

Г.И. СОЛОВЬЁВ¹, А.Л. КАСЬЯНЕНКО², О.К. МОРОЗ³,
Ю.М.МОРОЗ⁴, А.В. ВОЛКОВ⁵, Р.А. ЯСТРЕМСКИЙ⁶

ОСОБЕННОСТИ ВЫДАВЛИВАНИЯ ПРОЧНОЙ ПОЧВЫ КОНВЕЙЕРНОГО ШТРЕКА В УСЛОВИЯХ ПЛАСТА m_3 ШАХТЫ ИМ. Е.Т.АБАКУМОВА

Аннотация:

Приведены результаты шахтных инструментальных наблюдений выдавливания пород почвы выемочных выработок в условиях 8-й западной лавы пл. m_3 шахты им. Е.Т.Абакумова

Summary:

Results of mine instrumental observations of the pressing-out rock floor of mine working in the condition of 8th western longwall seam m_3 mine named E.T.Abakumova has been defined

Выдавливание пород почвы горных выработок является одной из негативных форм проявления горного давления и с увеличением глу-

¹ Канд. техн. наук, доцент Соловьёв Г.И. – Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

² Магистр, аспирант Касьяненко А.Л. – Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

³ Канд. техн. наук, профессор Мороз О.К. – Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

⁴ Магистрант Мороз Ю.М. – Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

⁵ Инженер Волков А.В. – директор шахты им. Е.Т.Абакумова, «Донецкая угольная энергетическая компания», г. Донецк, Украина

⁶ Инженер Ястремский Р.А. – главный инженер шахты им. Е.Т.Абакумова, «Донецкая угольная энергетическая компания», г. Донецк, Украина

Соловьев Г.И., Касьяненко А.Л., Мороз О.К., Мороз Ю.М., Волков А.В., Ястремский Р.А. Особенности выдавливания прочной почвы конвейерного штрека в условиях пласта m_3 шахты им. Е.Т. Абакумова. - Наукові матеріали XIV-ї Міжнародної конференції «X Szkoła geomechaniki». Глівіце –Устронь. (16-20 жовтня 2011 г.) - С.219-231.

бины разработки характер проявления этого явления в выемочных выработках изменяется не только количественно, но и качественно [1-6]. Наличие неустойчивых боковых пород сопряжено с ростом затрат на эксплуатацию подготовительных выработок, связанных с выполнением значительных объемов ремонтных работ по подрывке почвы и перекреплению выработок, которые выполняются в основном вручную. Общие вертикальные смещения пород почвы, как показывает анализ отечественных и зарубежных исследований, в основном превышают смещения кровли и достигают зачастую 2,5 - 3,0 м и более. Это можно объяснить наличием металлической крепи в подготовительных выработках, препятствующей разуплотнению породных отдельностей в кровле и боках выработки, чего не происходит с породами почвы, которые, как правило, имеют свободную верхнюю поверхность.

С увеличением глубины разработки наблюдается интенсификация выдавливания прочных пород почвы, чего не было на малых и средних глубинах. К прочным породам почвы относятся песчаные сланцы, песчаники и известняки с пределом прочности на одноосное сжатие 50-60 МПа и более.

Следует отметить, что механизм выдавливания прочных пород почвы в условиях глубоких шахт Донбасса изучен недостаточно. В зоне влияния очистных работ на процесс выдавливания почвы подготовительных выработок активно влияют такие технологические факторы как способ проходки выработки, вид подрывки боковых пород, вид опорной конструкции, сооружаемой по бровке выработки, скорость подвигания очистного забоя, наличие индивидуальной крепи усиления и т.д.

Исследования, проведенные в условиях ряда глубоких шахт «Донецкой угольной энергетической компании» (ДУЭК), показали [7, 8], что выдавливание прочных пород почвы выемочных выработок вне зоны влияния очистных работ происходит с образованием продольных симметричных складок, вертикальная ось которых в поперечном сечении выработки отклоняется от вертикальной оси выработки на $\pm 5-7^\circ$.

В зоне влияния очистных работ при столбовых системах разработки интенсификация выдавливания прочной почвы происходит за счет радиального изгиба, расслоения и разуплотнения ее верхних слоев.

При сплошных системах разработки выдавливание прочных пород происходит с образованием асимметричных породных складок, которые при наличии в верхнем слое почвы плотных и монолитных породных структур изгибаются с наклоном своей вертикальной оси в сторону выработанного пространства на угол $50-60^\circ$ от вертикали с последующим разломом верхнего слоя. При наличии в разнопрочных верхних слоях почвы особо прочного слоя, например, известняка мощностью $0,4-0,5$ м и более механизм его деформирования заключается в упругом изгибе в полость выработки с последующим разломом и образованием продольной трещины вдоль выработки на расстоянии $0,8-1,1$ м со стороны выработанного пространства. При этом, как при первом, так и при втором механизмах деформирования применяемый при прочных породах буровзрывной способ проведения подготовительных выработок способствует дезинтеграции верхних слоев почвы и интенсифицирует их выдавливание в полость выработки.

Известно [1-4], что подрывка пород почвы является наименее эффективным и весьма трудоемким способом борьбы с пучением.

Результаты исследований процесса пучения пород почвы в условиях шахты «Трудовская» показали [7], что подрывка почвы не снижала пучение, а лишь несколько уменьшала его интенсивность, при одновременном увеличении смещений пород кровли.

Исследования особенностей пучения пород почвы в условиях шахты «Южнодонбасская №3» позволили установить [8], что существенное влияние подрывка оказывает на последующие смещения почвы, увеличивая их скорость более чем в 7 раз относительно средних скоростей до подрывки.

Опыт разработки пласта m_3 в условиях шахты им. Е.Т. Абакумова [9], в основном при использовании столбовой системы разработки, показал, что наличие в почве пласта m_3 прочного слоя известняка существенным образом влияет на механизм деформирования верхних породных слоев за счет проявления эффекта экранирования усилий от разупрочняющихся нижележащих слоев почвы и фокусирования повышенных нагрузок от их выдавливания на верхний слой почвы.

В настоящее время на шахте им. Е. Т. Абакумова отработка 8-й западной лавы пласта m_3 с мощностью $0,91$ м углом падения 9° ведется

по сплошной системе разработки «лава-ярус» (рис. 1) на глубине 860 м. Длина выемочного поля по простиранию пласта составляет 1100 м. К настоящему времени отход лавы от разрезной печи составляет 200 м, поэтому, учитывая среднемесячную скорость подвигания очистного забоя, время доработки оставшегося участка составит около 30 мес.

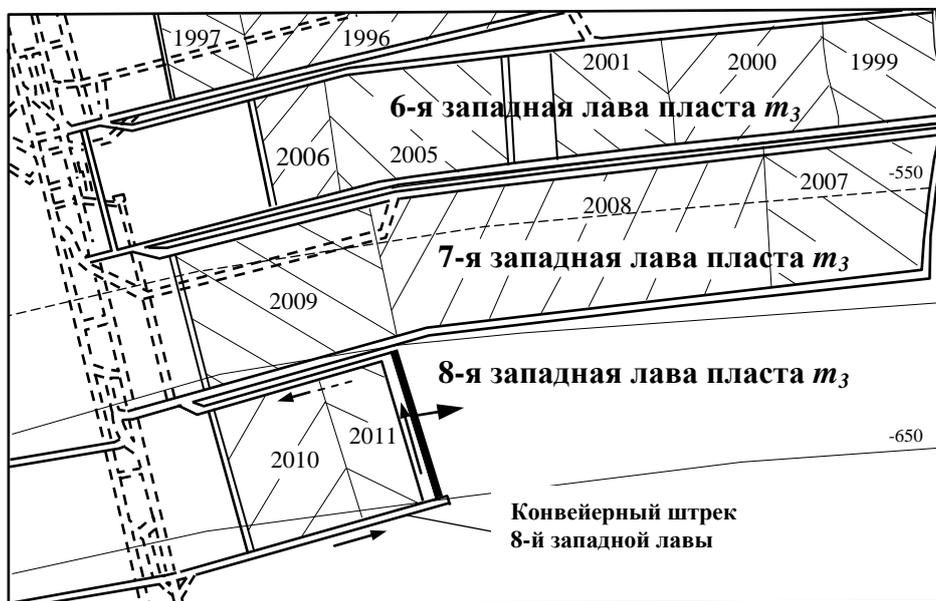


Рис. 1. Схема расположения 8-й западной лавы на плане горных выработок пласта m_3

Непосредственная кровля пласта представлена аргиллитом мощностью 7,0-10,3 м и прочностью на одноосное сжатие 20-40 МПа, а основная – обводненным песчаником прочностью на одноосное сжатие 40-60 МПа и мощностью 4,5-6,6 м.

После посадки основной кровли, шаг обрушения которой составляет 25-28 м, в конвейерном штреке 8-й западной лавы пласта m_3 наблюдается интенсивный капеж воды.

В непосредственной почве пласта залегает алевролит мощностью 1,2-1,6 м и прочностью – 40-60 МПа. Этот слой склонен к пучению вследствие его обводнения после разлома песчаника основной кровли.

Ниже него залегает плотный известняк М₃, прочность которого 100-120 МПа, а мощность – 0,3-0,4 м.

Выемочные штреки закреплены трехзвенной податливой металлической овоидной крепью КМП-А3Р2 из СВП-33 сечением в свету 16,1 м² с вертикальной податливостью 700 мм. Проведение выемочных выработок осуществляется буровзрывным способом.

Первоначально конвейерный и вентиляционный штреки проводились вслед за лавой. Однако из-за неудовлетворительного состояния нижнего концевой участка лавы было принято решение о проведении конвейерного штрека с опережением очистного забоя не более чем на 5,0 м.

Вентиляционный штрек проводится вслед за лавой вприсечку к выработанному пространству ранее отработанной лавы с оставлением целика шириной 6,5 м. Порода от проведения штрека вручную закладывается в бутовую полосу шириной 12 м.

В качестве средств охраны конвейерного штрека применяется чураковая перемычка шириной 1,3 м и бутовая полоса шириной 7,0 м.

Порода для сооружения бутовой полосы первоначально извлекалась из выработанного пространства вручную, а в настоящее время для ее получения по бровке бутовой полосы проводится бутовый штрек шириной 3,5 м.

С отставанием от лавы на 4,0 м под каждую раму крепи по центру выработки устанавливаются отрезки спецпрофиля и деревянные ремонтинны на уложенный по почве вдоль выработки деревянный лежень. Кроме того, под верхняк арочной крепи со стороны лавы на металлических крючьях подвешиваются две спаренные продольные металлические балки из СВП-33.

С начала отработки лавы состояние вентиляционной выработки можно охарактеризовать как удовлетворительное, а конвейерного – неудовлетворительное.

В конвейерном штреке отмечаются интенсивные смещения вмещающих пород, причем величина выдавливания почвы составляет в общей величине смещений около 60%. Поэтому в конвейерном штреке производится подрывка пород почвы на высоту от 0,4 до 2,1 м.

Для установления особенностей механизма выдавливания прочной почве пласта в полость выработки в конвейерном штреке 8-й западной лавы пласта m_3 были проведены инструментальные наблюдения за смещениями боковых пород на контуре выработки.

Для этого в конвейерном штреке было сооружено 3 контурные замерные станции (рис. 2). Замерная станция состояла из трех секций (рам крепи), на каждой из которых были установлены шесть контурных реперов, которые представляли собой стержни длиной по 0,4 м и диаметром 0,032 м, которые располагались по контуру подготовительной выработки следующим образом. В кровле по центру выработки и в боках на высоте 2,5 м от почвы пласта по центру межрамного расстояния были пробурены короткие шпуров длиной 0,35 м и диаметром 0,042 м, в которых с помощью деревянных клиньев закреплялись деревянные стержни.

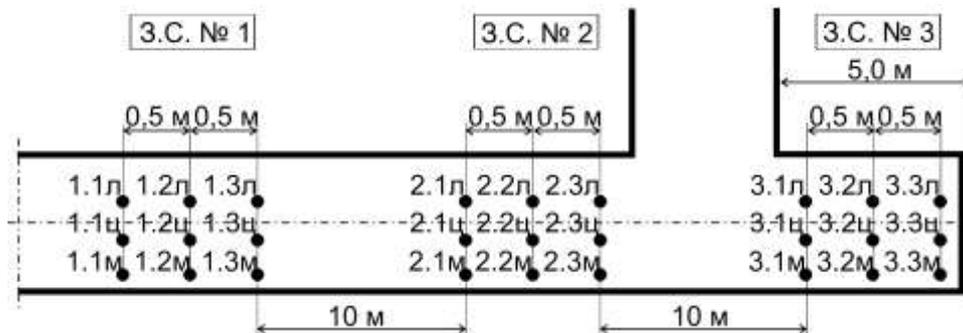


Рис. 2 – Схема расположения контурных реперов по почве пласта на замерных станциях по длине конвейерного штрека 8-й западной лавы пласта m_3

По контуру почвы выработки в поперечном ее сечении устанавливались три металлических контурных репера за счет расклинивания в шпурах стержней таким образом, чтобы их верхний конец располагался на расстоянии 0,05 м ниже поверхности почвы и не представлял помех для перемещения горнорабочих по выработке, а также не смещался при выполнении в выработке технологических процессов (рис.3).

Средний контурный репер устанавливался по центру выработки, а боковые – на расстоянии 0,6-0,8 м от ее боков.

На выступающем в выработку конце каждого деревянного стержня устанавливался металлический крючок, для удобства проведения замеров смещений боковых пород рулеткой конструкции ВНИМИ.

При выполнении замеров производилось измерение изменения высоты и ширины выработки, расстояния от почвы до средней линии выработки (которую представляла резиновая нить растянутая между боковыми реперами), расстояния от бокового репера со стороны нетронутого массива до средней вертикальной оси выработки (которую представляла капроновая нить с отвесом, подвешенная к крючку верхнего репера), величины нахлестов верхняка и стоек крепи в ее замках в зависимости от расстояния до лавы (рис. 3). Замеры смещений боковых пород производились с частотой 2 раза в неделю в зоне интенсивных смещений боковых пород (на расстоянии -5 ... + 80 м от лавы) и один раз в неделю при расстоянии больше 80 м.

В результате визуальных и инструментальных наблюдений было установлено, что выдавливание пород почвы начинается непосредственно вблизи проходческого забоя и затем, по мере удаления от него, оно проявляется в виде образования асимметричной и пологой породной складки, вершина которой сдвинута в сторону выработанного пространства и отстоит от стоек крепи на 0,8-1,1 м.

Слабый верхний слой почвы пласта представленный тонкослоистым песчаным сланцем интенсивно разуплотняется сдвиговыми усилиями по напластованию в результате воздействия вертикальных выдавливающих и боковых сжимающих усилий со стороны прочного слоя известняка, деформации которого на начальном этапе представляли собой симметричный упругий изгиб.

На удалении 30 м от лавы в верхнем слое почвы вдоль выработки образуется продольная трещина на расстоянии 0,8 - 0,9 м от стоек крепи со стороны выработанного пространства, что свидетельствует о разломе прочного слоя известняка в почве выработки. После обрушения водоносных песчаников основной кровли наблюдается значительная интенсификация процесса пучения пород почвы при поступлении воды в слои почвы, расположенные под известняком.

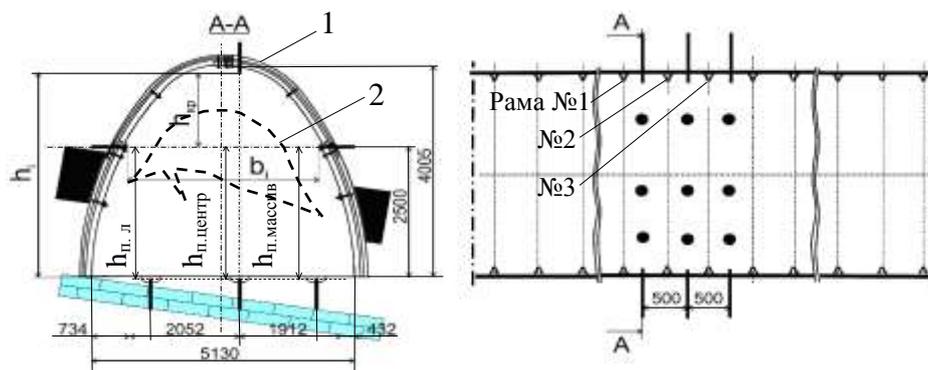


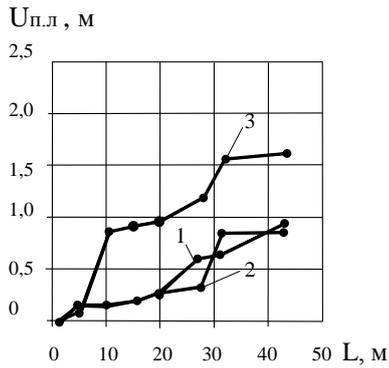
Рис. 3 – Схема расположения контурных реперов на замерной станции в поперечном сечении и в плане выработки: 1 – проектный контур крепи; 2 – контур выработки на расстоянии 60 м вслед за лавой

Так, если на сопряжении с лавой смещения почвы в среднем составляли 0,25-0,32 м, а на расстоянии 25 м за очистным забоем – 0,9-1,2 м, то после разлома известняка – на расстоянии 40 м за лавой величина пучения возрастает до 1,9-2,2 м.

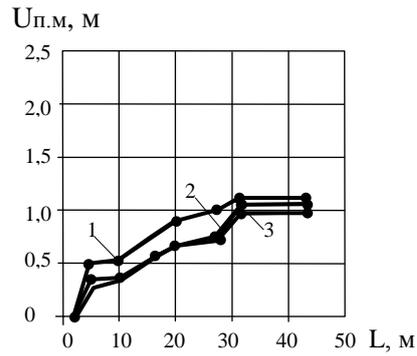
Результаты замеров смещений и скоростей смещений вмещающих пород на контуре конвейерного штрека 8-й западной лавы пласта m_3 представлены на рис. 4-6.

Из представленных графиков видно, что смещения пород почвы возрастают по мере удаления от лавы и относительно стабилизируются на расстоянии 30 - 35 м от очистного забоя, при этом их величина на всех замерных рамах 3-х контурных станций колеблется в пределах от 700 до 2100 мм. Следует также отметить, что смещения пород почвы по ряду контурных реперов со стороны лавы и по центру выработки превышают соответствующие смещения со стороны массива угля в среднем соответственно в 1,6 и 1,3 раза, что можно объяснить тормозящим эффектом жесткой заделки верхнего слоя почвы со стороны массива.

а)



б)



в)

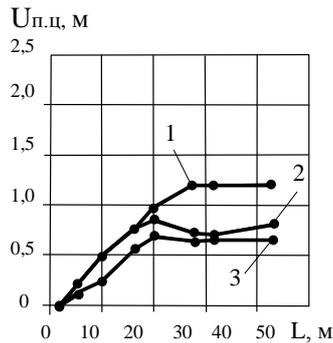


Рис. 4 – Смещения пород почвы выработки по контурным реперам на рамах замерной станции №1 в зависимости от расстояния до очистного забоя L : а, б и в – соответственно со стороны лавы ($\Delta U_{п.л}$); массива ($\Delta U_{п.м}$); и по центру выработки ($\Delta U_{п.ц}$); 1, 2 и 3 – соответственно рамы №1, 2 и 3

Средние смещения почвы по центру выработки в 1,2 раза меньше смещений со стороны лавы, что объясняется наличием в выработке индивидуальных стоек крепи усиления из двух отрезков металлического спецпрофиля №33, соединенных двумя стандартными хомутами, и устанавливаемыми по центру выработки под верхняки рам крепи и на деревянный лежень по почве. Однако, как показывает анализ работы крепи усиления, установка этой крепи с наличием на верхнем ее конце отрезка спецпрофиля, закрепленного сваркой и введенного в зацепление с верхняком крепи, обеспечивает жесткий контакт крепи усиления с верхняком и предотвращает смещения стойки при перемещениях рамы крепи.

Установка стойки крепи усиления на деревянный лежень без дополнительной фиксации ее на лежне, приводит к сдвигу стойки и после-

дующему выдавливанию ее в почву выработки на величину 0,6-0,7 м, что снижает эффективность совместной работы арочной крепи и крепи усиления.

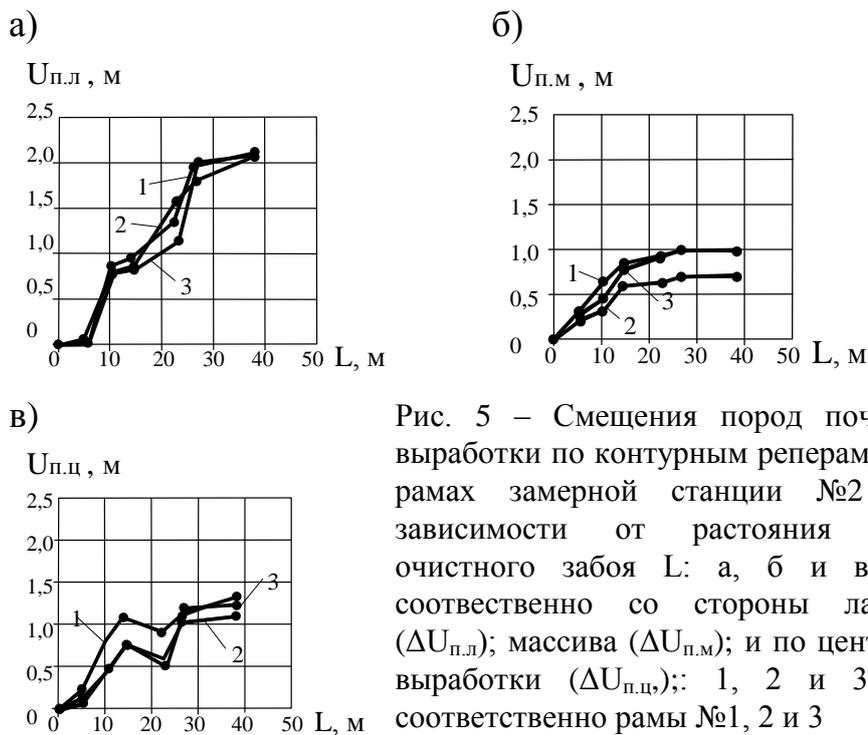


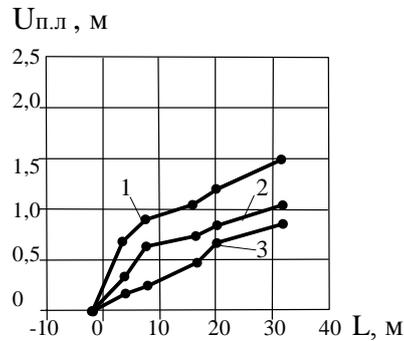
Рис. 5 – Смещения пород почвы выработки по контурным реперам на рамах замерной станции №2 в зависимости от расстояния до очистного забоя L: а, б и в – соответственно со стороны лавы ($\Delta U_{п.л}$); массива ($\Delta U_{п.м}$); и по центру выработки ($\Delta U_{п.ц}$); 1, 2 и 3 – соответственно рамы №1, 2 и 3

Образование продольной трещины в породах почвы со стороны лавы происходит в результате разлома прочного слоя известняка под действием выдавливаемых нижележащих слоев и сформировавшегося жесткого зацепления пород на бровке лавы в результате обжатия возведенных на ней опорных конструкций.

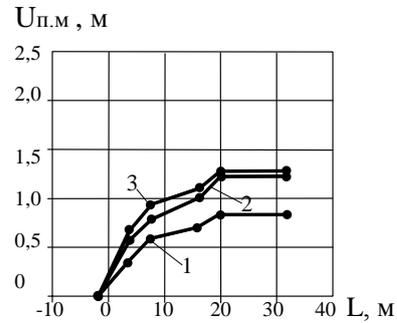
Следует отметить, что применение на бровке лавы опорных конструкций с малой жесткостью, например – возводимой вручную бутровой полосы, сопровождается ее интенсивным обжатием породами кровли и прочной почвы (при общей конвергенции вмещающих пород на бровке лавы достигающей (0,4-0,5) m, где m – мощность пласта). При этом, под опорной конструкцией формируется жесткое зашме-

ние прочного слоя почвы с последующим его изгибом в полость выемочной выработки и разломом с образованием продольной разрывной трещины в почве вдоль выработки со стороны выработанного пространства.

а)



б)



в)

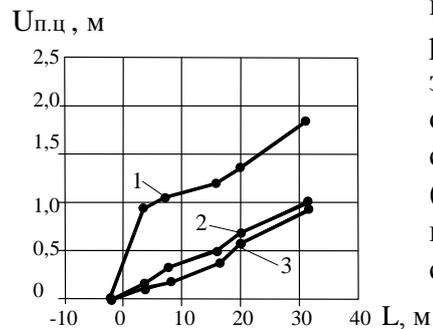


Рис. 6 – Смещения пород почвы выработки по контурным реперам на рамах замерной станции №3 в зависимости от расстояния до очистного забоя L : а, б и в – соответственно со стороны лавы ($\Delta U_{п.л}$); массива ($\Delta U_{п.м}$); и по центру выработки ($\Delta U_{п.ц}$); 1, 2 и 3 – соответственно рамы №1, 2 и 3

Таким образом, в результате проведенных инструментальных наблюдений за смещениями вмещающих пород на контуре конвейерного штрека, поддерживаемого вслед за лавой в зоне выработанного пространства, установлено, что охрана выработки бутовой полосой (возводимой вручную) и индивидуальной металлической крепью усиления в комбинации с двумя продольными балками из СВП-33 не обеспечивает устойчивое состояние выемочной выработки в основном из-за интенсивных смещений пород почвы, чему в немалой степени

способствовало наличие в непосредственной почве пласта m_3 прочного слоя известняка.

Установлено, что выдавливание непосредственной почвы пласта m_3 происходит с образованием в почве пласта асимметричной продольной складки, вертикальная ось которой наклонена в сторону выработанного пространства на угол $35-50^\circ$. При этом на начальном этапе поддержания выработки из-за наличия жесткой заделки прочного слоя известняка под угольным пластом со стороны массива и незначительного сопротивления выдавливанию почвы со стороны выработанного пространства (нарастающего по мере обжатия бутовой полосы вмещающими породами и формирующего защемление прочного слоя в заделке под опорной конструкцией на бровке лавы) происходит интенсивное выдавливание почвы в полость выработки.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение механизма деформирования весьма прочного слоя в разнопрочной почве выемочной выработки при его взаимодействии с опорными конструкциями переменной жесткости на бровке лавы в сочетании с рациональным силовым воздействием на верхний слой почвы.

Библиография

- [1] Максимов А.П. Выдавливание горных пород и устойчивость подземных выработок. – М.: Госгортехиздат, 1963. – 144 с.
- [2] Черняк И.Л. Предотвращение пучения почвы горных выработок. – М.: Недра, 1978. – 237с.
- [3] Пяткин А. М. Некоторые закономерности пучения подошвы горных выработок // Шахтное строительство. – 1962. – №9. – С. 13-15.
- [4] Литвинский Г. Г. Механизм пучения пород почвы подготовительных выработок // Уголь. – 1987. – №2. – С. 15-17.
- [5] Шестаков Г. П. Особенности пучения пород в различных горно-геологических условиях их залегания // Уголь Украины. – 1993. – №2. – С. 37-38.
- [6] Роечко А.Н. Устойчивость подготовительных выработок угольных шахт в условиях больших глубин разработки / Автореферат дис. д.т.н. Днепропетровск, 1995. 28с.

- [7] Петренко Ю.А., Захаренко А.В., Захаренко С.В. Шахтные исследования продолжительности эффекта локальной разгрузки породного массива // Известия Донецкого горного института. – 2000. – №1. – С. 12-14.
- [8] Негрей С.Г. О возможности предотвращения повторного пучения пород почвы горных выработок после их подрывки // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2005. – №2. – С. 65-68.
- [9] Соловьёв Г. И., Касьяненко А. Л., Нефёдов В. Е., Тимохин А. П., Малеев В. Б. О механизме выдавливания прочных пород почвы глубоких шахт // Научные материалы XIV-го Международного симпозиума «Geotechnika-2010» (19-22 жовтня 2010 г.) – Гливице-Устронь, 2010. – С. 253-262.

Recenzent: Prof., dr. hab. inz. Siergiej Griebionkin