

УДК 622.261.2:622.28.04

Солодянкин А.В., д-р техн. наук, профессор,
Григорьев А.Е., канд. техн. наук, доцент,
Халимендик А.В., канд. техн. наук, доцент,
Машурка С.В., магистр
 (Государственное ВУЗ «НГУ»)

**ШАХТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
 В ОКРЕСТНОСТИ УЧАСТКОВЫХ ВЫРАБОТОК
 ГП «ШАХТОУПРАВЛЕНИЕ «ЮЖНОДОНБАССКОЕ №1»**

Солодянкін О.В., д-р техн. наук, професор,
Григор'єв О.Є., канд. техн. наук, доцент,
Халимендик О.В., канд. техн. наук, доцент,
Машурка С.В., магістр
 (Державний ВНЗ «НГУ»)

**ШАХТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НАВКОЛО
 ДІЛЬНИЧНИХ ВИРОБОК ДП «ШАХТОУПРАВЛІННЯ
 «ПІВДЕННОДОНБАСЬКЕ №1 »**

Solodyankin O.V., D.Sc. (Tech.), Professor,
Grigoriev A.E., PhD. (Tech.), Associate Professor,
Khalimendik A.V., PhD. (Tech.), Associate Professor,
Mashurka S.V., M.S. (Tech.),
 (State H E I «NMU»)

**IN-MINE INVESTIGATION OF GEOMECHANICAL PROCESSES NEAR
 THE LOCAL WORKINGS IN THE STATE ENTERPRISE
 "«YUZHNODENBASSKAYA №1 MINE» COAL COMPANY"**

Аннотация. Целью исследований является изучение закономерностей развития геомеханических процессов в окружающем выработку массиве пород в сложных условиях ШУ «Южнодонецкое №1».

Комплекс исследований включал проведение визуального обследования состояния подготовительных выработок и выполнение инструментальных измерений смещений породного контура.

Выявлены характерные виды деформаций крепи и объемы ремонтных работ. Установлены основные факторы, которые определяют степень сложности эксплуатации выработок. На разных этапах эксплуатации выработки получены зависимости смещений породного контура от времени. Показано влияние подрывки пород почвы на интенсификацию геомеханических процессов в выработке. Выполнен анализ способов повышения устойчивости выработок в условиях больших деформаций приконтурного массива. Предложены наиболее эффективные средства обеспечения эксплуатационного состояния выработки вне и в зоне влияния очистных работ, что позволит сохранить выработку для повторного использования в сложных геомеханических условиях.

Ключевые слова: протяженная выработка, шахтные исследования, лава, пучение пород, способы поддержания выработок, анкерная крепь.

Актуальность работы. Увеличение глубины разработки и интенсификация горных работ на угольных шахтах требуют реализации комплекса мероприятий, направленных на повышение надежности и безопасности труда, а также на снижение стоимости и материалоемкости технологических средств. В этом плане повторное использование выработок при выемке угля позволит существенно сократить затраты на подготовку новых добычных участков, снизит себестоимость угля, но потребует применения эффективных систем крепи и дополнительных мероприятий для шахт со сложными геомеханическими условиями разработки.

Актуальным является этот вопрос для Шахтоуправления «Южнодонецкое №1», годовой объем добычи угля на котором составляет 900 тыс. т. В настоящее время на шахте работают 3 очистных забоя. Способ подготовки – погоризонтный с системой разработки длинными столбами по восстанию. Отработка пластов производится в нисходящем порядке. Объем проведения подготовительных выработок составляет 8 км в год.

Условия залегания месторождения являются сложными. Все угольные пласты по мощности относятся к тонким и очень тонким. Вмещающие породы склонны к обрушению, пучению и к потере устойчивости даже при незначительном размокании. Применяемые в настоящее время средства крепления и поддержания выработок не обеспечивают их эксплуатационного состояния.

Решением проблемы поддержания выработок при добыче угля занимались многие ученые и организации [1, 2 и др.]. Сегодня имеется целый ряд технологических решений, позволяющих, в отдельных случаях, обеспечивать устойчивость подготовительных выработок в эксплуатационном состоянии с повторным их использованием. Однако для обоснования рациональных параметров систем крепи в каждом конкретном случае необходимо учитывать специфику горнотехнических и горно-геологических условий, выявление основных влияющих факторов, что требует проведения соответствующего комплекса исследований.

Задача обеспечения устойчивости выработки для повторного использования является очень сложной в научном и техническом плане. Такая выработка в процессе эксплуатации последовательно испытывает различные по направлению и величине сочетания нагрузок. Поэтому, конструкция крепи, дополнительные мероприятия и элементы охраны выработки должны эффективно работать на всех этапах подготовки и отработки пласта: вне зоны влияния очистных работ; в зоне влияния первой лавы; на сопряжении с первой лавой; в зоне влияния второй лавы.

Целью исследований, результаты которых представлены в статье, являлось изучение геомеханических процессов, происходящих в окружающем выработку массиве пород для обоснования мероприятий и средств повышения ее устойчивости и возможности повторного использования в условиях ШУ «Южнодонецкое №1».

Основные материалы и результаты исследований. Шахтные исследования, выполненные в подготовительных выработках, включали оценку горно-

геологических и горнотехнических условий их эксплуатации, визуальное обследование для оценки общего состояния выработок, выявления наиболее характерных деформаций крепи и приконтурного массива, а также выполнение инструментальных измерений на установленных замерных станциях в пределах участков, находящихся на разных этапах эксплуатации выработки.

Для предварительного мониторинга были выбраны выработки подготовки и отработки 12-й западной лавы (рис. 1). Выемочный участок 12-й западной лавы пл. C_{18} отрабатывается обратным ходом, длинным столбом по восстанию пласта. Длина лавы 230 м. Длина выемочного участка 1050 м. Вынимаемая мощность пласта – 1,09 м.

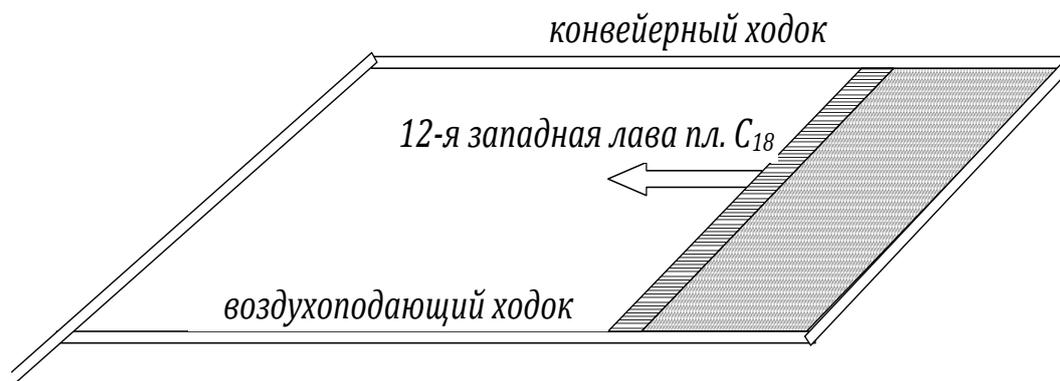


Рисунок 1 - Выкопировка с плана горных работ выемочного участка 12-й западной лавы пл. C_{18}

Основными подготовительными выработками 12-й западной лавы пл. C_{18} , являются повторно используемый воздухоподводящий ходок 14-й западной лавы, погашаемый за очистным забоем и конвейерный ходок 12-й лавы, который сохраняется для выдачи исходящей струи воздуха и отработки соседней лавы, ввод которой предусматривается через 2-4 года после отработки существующей.

По паспорту обе подготовительные выработки закреплены крепью КМП-А3/11,2 из СВП-27 со сплошной деревянной затяжкой.

Согласно паспортным данным для поддержания узла сопряжения лавы с конвейерным ходком 12 западной лавы пл. C_{18} , в нише, на расстоянии не более 4,9 м от линии очистного забоя, с завальной стороны конвейера, возводится полоса «Текхард», шириной 1,1 м. От нее вглубь лавы устанавливается обрезная крепь, состоящая из органного ряда с плотностью установки 4 стойки на 1 м.

В качестве усиливающей крепи по конвейерному ходку 12 западной лавы под верхняк каждой рамы арочной крепи, устанавливаются деревянные стойки диаметром 18-20 см, которые должны опережать забой лавы не менее чем на 25 м.

В непосредственной почве пласта локальными участками залегает песчаник темно-серый, в верхней части «кучерявчик», мощностью до 0,7 м и крепостью 3-4. По основной трассе, песчаник замещен алевролитом с «ложной почвой» слоем 0,35 м, который предрасположен к быстрому размоканию.

Мониторинг состояния выработок подготовки и отработки 12-й западной

лавы, выполненный в январе 2014 года позволил сделать следующие выводы.

В целом текущее состояние исследуемых выработок можно считать удовлетворительным, в т.ч. за счет своевременного выполнения ремонтно-восстановительных работ, а также реализации соответствующих мероприятий по усилению паспортной крепи выработки (рис. 2, 3).



Рисунок 2 - Усиление крепи спаренными анкерами



Рисунок 3 - Состояние конвейерного ходка после подрывки пород почвы до подхода лавы

Состояние вмещающих пород, за исключением зон влияния геологических нарушений и зон с повышенным водопритоком, относительно устойчивое; породы бортов и кровли минимально деформированы; количество заколов, трещин и расслоений незначительно; обжатие рам крепи равномерное. Однако при наличии даже незначительного количества влаги происходит резкая потеря устойчивости массива, что при нарушении паспорта крепления в большинстве случаев приводит к разрушению даже усиленных ремонтинами участков выработки.

Основной вид деформации пород – пучение почвы различной интенсивности. По трассе воздухоподающего ходка 14-й западной лавы пл. C_{18} , погашаемого по мере подвигания очистного забоя лавы, вертикальная конвергенция за счет пучения, имеющего несимметричный характер, приводит к потере сечения выработки до неудовлетворительного состояния.

Фактическое состояние рамной крепи можно охарактеризовать как неудовлетворительное вследствие существенных отклонений от паспорта крепления. К основным видам деформации рамной крепи можно отнести потерю симметрии крепи; разрыв замков; выкручивание и разрыв стоек крепи. На многих участках податливость рам не исчерпана. Однако есть участки, где в замках рам крепи наблюдаются разрывы профиля стоек, что, вероятно, объясняется некачественной установкой рамы (отсутствие второго хомута, межрамных стяжек и пр.).

Крепь выработки по всей длине усилена деревянными ремонтинами с шагом установки 0,8 м (в местах пересечения зон ПГД – 0,5 м). После прохода лавы устанавливаются парные ремонтини с таким же шагом. Перед лавой с опережением 50-60 м по мере возможности устанавливаются 2 спаренных анкера с

подхватом под верхняк. Также в силу технологической необходимости до окна лавы постоянно ведутся локальные работы по подрывке пород почвы. На ряде пикетов выполняются работы по перекреплению выработки.

Скорость движения лавы составляет 2,5-3 м/сут. По сведениям технологической и геологической службы шахты проявления влияния лавы в ходке незначительны, отмечаются на расстоянии 30-50 м.

По факту режим работы рамной крепи по всей трассе обследования не соответствует условиям ее эксплуатации. Минимальная высота ходка, замеренная на ПК49...60, составляет 1,9 м при проектной – 3,1 м.

На основании анализа горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации, результатов предварительного обследования выработок, данных маркшейдерской службы шахты, а также данных по объемам ремонтных работ, к основным осложняющим факторам в первую очередь следует отнести:

1. Наличие слабых вмещающих пород склонных к обрушению и пучению, а также к резкой потере устойчивости даже при незначительном размокании.
2. Значительное количество непрогнозируемых мелкоамплитудных геологических нарушений в окрестности исследуемых выработок.
3. Относительно высокую степень концентрации горных работ.
4. Несоответствие применяемых в настоящее время средств обеспечения длительной устойчивости горных выработок условиям их эксплуатации.

Здесь следует отметить, что наличие пучения пород позволяет отнести условия эксплуатации выработки к категории «больших глубин», и, по нашему мнению, является основным фактором, определяющим, в конечном счете, состояние выработки на весь срок ее службы.

Как известно, в условиях больших глубин разработки пучение не является каким-то локальным процессом, затрагивающим только породы почвы. Деформационные процессы охватывают весь приконтурный массив, а пучение, как показано в [3, 4], является признаком большой глубины разработки, при которой масштаб смещений контура выработки и разрушений пород в ее окрестности весьма значительны по величине.

В результате пучения происходит деформирование породного массива и угольного пласта у контура выработки, опускание и выдавливание пород (рис. 4) [5]. Подобный характер деформирования отмечается и в работах М.А. Выгодина [6]. Это явление не учитывается при проектировании параметров охранных полос, в частности, их жесткости и податливости.

При значительной величине пучения пород почвы и уменьшении полезного сечения выработки, выполняется подрывка, степень влияния которой на последующее состояние выработки весьма значительна.

Оценка влияния подрывки на скорость деформационных процессов выполнялась на контурных замерных станциях, установленных в конвейерном ходке 12-й западной лавы пл. C_{18} , одна группа которых (ЗС-1, ЗС-2, ЗС-3) устраивалась сразу при проведении выработки, другая группа (ЗС-4, ЗС-5, ЗС-6) – после проведения работ по подрывке почвы на высоту 0,6 - 0,8 м.

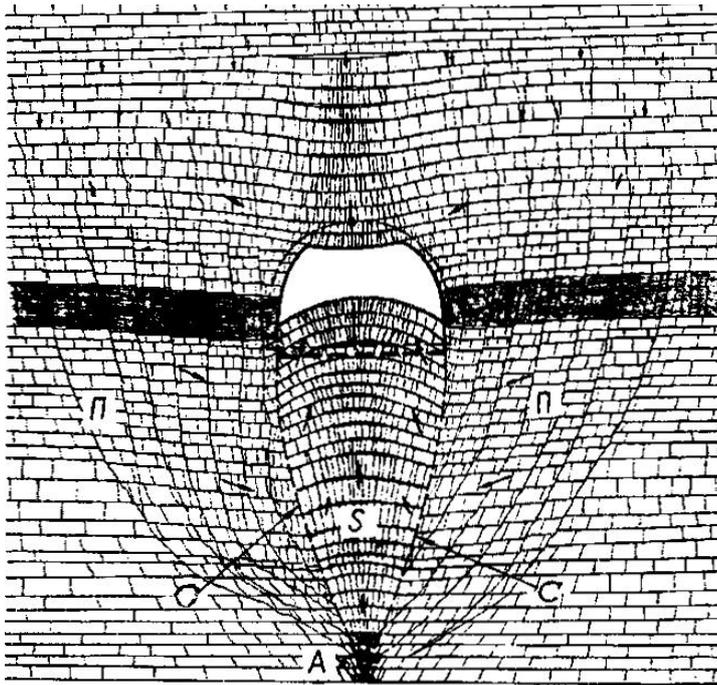


Рисунок 4 - Деформирование пород в приконтурной зоне выработки по [5]

Контурные реперы представляли собой металлические стержни, закрепленные в деревянных пробках, которые устанавливались и расклинивались в специально пробуренных шпурах глубиной до 0,5 м в кровле, почве, боках выработки (выше пласта). Контурные реперы устанавливались на расстоянии 0,5 - 2,5 м от забоя выработки или места подрывки в одной плоскости за пределами зоны влияния очистных работ.

Замеры смещений кровли и почвы проводились от горизонтали (резиновый жгут, натянутый между горизонтальными

контурными реперами) к контурным реперам в кровле и почве соответственно. Измерения смещений проводились на протяжении 150...170 сут. (рис. 5).

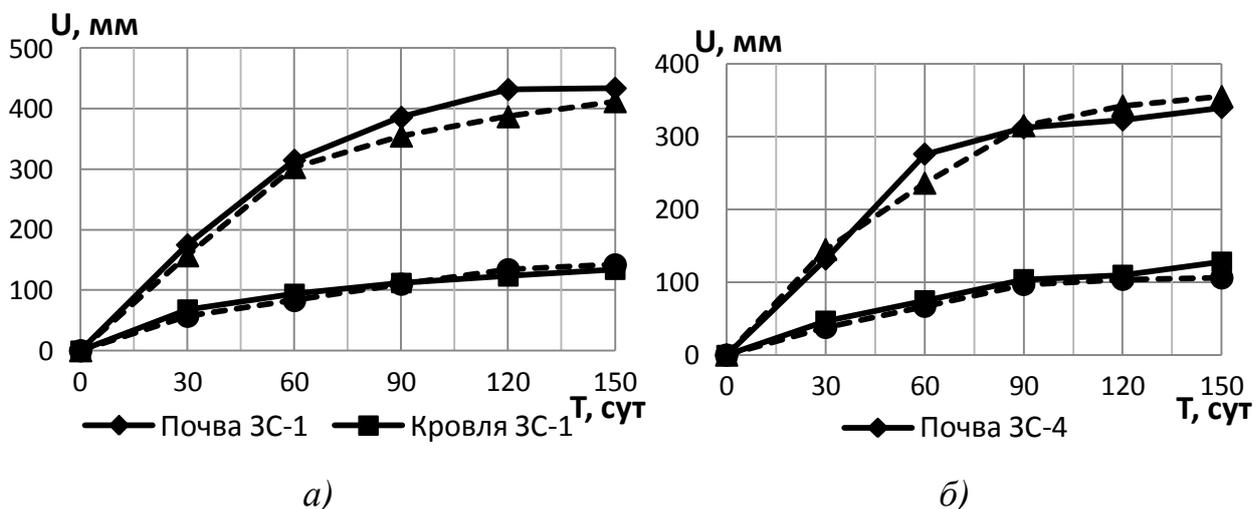


Рисунок 5 - Результаты измерений смещений почвы и кровли в конвейерном ходе 12-й западной лавы пл. С₁₈: а – на замерных станциях ЗС-1 и ЗС-2 при проведении выработки; б – на замерных станциях ЗС-4 и ЗС-5 после проведения подрывки пород почвы

Как на первом (после проведения), так и на втором (после подрывки) участке характерной особенностью деформационных процессов является наличие двух этапов, отличающихся интенсивностью деформаций.

При проведении выработки первый этап – интенсивных смещений составляет 60 - 90 сут., при скорости смещений почвы 5,0 - 6,0 мм/сут. в начале и 2,0-2,5 мм/сут. в конце этого этапа. На втором этапе интенсивность деформаций

снижается, скорость смещений почвы составляет 0,5 - 1,0 мм/сут. Скорости смещений кровли в 2,5 - 3 раза меньше скорости смещений почвы.

Несмотря на существенное снижение интенсивности смещений контура выработки, их величина, особенно со стороны почвы, достигает 0,6 - 1,0 м и более, при общей вертикальной конвергенции 1,0 - 1,5 м, что вызывает необходимость выполнения подрывки для увеличения полезной площади сечения выработки.

После выполнения подрывки, интенсивность смещений пород почвы и кровли резко увеличивается. Скорость смещения почвы возрастает в 4 - 8 раз, однако продолжительность периода интенсивных деформаций уменьшается. Этап интенсивных смещений составляет 50 - 60 сут. при скорости смещений почвы от 4,0 - 4,5 мм/сут. в начале до 1,0 - 1,5 мм/сут. в конце этого периода. На втором этапе интенсивность деформаций снижается, скорость смещений почвы составляет 0,5 - 0,75 мм/сут.

Подрывка также провоцирует повышение смещений пород кровли, величина которой меньше, чем после проведения выработки. Тем не менее, общие смещения за период наблюдений составляют 100 - 130 мм.

Еще одна группа замерных станций (ЗС-11, ЗС-12, ЗС-13) устанавливалась на участке конвейерного ходка 12-й западной лавы перед проходом лавы, на расстоянии, когда влияние очистных работ в рассматриваемом сечении еще отсутствовало (60 - 70 м). Как и в предыдущих сериях измерений фиксировались смещения боков, кровли и почвы выработки (рис. 6).

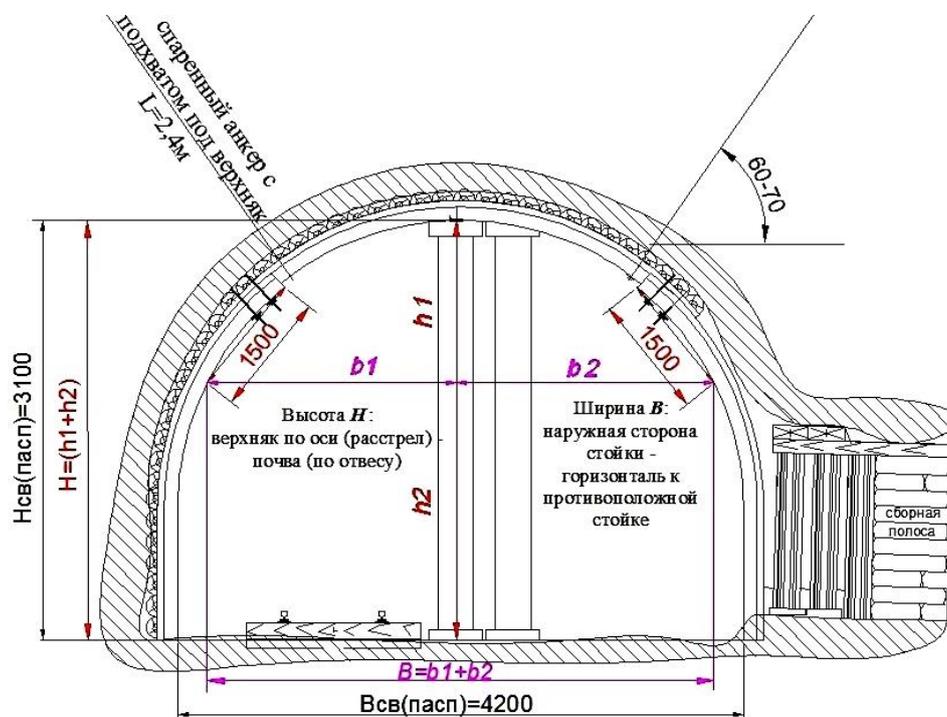


Рисунок 6 - Схема проведения инструментальных измерений в конвейерном ходке в зоне влияния движущегося забоя лавы

Результаты замеров на двух замерных станциях представлены на графике (рис. 7). Отрицательные значения показывают расстояние замерной станции до

очистного забоя, положительные значения – после прохода плоскости забоя лавы.

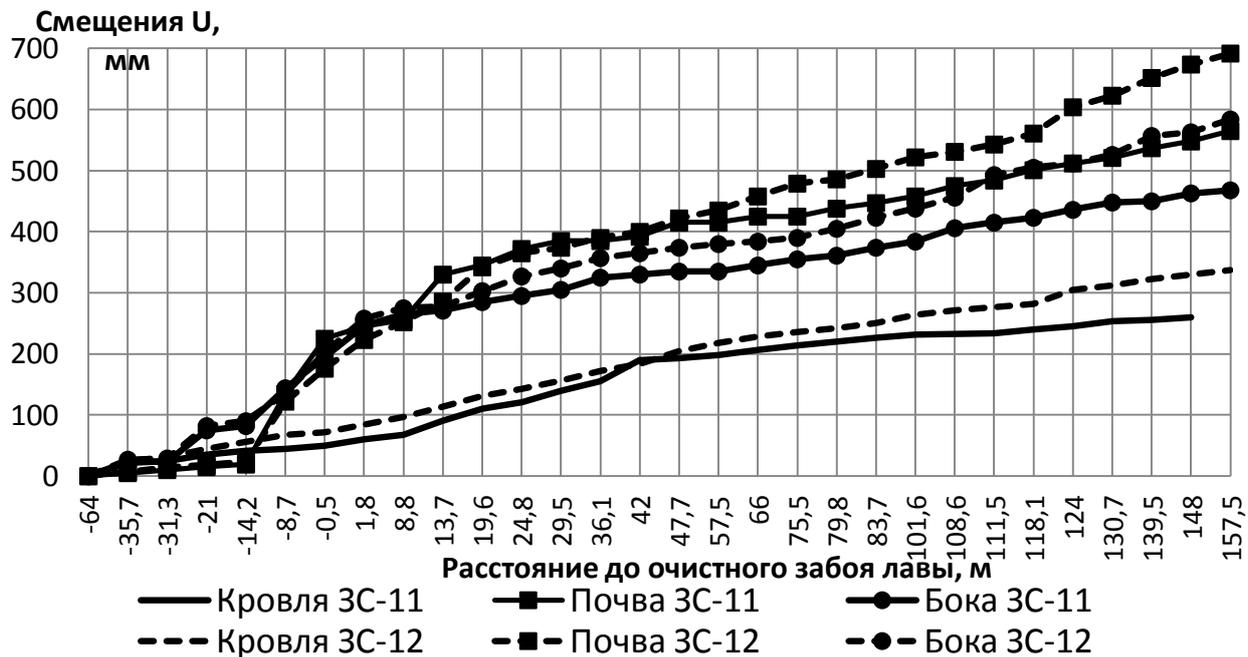


Рисунок 7 - Результаты инструментальных измерений в конвейерном ходе в зоне влияния движущегося забоя лавы

Результаты выполненных замеров свидетельствуют, что влияние движущегося забоя лавы стало заметным на расстоянии 35 - 40 м до его плоскости. При этом наиболее интенсивные деформации происходили на расстоянии от 15 м до подхода груди забоя и на протяжении 10 м после его прохода. После этого интенсивность смещений несколько снизилась.

Наибольшие смещения зафиксированы со стороны почвы выработки. На расстоянии 157 м за лавой они составили 700 мм за период наблюдений только в зоне влияния очистных работ. Смещения кровли за этот же период составили 270 - 320 мм. Вследствие значительных смещений, деформаций и разрушений элементов крепи, для эффективного проветривания выемочного участка и увеличения поперечного сечения конвейерного хода 12 западной лавы на расстоянии 220 - 230 м позади окна лавы производилось перекрепление выработки с подрывкой пород почвы на высоту 0,5 - 0,6 м.

Рассмотренная технология сохранения выработки для повторного использования является чрезвычайно трудоемкой, затратной и необоснованной с точки зрения геомеханики деформационного процесса, протекающего в окрестности выработки.

Величина горного давления, которое на первом этапе эксплуатации испытывает подготовительная выработка определяется глубиной ее расположения, прочностью и структурой вмещающих пород. В условиях больших глубин при значительно возросших величинах горного давления, традиционная металлическая рамная крепь, применяемая почти повсеместно, практически не препятствует расслоениям вмещающих выработку пород. Этому способствует практически полное отсутствие забутовки и, соответственно, плотного контакта между

крепью и породным контуром.

Большие деформации приконтурного массива приводят к недопустимым смещениям кровли и почвы, вызывая необходимость подрывки и перекрепления выработки. Данный способ борьбы с пучением пород почвы по характеру воздействия на окружающий массив относится к категории пассивных. Так как смещения пород почвы в основном имеют незатухающий характер, то за время существования выработки приходится проводить многократные подрывки, которые требуют последующего перекрепления. Подрывка почвы связана с увеличением выдаваемого на поверхность объема породы, дополнительным затратам материалов на ремонт крепи и рельсового пути, отвлечением рабочих на ремонт и перекрепление выработок, нарушением работы добычных участков и внутришахтного транспорта.

Более того, подрывка почвы в конечном счете приводит к интенсификации пучения и снижению устойчивости выработки. Как отмечается в [7], периодическая подрывка почвы с целью сохранения выработки была оправдана на малых глубинах разработки. В условиях больших глубин такая подрывка приводит к нарушению равновесного состояния пород почвы за счет уменьшения отпора на фронте разрушения, облегчению доступа воды к нижележащим пластам, нарушению равновесия пород в боках выработки. Скорость пучения после подрывок возрастает в 6-9 раз и более по сравнению со средними скоростями, зафиксированными непосредственно перед подрывкой [8]. При этом зона деформированных пород вокруг выработки еще больше возрастает, увеличивает нагрузку на крепь, вызывая деформацию и разрушение ее элементов, и приводит к необходимости перекрепления выработки.

Часто в процессе подрывки частично обнажаются стойки арочной крепи, вызывает потерю опоры на почву, что равносильно раскреплению выработки, уменьшению отпора крепи в кровле и боках и провоцированию завалов из-за возможных динамических воздействий при обрушении породы. Практика поддержания выработок в сложных условиях показывает, что уже после 2-3 подрывок, как правило, выработку необходимо полностью перекреплять.

Влияние очистных работ еще больше осложняет ситуацию.

Как известно, нарушенные породы приконтурной зоны, а также породы III и IV категорий устойчивости весьма чувствительны к любым дополнительным воздействиям (увлажнение, влияние очистных работ или близкорасположенных выработок и т.д.), что немедленно проявляется в виде смещений контура (повышения давления на крепь). При этом рост смещений под влиянием дополнительных воздействий происходит в основном в результате увеличения степени разрыхления приконтурных пород, а не из-за увеличения размеров зоны неупругих деформаций (ЗНД).

Максимальные коэффициенты разрыхления пород наблюдаются после перекрепления выработки позади очистного забоя. Размеры зоны разрушенных пород в зоне влияния очистных работ при повторном использовании выработки достигают 15 м и более, а коэффициенты разрыхления отдельных слоев пород – 1,2. Коэффициент разрыхления метрового слоя у контура иногда достигает 1,3.

Тем не менее, уменьшить радиус ЗНД и тем самым повысить устойчивость выработки можно путем увеличения прочности приконтурного массива. Для этого можно провести предварительное упрочнение путем установки анкеров с закреплением их по всей длине. Как отмечается в работах [9, 10], коэффициент упрочнения пород при плотности анкерования 0,7 - 2,5 шт/м² изменяется: для скальных пород в пределах 1,11 - 1,49; для пластичных – 1,07 - 1,46; для углевмещающих – 1,15 - 1,91, что равноценно переводу пород в более высокую категорию прочности.

Поэтому для рассматриваемых геомеханических условий эксплуатации подготовительных выработок эффективным средством обеспечения их устойчивости до влияния очистных работ будет являться рамно-анкерная крепь, с установкой анкеров сразу после проведения выработки. Это позволит предупредить расслоение приконтурного массива, большие деформации пород, пучение пород почвы, а также повысит устойчивость выработки в зоне влияния очистных работ.

Выводы. Комплекс шахтных исследований, выполненный в условиях ШУ «Южнодонбасское №1» позволил установить основные факторы, которые определяют степень сложности эксплуатации выработок. Показано, что проводимая на разных этапах существования выработки подрывка пород почвы интенсифицирует деформационные процессы в приконтурном массиве пород и вызывает необходимость перекрепления. Эффективным средством повышения их устойчивости подготовительных выработок в рассматриваемых условиях будет являться рамно-анкерная крепь, с установкой анкеров сразу после проведения выработки. Это снизит деформации породного массива до и в зоне влияния очистных работ и позволит сохранить выработку для повторного использования в сложных геомеханических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демченко, А.И., Инженерное обеспечение устойчивого проветривания высоконагруженных лав в горно-геологических условиях пласта d₄ шахты «Красноармейская-Западная № 1» / А.И. Демченко, М. Куласек // Глюкауф. – 2003. – № 4. – С. 45-50.
2. Скипочка, С.И. Элементы геомеханики углепородного массива при высоких скоростях подвигания лав / С.И. Скипочка, Б.М. Усаченко, В.Ю. Куклин. – Днепропетровск: ЧП «Лири ЛТД», 2006. – 248 с.
3. Majcherczyk T., Szaszenko A., Sdwizkowa E. Podstawy Geomechaniki. – Krakow: AGH Uczelniane wydawnictwa naukowo-dydaktyczne. – 2006. – 293 p.
4. Шашенко, А.Н. Пучение пород почвы в выработках угольных шахт / А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин, А.В. Смирнов. – Днепропетровск: ЛизуновПрес, 2015. – 256 с.
5. Тупиков, Б.Т. Устойчивость пластовых выработок в массиве на больших глубинах / Б.Т. Тупиков, В.Ф. Компанец // Уголь Украины. – 1998. – № 6. – С. 15-17.
6. Выгодин, М.А. Применение металло-анкерных крепей на шахтах Западного Донбасса / М.А. Выгодин, В.В. Евтушенко // Уголь Украины. – 1999. – № 8. – С. 36-38.
7. Литвинский, Г.Г. Механизм пучения пород почвы подготовительных выработок / Г.Г. Литвинский // Уголь. – 1987. – № 2. – С.15-17.
8. Зубов, В.П. Влияние подрывок на пучение пород в подготовительных выработках / В.П. Зубов, Л.Н. Чернышков, К.Н. Лазченко // Уголь Украины. – 1985. – № 7. – С. 15-16.
9. Костогрыз, В.И. Эффективность упрочнения пластичных пород анкерованием / В.И. Костогрыз // Науковий вісник НГУ. – 1998. – №3. – С. 13-15.
10. Булат, А.Ф. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт / А.Ф. Булат,

В.В. Виноградов. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2002. – 372 с.

REFERENCES

1. Demchenko, A.I. and Kulassek, M. (2003), "Engineering support sustainable airing longwall heavily in mining and geological conditions of the coal seam d₄ mine "Krasnoarmeyskaya-Zapadnaya № 1"", *Glukauf*, no. 4, pp. 45-50.
2. Skypochka, S.I., Usachenko, B.M. and Kuklin, V.U. (2006), *Elementy heomekhaniky ugleporodnogo massyva pri vysokikh skorostyakh podviganiya lav* [Elements of geomechanics rock mass at high advance rates of longwall], Lyra LTD, Dnepropetrovsk, Ukraine.
3. Majcherczyk, T., Szaszenko, A. and Sdwizkowa E. (2006), *Podstawy Geomechaniki* [Foundations geomechanics], AGH Uczelniane wydawnictwa naukowo-dydaktyczne, Krakow, Poland.
4. Shashenko, A.N., Solodyankyn, A.V. and Smirnov, A.V. (2015), *Puchenie porod pochvy v vyrabotkakh ugolnykh shakht* [Heaving of bottom rocks in coal mines workings], LyzunovPres, Dnepropetrovsk, Ukraine.
5. Tupikov, B.T. and Kompanets, V.F. (1998), "Stability in an rock mass coal seam workings at great depths", *Coal of Ukraine*, no. 6, pp. 15-17.
6. Vygodin, M.A. and Yevtushenko, V.V. (1999), "The use of metal-roof bolts in mines of Western Donbass", *Coal of Ukraine*, no. 8, pp. 36-38.
7. Litvinsky, G.G. (1987), "The mechanism of heaving rocks floor of development workings", *Coal of Ukraine*, no. 2, pp. 15-17.
8. Zubov, V.P., Chernyshkov, L.N. and Lazchenko, K.N. (1987), "Influence of rock floor taking-up on heaving rocks in development workings", *Coal of Ukraine*, no. 7, pp. 15-16.
9. Kostogryz, V.I. (1998), "The effectiveness of hardening plastic rocks anchoring", *Naukovy visnyk Natsyonalnogo hyrnichogo unyversitetu*, no. 3, pp. 13-15.
10. Bulat, A.F. and Vinogradov, V.V. (2002), *Oporno-ankernoe kreplenie gornykh vyrabotok ugolnykh shakht* [The support anchor mining workings of coal mines], IGTM NAN Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine.

Об авторах

Солодянкин Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительства, геотехники и геомеханики, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, alex.solodyankin@mail.ru.

Григорьев Алексей Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительства, геотехники и геомеханики, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, grigoriev.nmu@gmail.com.

Халимендик Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительства, геотехники и геомеханики, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, halim_gs@mail.ru.

Машурка Сергей Владимирович, инженер, главный энергетик, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, mashurka81@mail.ru.

About the authors

Solodyankin Aleksandr Viktorovich, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Professor in Department of construction, geotechnics and geomechanics, State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepropetrovsk, Ukraine, alex.solodyankin@mail.ru.

Grigoriev Aleksey Evgenevich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Associate Professor of Department of construction, geotechnical engineering and geomechanics, State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepropetrovsk, Ukraine, grigoriev.nmu@gmail.com.

Khalimendik Aleksey Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Associate Professor of Department of construction, geotechnical engineering and geomechanics, State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepropetrovsk, Ukraine, halim_gs@mail.ru.

Mashurka Sergej Vladimirovich, Engineer, chief Power Engineer, State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepropetrovsk, Ukraine, mashurka81@mail.ru.

Анотація. Метою досліджень є вивчення закономірностей розвитку геомеханічних процесів в масиві порід навколо виробки у складних умовах ШУ «Південнодонбаське №1».

Комплекс досліджень включав проведення візуального обстеження стану підготовчих виробок і виконання інструментальних вимірювань зміщень породного контуру.

Виявлені характерні види деформацій кріплення і обсяги ремонтних робіт. Встановлені основні фактори, які визначають ступінь складності експлуатації виробок. На різних етапах експлуатації виробки отримані залежності зміщень породного контуру від часу. Показано вплив підривання порід підосви на інтенсифікацію геомеханічних процесів у виробці. Виконаний аналіз способів підвищення стійкості виробок в умовах великих деформацій приконтурного масиву. Запропоновано найбільш ефективні засоби забезпечення експлуатаційного стану виробки поза і в зоні впливу очисних робіт, що дозволить зберегти виробку для повторного використання в складних геомеханічних умовах.

Ключові слова: протяжна виробка, шахтні дослідження, лава, здимання порід, способи підтримки виробок, анкерне кріплення

Abstract. Purpose of the investigation was to study physics of geomechanical processes in the rock mass around the workings in difficult geomechanical conditions in the SE “Yuzhnodonbasskaya Mine №1».

The investigation complex included a visual inspection of the preparatory roadway state and instrumental measurements of the rock contour displacements.

Specific types of support deformations were revealed, and volumes of repair works were determined. Basic factors were formulated which determined a complexity degree of the workings use. Dependence between the rock contour displacements and timeline was specified for different stages of the workings exploitation. Influence of the rock bottom lifting on intensification of the geomechanical processes in the workings was explained. Methods for improving the workings stability under the effect of large deformations in the marginal rock mass were analyzed. The most effective facilities are proposed for supporting operational condition of the workings under the effect of mining operations and for their further reuse in difficult geomechanical conditions.

Keywords: extended working, in-mine researches, longwall, rock floor heaving, methods for working support, roof bolting.

Стаття постуила в редакцію 22.07.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук С.П. Минеевым