

УДК 622.013.5:622.012.22:622.016.347

Г.И. Соловьев (канд. техн. наук, доц.)

А.Л. Касьяненко (асп.)

Донецкий национальный технический университет, Донецк

**О МЕХАНИЗМЕ УПОРНО-ЖЕСТКОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ
ВЫДАВЛИВАНИЮ КРЕПКИХ ПОРОД ПОЧВЫ КОНВЕЙЕРНОГО
ШТРЕКА В УСЛОВИЯХ ПЛАСТА m_3 ШАХТЫ ИМ. Е.Т. АБАКУМОВА**

Приведены результаты инструментальных наблюдений при шахтной апробации способа упорно-жесткого противодействия выдавливанию крепких пород почвы конвейерного штрека 8-й западной лавы пл. m_3 шахты имени Е.Т. Абакумова.

Ключевые слова: конвейерный штрек, горное давление, выдавливание, крепкие породы почвы, усиливающая крепь, жесткая опорная конструкция.

Выдавливание пород почвы горных выработок является одной из негативных форм проявления горного давления и в условиях глубоких шахт наблюдается значительная интенсификация вертикальных смещений пород почвы подготовительных выработок в зоне влияния очистных работ, что сопряжено с необходимостью выполнением больших объемов ремонтных работ по подрывке почвы и перекреплению выработок, которые выполняются в основном вручную [1-3].

С увеличением глубины разработки наблюдается интенсификация выдавливания крепких пород почвы, чего не было на малых и средних глубинах. Крепкими породам почвы являются песчаные сланцы, песчаники и известняки с пределом прочности на одноосное сжатие более 60 МПа.

Следует отметить, что механизм выдавливания крепких пород почвы в условиях глубоких шахт Донбасса изучен недостаточно. В зоне влияния очистных работ процесс выдавливания пород почвы подготовительных выработок в значительной степени предопределяется такими технологическими факторами как способ проходки выработки, вид подрывки боковых пород, вид опорной конструкции на бровке выработки, скорость подвигания очистного забоя, вид индивидуальной крепи усиления в выработке и т.д.

Опыт разработки пласта m_3 в условиях шахты им. Е.Т. Абакумова [4], в основном при использовании столбовой системы разработки, показал, что наличие в почве пласта m_3 крепкого слоя известняка существенным образом влияет на механизм деформирования верхних породных слоев почвы за счет проявления эффекта экранирования усилий от разупрочняющихся нижележащих слоев и фокусирования повышенных нагрузок от их выдавливания на верхний слой почвы. При этом сформировавшаяся вне зоны влияния очистных работ в почве выработки симметричная относительно ее вертикальной оси породная складка, после выемки угля в лаве трансформировалась в асимметричную складку с наклоном и сдвигом вертикальной оси складки в сторону выработанного пространства соответственно на угол $35-50^\circ$ к напластованию пород и расстояние до 1,2 м.

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.

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 50-60 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 наблюдался 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 M_3 , прочностью 100-120 МПа и мощностью 0,3-0,4 м.

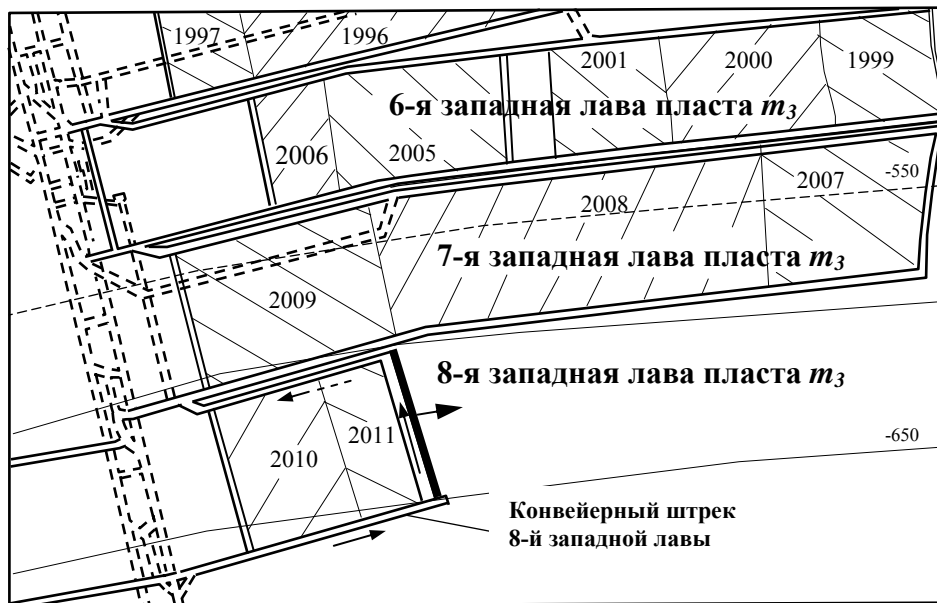


Рис. 1. Схема 8-й западной лавы на пласта m_3

Выемочные штреки закреплены трехзвенной податливой металлической овоидной крепью КМП-А3Р2 из СВП-33 сечением в свету $16,1\text{ м}^2$ с вертикальной податливостью 700 мм. Проведение выемочных выработок осуществляется буровзрывным способом.

Первоначально конвейерный штрек проводился вслед за лавой. Однако в настоящее время из-за неудовлетворительного состояния нижнего концевой участка лавы конвейерный штрек проводится 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 угля шириной 6,5 м. Порода от проведения штрека вручную закладывается в буттовую полосу шириной 12 м.

С отставанием от лавы на 6,0 м под каждую раму крепи по центру выработки устанавливаются деревянные стойки крепи усиления на уложенные по почве вдоль выработки отрезки деревянных брусьев. Кроме того, под верхняк арочной крепи со стороны лавы на металлических крючьях подвешиваются две спаренные продольные металлические балки из СВП-33 для обеспечения возможности снятия стоек арочной крепи при передвижке приводы забойного конвейера, привод которого вынесен в конвейерный штрек.

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 со стороны выработанного пространства по бровке бутовой полосы проводится бутовый штрек шириной 3,0 м. С начала отработки лавы общее состояние вентиляционного штрека удовлетворительное, а конвейерного – неудовлетворительное. В конвейерном штреке отмечались интенсивные смещения вмещающих пород, причем величина выдавливания почвы в общей величине вертикальных смещений составляла около 60% и достигала величины 2,5 м на расстоянии 40 м вслед за лавой (рис. 2, а). Поэтому в конвейерном штреке производилась подрывка пород почвы на высоту от 0,6 до 2,1 м.

Для установления особенностей механизма выдавливания крепкой почвы пласта в конвейерном штреке 8-й западной лавы пласта m_3 были проведены инструментальные наблюдения за смещениями боковых пород на контуре выработки при упорно-жестком противодействии выдавливанию пород почвы.

а)



б)



Рис. 2. Состояние крепи и пород почвы 8-го западного конвейерного штрека пласта m_3 на расстоянии 40 м за очистным забоем на контрольном (а) и на первом (б) экспериментальных участках

Исследования производилось на трех участках, из которых один был контрольный и два экспериментальных. На контрольном участке применялась шахтная технология поддержания и охраны конвейерного штрека.

На первом и втором экспериментальных участках для предотвращения интенсивных смещений боковых пород и снижения величины обжатия опорной конструкции по бровке лавы сооружалась жесткая полоса из двух рядов сборной крепи усиления СКУ-2. Крепь СКУ представляла собой цилиндрические блоки из металлических бочек высотой 0,35 м и диаметром 0,6 м, заполненных вертикально установленными отрезками деревянных стоек различного диаметра (рис. 2, 3).

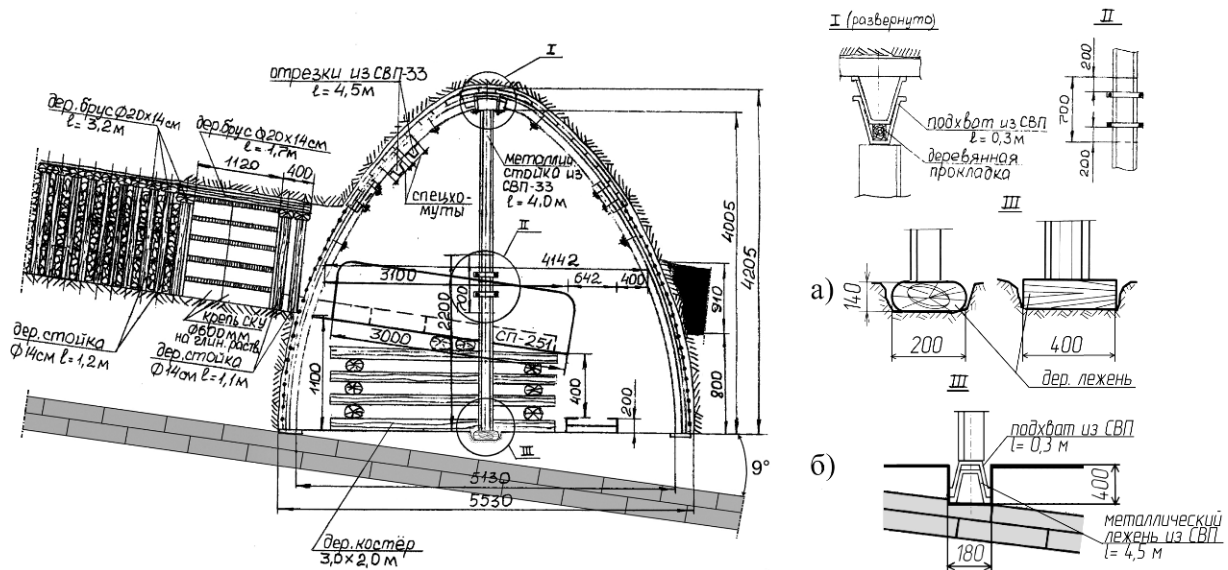


Рис. 3. Общий вид сопряжения 8-го западного конвейерного штрека пласта m_3 с очистным забоем

Блоки устанавливались по мощности пласта в два ряда и оконтуривались по бокам однорядной органной крепью с плотностью 5 стоек на 1 м. Со стороны выработанного пространства сооружалась бутовая полоса шириной 6,4 м. Кроме того, на первом участке металлические стойки крепи усиления из двух отрезков СВП-33 устанавливались по почве на отрезки деревянных брусков (рис. 2, б), причем верхний конец каждой стоки соединялся с верхняком рамы крепи за счет приваренного к нему отрезка СВП длиной 0,3 м (рис. 3, а). На втором участке металлические стойки крепи усиления устанавливались на металлический лежень из отрезков спецпрофиля СВП-33 длиной по 4,5 м, соединяемых между собой двумя стандартными хомутами и укладываемый на прочный слой известняка в продольную канавку по почве выработки (рис. 4). Для предотвращения перемещения стоек крепи усиления по лежню к их нижнему концу были приварены отрезки из спецпрофиля СВН-33 длиной по 0,2 м (рис. 3, б).

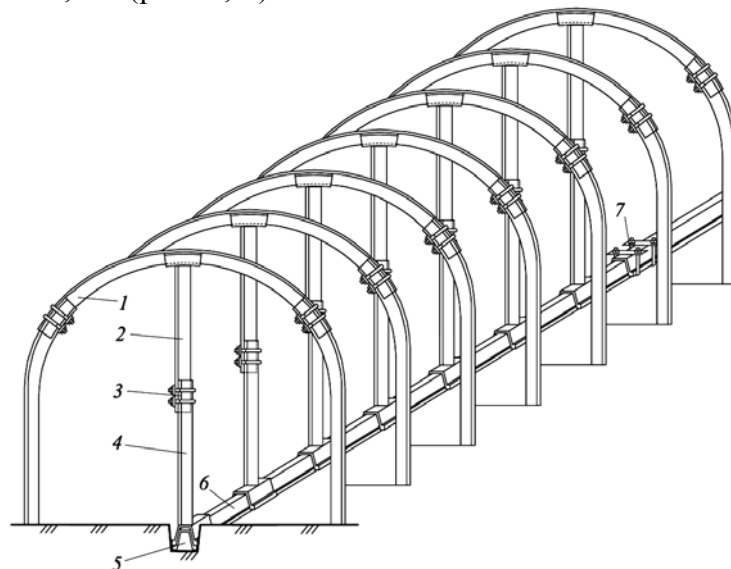


Рис. 4. Схема установки стоек крепи усиления на продольный металлический лежень по почве пласта: 1 – крепь выработки; 2 – верхняя часть стойки крепи усиления; 3 – замковое соединение стойки крепи усиления; 4 – нижняя часть стойки крепи усиления; 5 – канавка под продольный лежень; 6 – продольный лежень; 7 – замковое соединение отрезков лежня

Для проведения наблюдений в конвейерном штреке было сооружено 3 контурные замерные станции, состоящие из трех секций (рам крепи), на каждой из которых было установлено по шесть контурных реперов (рис. 5). Реперы 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 середине межрамного расстояния были пробурены шпуровые стержни длиной 0,35 м и диаметром 0,042 м, в которых с помощью деревянных клиньев закреплялись деревянные стержни.

Три металлических контурных репера устанавливались по почве пласта поперек выработки 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 перемещению горнорабочих, а также не смещался при выполнении в выработке технологических процессов (рис. 5). 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 закреплялся 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 растянутая между боковыми реперами резиновая нить), расстояния от бокового репера со стороны нетронутого массива до средней вертикальной оси выработки (которую представляла капроновая нить с отвесом, подвешенная к крючку верхнего репера) в зависимости от расстояния до лавы (рис. 5)

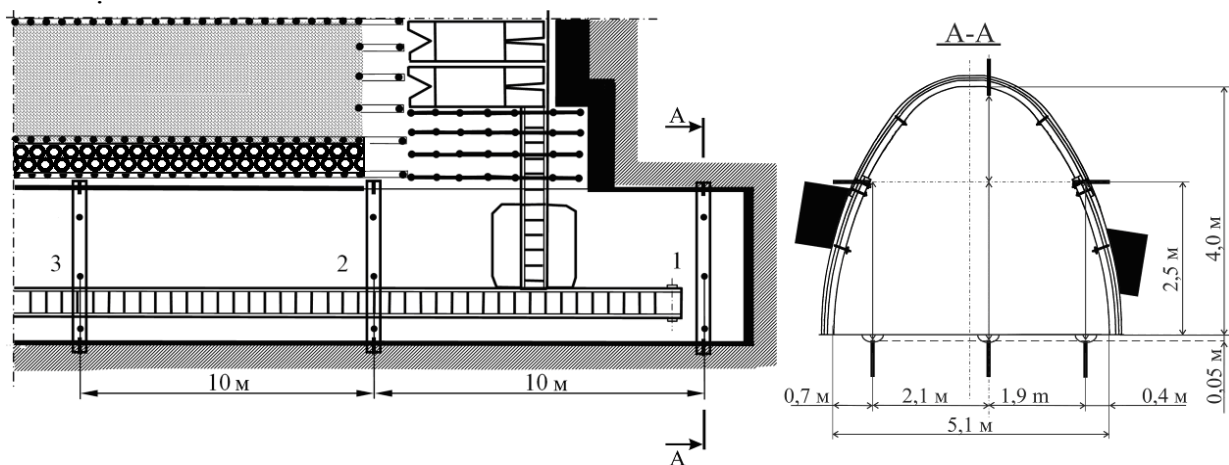


Рис. 5. Схема расположения контурных реперов по почве пласта на замерных станциях (№1, 2, 3) по длине конвейерного штрека

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.

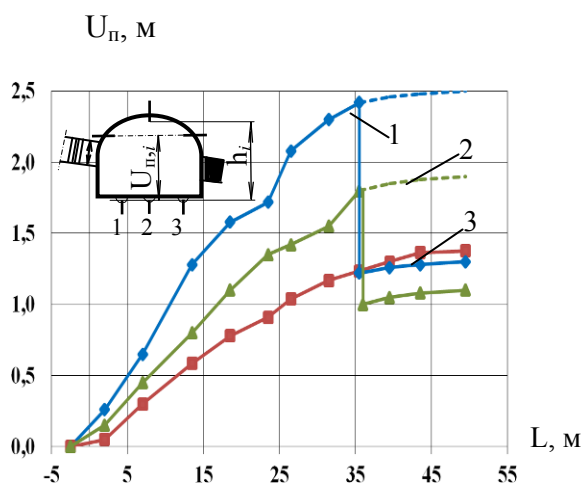
В результате визуальных и инструментальных наблюдений было установлено, что на контрольном участке выдавливание пород почвы начиналось непосредственно вблизи проходческого забоя и затем, по мере удаления от него, оно проявлялось в виде образования асимметричной и пологой породной складки, вершина которой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

На удалении 30 м от лавы в верхнем слое почвы вдоль выработки образовалась продольная трещина на расстоянии 0,8 - 0,9 м от стоек крепи со стороны выработанного пространства, что свидетельствовало о разломе прочного слоя известняка в почве выработки под действием выдавливаемых нижележащих слоев и сформировавшегося жесткого зацепления пород на бровке лавы в результате обжатия возведенных на ней опорных конструкций. После обрушения водоносных песчаников основной кровли наблюдалась значительная интенсификация процесса пучения пород почвы при поступлении воды в слои почвы, расположенные под известняком. При этом на контрольном участке максимальные вертикальные смещения почвы со стороны лавы составили 2,5 м, а при наличии жесткой полосы на бровке лавы – 1,8 м, т.е. были снижены на 0,7 м или в 1,39 раза (рис. 6, а). Применение металлической крепи усиления, с металлическим лежнем на прочном слое известняка (второй экспериментальный участок), позволило снизить вертикальные смещения со стороны лавы на 0,4 м или в 1,29 раза по сравнению с первым участком, а по сравнению с контрольным участком на 1,1 м или в 1,8 раза.

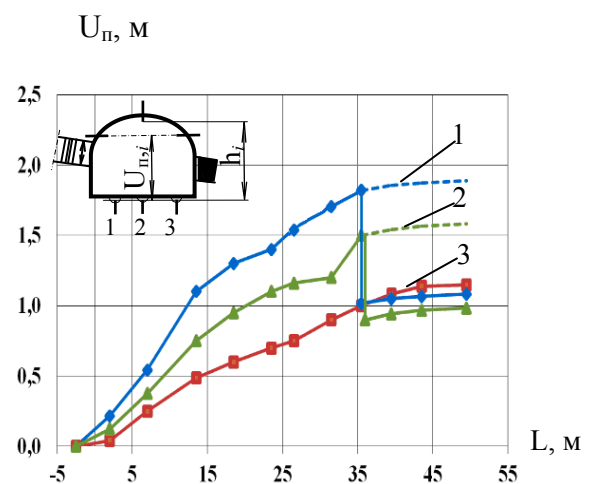
Вертикальные смещения почвы по центру выработки на контрольном участке составили 1,85 м, а при наличии жесткой полосы на бровке лавы – 1,55 м, т.е. были снижены на 0,3 м или в 1,37 раза (рис. 6, б). Применение металлической крепи усиления, установленной на металлические лежни непосредственно на прочный слой известняка (второй экспериментальный участок), позволило снизить вертикальные смещения со стороны лавы на 0,45 м или в 1,41 раза по сравнению с первым участком, а по сравнению с контрольным участком на 0,75 м или в 1,68 раза.

На контрольном участке максимальные вертикальные смещения почвы со стороны массива угля составили 1,4 м, а при наличии жесткой полосы на бровке лавы – 1,05 м, т.е. были снижены на 0,35 м или в 1,33 раза (рис. 6, в). Применение металлической крепи усиления, с металлическим лежнем на прочном слое известняка (второй экспериментальный участок), позволило снизить вертикальные смещения со стороны лавы на 0,5 м или в 1,91 раза по сравнению с первым участком, а по сравнению с контрольным участком на 0,85 м или в 2,55 раза.

а)



б)



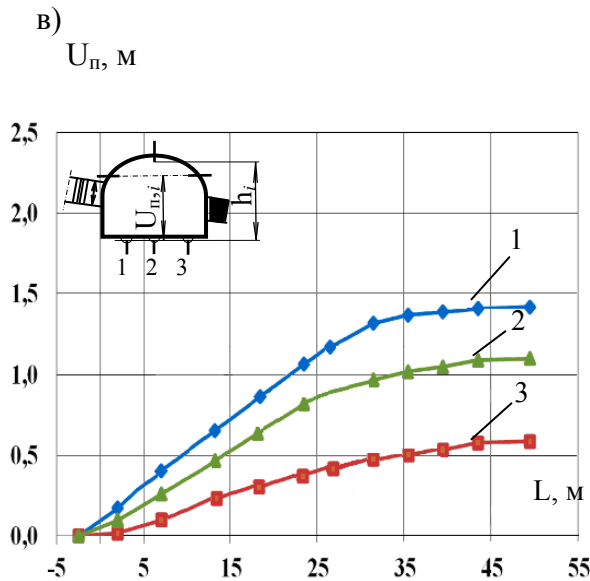


Рис. 6. Смещения пород почвы выработки ($U_{п}$): (а) – на контрольном участке (шахтный вариант), (б, в) – соответственно на 1-м и 2-м экспериментальных участках; 1, 2, 3 – репера в почве соответственно со стороны лавы, по центру выработки и со стороны массива (пунктиром показана величина смещений с учетом подрывки почвы)

Следует отметить, что применение на бровке лавы опорных конструкций с малой жесткостью, например – возводимой вручную бутовой полосы, сопровождалось ее интенсивным обжатием породами кровли и крепкой почвы (при общей конвергенции вмещающих пород на бровке лавы равной $(0,4-0,5) m$, где m – мощность пласта). При этом, под опорной конструкцией формировалось жесткое защемление 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.

Для установления влияния жесткой полосы на процесс обжатия опорной конструкции породами кровли и почвы были проведены инструментальные наблюдения за смещениями пород на бровке лавы. Результаты замеров смещений вмещающих пород на контуре конвейерного штрека 8-й западной лавы пласта m_3 при традиционно применяемой на шахте технологии работ и при использовании жесткой опорной конструкции на бровке лавы, в качестве которой на экспериментальном участке использовалась двухрядная жесткая крепь СКУ, представлены на рис. 7.

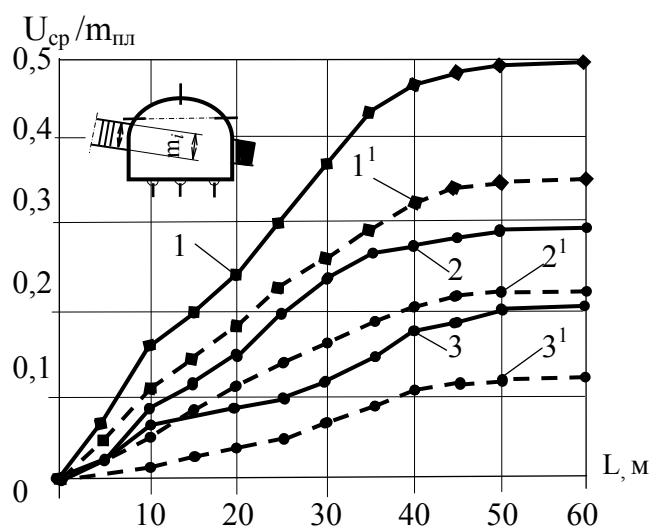


Рис. 7. Относительные смещения пород кровли-почвы (1), кровли (2) и почвы (3) на бровке лавы: (1, 2, 3 – при шахтном способе поддержания и при использовании жесткой опорной конструкции – 1¹, 2¹, 3¹)

Из графиков рис. 7 видно, что применение жесткой опорной конструкции на бровке лавы, препятствующей обжатию всего охранного сооружения возводимого вдоль конвейерного штрека на участке сопряжения выработки с лавой в зоне наиболее активных смещений боковых пород, позволило снизить смещения пород почвы и кровли на бровке лавы соответственно в 1,7 и 1,32 раза по сравнению с шахтным вариантом охраны выработки. При этом гребень продольной складки был сдвинут в сторону выработанного пространства за жесткую опорную конструкцию, что позволило предотвратить разлом непосредственной почвы в пределах ширины конвейерного штрека и не допустить попадание основной кровли под слой известняводы из обводненных песчаников как в пучащие породы почвы.

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 деревянной крепью усиления не обеспечивает устойчивое состояние выемочной выработки в основном из-за интенсивных смещений пород почвы.

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 $35-50^{\circ}$ к напластованию пород. 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, которое существенно возрастает после попадания воды из обрушившихся водоносных песчаников основной кровли в продольную щель разлома в известняке.

Таким образом, применение способа упорно-жесткого противодействия выдавливанию крепкого слоя известняка металлическими стойками крепи усиления по центру выработки и жесткой опорной крепью по бровке лавы позволило сдвинуть гребень складки в сторону выработанного пространства и снизить вертикальные смещения верхнего контура почвы со стороны лавы на 1,1 м или в 1,8 раза, по центру выработки на 0,75 м или в 1,68 раза и со стороны массива угля на 0,85 м или в 2,55 раза.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение особенностей 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 в пределах поперечного сечения выработки.

Список литературы

1. Максимов А.П. Выдавливание горных пород и устойчивость подземных выработок / А.П. Максимов. – М.: Госгортехиздат, 1963. – 144 с.
2. Черняк И.Л. Предотвращение пучения почвы горных выработок / И.Л. Черняк. – М.: Недра, 1978. – 237 с.
3. Литвинский Г.Г. Механизм пучения пород почвы подготовительных выработок / Г.Г. Литвинский // Уголь. – 1987. – №2. – С. 15-17.
4. Соловьев Г.И. О механизме выдавливания прочных пород почвы глубоких шахт / Г.И. Соловьев, А.Л. Касьяненко, В.Е. Нефедов // Научные материалы XIV-го Международного симпозиума «Geotechnika-2010» (19-22 жовтня 2010 г.). – Гливице-Устронь, 2010. – С. 253-262.

Надійшла до редколегії 23.04.2012

Г.І. Соловйов, А.Л. Касьяненко

Донецький національний технічний університет, Донецьк

ПРО МЕХАНІЗМ УПОРНО-ЖОРСТКОЇ ПРОТИДІЇ ВИТИСКАННЮ МІЦНИХ ПОРІД ГРУНТУ КОНВЕЄРНОГО ШТРЕКУ В УМОВАХ ПЛАСТУ m_3 ШАХТИ ІМ. Є. Т. АБАКУМОВА

Наведені результати інструментальних спостережень при шахтній апробації способу упорно-жорсткої протидії витисканню міцних порід підшви конвеєрного штреку 8-ї західної лави пласта m_3 шахти імені Є.Т. Абакумова

Ключові слова: конвеєрний штрек, гірський тиск, витискання, міцні породи підшви, кріплення підсилення, жорстка опірня конструкція.

G.I. Soloviev, A.L. Kasyanenko

Donetsk National Technical University, Donetsk

MECHANISM OF THRUST STIFF OPPOSITION TO THE EXTRUSION OF STRONG GROUND SOIL OF THE CONVEYOR ROADWAY IN LAYER m_3 OF THE MINE NAMED . E.T. ABAKUMOVA

The results of mine instrumental observations at mine approbations of the methods of supporting-hard counteraction of the pressing-out rock floor of mine working in the condition of the 8th western longwall of seam m_3 of the mine named E.T.Abakumov has been defined

Keywords: belt drift, rock pressure, pressing-out, rock floors, support strengthening, supporting-hard construction.