаченко [и др.]. – Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2009.

5. Опыт применения сборной охранно-изолирующей полосы из быстротвердеющей смеси «ТЕКХАРД» / С.А. Курносов, В.В. Задерий, А.А. Цикра [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2013. – Вып. 112. – С. 267-280.

6. Байсаров, Л.В. Геомеханика и технология поддержания повторно используемых горных выработок / Л.В. Байсаров, М.А. Ильяшов, А.И. Демченко. – Днепропетровск: «Лира», 2005. – 239 с.

## REFERENCES

1. Bulat, A.F., Kurnosov, S.A., Slashev, I.N. (et al.) (2007), "Interaction of the combined method of maintaining gas collecting developments with the host coal massif", *Geotechnical Mechanics*, no. 68, pp. 24-36.

2. Ukraine Ministry of Coal Industry (2008), 10.1.05411357.010:2008. Systema zabezpechennia nadiynogo ta bezpechnogo funktsionuvannia girnychych vyrobok iz ankernym kriplenniam. Zagalni tehniczni vymogy: Normatyvnyy dokument Minvuhlepromu Ukrainy. Standart [10.1.05411357.010:2008. System to ensure reliable and safe operation of mining bolting. General specifications: Regulatory Document Coal Industry of Ukraine. Standard], Ukraine Ministry of Coal Industry, Kiev, Ukraine.

3. The Ministry of Fuel and Energy of Ukraine, The National Academy of Sciences of Ukraine, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the NAS of Ukraine (2004), "Temporary technological regulations for the protection of development workings of coal mines cast strips of hardened materials", Dnepropetrovsk-Donetsk, Ukraine.

4. The Ministry of Fuel and Energy of Ukraine, The National Academy of Sciences of Ukraine, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the NAS of Ukraine (2009), "Technological regulations maintain reusable drifts excavation combined anchoring systems", Dnepropetrovsk-Donetsk, Ukraine.

5. Kurnosov, S.A., Zaderiy, V.V., Tsikra, A.A. (et al.) (2013), "Experience in the application security team-insulating strip of fast-curing mixture "TEKHARD", *Geotechnical Mechanics*, no. 112, pp. 267-280.

6. Baysarov, L.V., Ilyashov, M.A. and Demchenko, A.I. (2005), *Geomehanika i tehnologiya podderzhaniya povtorno ispolzuemyh vyrabotok* [Geomechanics and maintain technology reusable mining developments], Lira, Dnepropetrovsk, Ukraine.

---

## Об авторах

**Курносов Сергей Анатольевич**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе проблем разработки месторождений на больших глубинах Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, [sakurnosov@gmail.com](mailto:sakurnosov@gmail.com)

**Задерий Владимир Васильевич**, инженер II категории в отделе проблем разработки месторождений на больших глубинах Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, [vovabbb@yandex.ua](mailto:vovabbb@yandex.ua)

**Пилюгин Виталий Иванович**, доктор технических наук, начальник отдела по науке и инновациям департамента технического развития ООО «ДТЭК Энерго», Донецк, Украина, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

**Демиденко Александр Геннадиевич**, инженер, заместитель начальника отдела по науке и инновациям департамента технического развития ООО «ДТЭК Энерго», Донецк, Украина, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

**Цикра Александр Анатольевич**, кандидат технических наук, технический директор ООО «Минова Украина», Донецк, Украина, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

**Аверкин Дмитрий Иванович**, инженер, заместитель директора ООО «Минова Украина», Донецк, Украина, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

**Балдин Вячеслав Валентинович**, инженер, заместитель главного инженера по производству ООО «ДТЭК Ровенькиантрацит», Ровеньки, Украина, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

**Силищев Алексей Геннадиевич**, инженер, горный мастер ООО «ДТЭК Ровенькиантрацит», Ровеньки, Украина, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

### About the authors

**Kurnosov Sergey Anatolyevich**, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Senior Researcher, Senior Researcher in the Department of Mineral Mining at Great Depths M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the NAS of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [sakurnosov@gmail.com](mailto:sakurnosov@gmail.com)

**Zaderiy Vladimir Vasilyevich**, Engineer in the Department of Mineral Mining at Great Depths M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the NAS of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [yovabbb@yandex.ua](mailto:yovabbb@yandex.ua)

**Pilyugin Vitaliy Ivanovich**, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Head of the Department for Science and Innovation, Department of Technical Development, LLC «DTEK Energo» LTD, Donetsk, Ukraine, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

**Demidenko Alexander Gennadievich**, Master of Science, Deputy Head of the Department for Science and Innovation, Department of Technical Development, LLC «DTEK Energo» LTD, Donetsk, Ukraine, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

**Tsikra Alexander Anatolyevich**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Technical director of «Minova Ukraine» LTD, Donetsk, Ukraine, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

**Averkin Dmitry Ivanovich**, Master of Science, Deputy Director of «Minova Ukraine» LTD, Donetsk, Ukraine, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

**Baldin Vyacheslav Valentinovich**, Master of Science, Deputy chief Engineer of the production of «Rovenkiantracit» OJSC, Rovenki, Ukraine, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

**Silishchev Aleksey Gennadievich**, Master of Science, mining master of «Rovenkiantracit» OJSC, Rovenki, Ukraine, [office.igtm@nas.gov.ua](mailto:office.igtm@nas.gov.ua)

**Анотація.** Встановлено залежності зміщень контуру виїмкового штреку і деформування вміщуючих порід від жорсткості навколоштрекових полос на всіх етапах експлуатації виробки – до початку впливу очисних робіт, в зоні опорного тиску попереду лави, а також в зонах інтенсивних і сталих зміщень за лавою. Результати досліджень показали високу ефективність жорстких полос – доведена можливість повторного використання конвеєрного штреку в якості вентиляційного при розробці суміжного виїмкового стовпа шляхом застосування комбінованого кріплення, що включає бетонну пакетовану полосу і рамно-анкерне кріплення. Для виключення необхідності підривки підосви виробки, рекомендовано застосування подвійної полоси: перший, ближній до штреку ряд, складається з накатних кострів, тобто є податливим, а другий ряд – жорстка бетонна полоса.

**Ключові слова:** жорсткість навколоштрекових полос, деформування контуру штреку і вміщуючих порід

**Abstract.** Dependences between displacement of the gate contour, deformation of enclosing rocks and rigidity of the rib-side track were studied at all stages of the tunnel running: before winning operations impacting, in zones with bearing pressure ahead of the longwall and in zones with intensive and steady-state displacements behind the longwall. The findings showed high effectiveness of the rigid tracks, and it was proved that a belt entry with combined (concrete packed track plus bolt-and-arch support) supports could be reused as an air roadway when mining an adjoining panel. In order to escape bottom ripping, it is recommended to apply a double track where the first, nearest to the entry, row consists of the formed chocks (i.e. yielding track), and the second row is a rigid concrete track.

**Keywords:** rigidity of the rib-side tracks, deformation of the gate contour and enclosing rocks

Стаття поступила в редакцію 17.04.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук, проф. В.П. Надутым