

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ В ВЫРАБОТКАХ 1 СЕВЕРНОЙ ЛАВЫ ПЛАСТА L₆ гор. 885 м ШАХТЫ ИМ. Д.Ф. МЕЛЬНИКОВА ГП «ЛИСИЧАНСКУГОЛЬ»

*С.Н. Ганеев, Р.Н. Терещук, Д.М. Логунов, Государственное высшее учебное заведение
«Национальный горный университет», Украина*

В статье выполнен анализ факторов, влияющих на устойчивость выработок 1 северной лавы пласта L₆ гор. 885 м шахты им. Д.Ф. Мельникова ГП «Лисичанскуголь». Показана картина фактического состояния выработок, полученная по результатам натурного обследования, описан первый опыт применения канатных анкеров в условиях шахты.

Введение. Обеспечение устойчивости подготовительных выработок на всех этапах их существования представляет достаточно сложную в технологическом и научном плане задачу. Сложность предопределяется тем, что, во-первых, выработки проводятся в сложных горно-геологических условиях. Во-вторых, помимо сил горного давления, действующих после проведения, они, впоследствии, будут испытывать воздействие опорного давления от движущейся лавы. Все это, в свою очередь, выдвигает ряд приоритетных требований к вопросам устойчивости подготовительных выработок и к оценке факторов, воздействующих на них в процессе эксплуатации.

Разработка способов и средств крепления выработок и способ обеспечения их устойчивости должно опираться на данные объективной картины горно-геологических и горнотехнических условий, в которых эксплуатируется исследуемая выработка. Такие данные обычно получают в результате анализа исходной геологической и технологической документации, а также непосредственного обследования выработки в натуральных условиях с привлечением при необходимости соответствующих средств измерений.

Состояние вопроса. В условиях жесткой конкуренции как на внутреннем, так и на международном рынке энергетического сырья, перед угледобывающими предприятиями стоит задача повышения конкурентоспособности продукции, основным решением которой является снижение ее конечной цены. На шахте им. Д.Ф. Мельникова ГП «Лисичанскуголь» эта задача решается как за счет внедрения высокопроизводительной добычной техники, так и за счет использования новых технологий проведения и крепления подготовительных выработок. Внедрение новых видов крепи в подготовительных выработках позволит оптимизировать их количество при нарезке и дальнейшей эксплуатации лавы, поскольку в настоящий момент для обеспечения эффективного проветривания лав, отрабатываемых прямым ходом, шахта вынуждена строить ряд вентиляционных квершлагов, стоимость которых ложится в итоге на себестоимость угля. Кроме того, в настоящее время шахта работает на горизонте 885 м, что негативно сказывается на устойчивости выработки ввиду недостаточной несущей способности систем крепи в условиях влияния лавы.

Целью настоящей статьи является анализ условий заложения и эксплуатации горных выработок, оконтуривающих 1 северную лаву пласта L₆ гор. 885 м шахты им. Д.Ф. Мельникова, который выполнялся на основе исходной документации и материалов натурного обследования выработки в связи с задачей внедрения на шахту рамно-анкерной крепи в подготовительных выработках.

Материалы и результаты исследований. Согласно данным, полученным от инженерных служб шахты им. Д.Ф. Мельникова, в геологическом строении участка горного отвода шахты принимают участие отложения среднего и верхнего отделов карбона, перекрывающиеся породами мезо-кайнозоя-триасового, верхнемелового, третичного и четвертичного периодов. Шахтой отрабатываются пласты L₆, L₂, k₈.

На участке, намеченном к отработке, мощность пласта L₆ колеблется в пределах 0,78 – 1,0 м, угол падения составляет 18°-16°. Тектонических нарушений не ожидается. Природная газоносность пласта L₆ на гор. 885 м составляет 7,9 м³/т.с.б.м.

Основная кровля представлена перемеживающимися слоями сланцев, песчаников и известняков средней обрушаемости А2.

Непосредственная кровля представлена аргиллитом или алевролитом, темно-серым с включением сидерито-глинистых конкреций в виде линз или поясков, с зеркалами скольжения, сухие, средней крепости $f = 4-5$, неустойчивый, Б2(Б1). Возможно поступление воды в лаву с песчаника, залегающего в кровле пласта, ожидаемый приток воды 1-2 м³/час, увеличение притока до 3,0-3,5 м³/час ожидается при посадке основной кровли.

Непосредственная почва представлена аргиллитом, алевролитом, неустойчивым П1. Возможно поступление воды с песчаника, залегающего непосредственно в почве пласта, ожидаемый приток 1,0-1,5 м³/час. Прочность пород почвы на сжатие относительно невысокая со средними показателями от 180 до 380 кг/см². Текстура их преимущественно комковатая, нарушена остатками корневой системы («кучерявчик»). Подобная характеристика почвы пластов благоприятствует развитию явления пучения пород при производстве, как очистных работ, так и проведении подготовительных выработок.

Особенно интенсивное пучение происходит по аргиллитам, как наименее прочным породам с более резко выраженным комковатым сложением. Величина пучения составляет от 0,5 м до 0,30 м за сутки. Наиболее высокие показатели пучения имеют место на участках распространения сланцев мощностью до 0,10-1,0 м (под пластом).

В начале 2014 года шахта готовила к отработке 1 северную лаву пл. Л6 гор. 885 м, поэтому в выработках, оконтуривающих лаву, был выполнен сбор и анализ горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации выработок, а также сбор и систематизация данных об их устойчивости с оценкой основных влияющих факторов.

Первый обследуемый участок – 12 северный вентиляционный штрек пл. Л6 гор. 820 м, который предназначен для отведения исходящей струи воздуха из очистного забоя, доставки материалов и людей в лаву. До пересечения лавой центрального вентиляционного квершлага к8-л6 гор. 820м проводится при помощи комбайна EBZ-160 (длина такого отрезка выработки – 120 м). Крепится металлической арочной крепью АП-3/9,2, шаг установки крепи – 0,8 м. Затяжка – дерево. Проложен рельсовый путь, колея 900 мм.

Второй обследуемый участок – 1 северный конвейерный штрек пл. Л6 гор. 885 м, предназначенный для организации транспорта угля из лавы, подачи свежего воздуха и перемещения людей. Проводится комбайном EBZ-160 по простиранию пласта. При проведении использовалось 2 вида крепи: арочная АП3/13,8 сечением в свету $S_{св} = 12,8 \text{ м}^2$ при ширине в проходке – 5,2 м, высоте в проходке – 3,7 м, затяжка – дерево; овоидная крепь КМП-А3Р2, сечением в свету $S_{св} = 13,3 \text{ м}^2$ при ширине в проходке – 4,7 м, высоте в проходке – 3,9 м, затяжка – дерево.

В ходе общего предварительного обследования выработок, подготавливающих пласт Л6 к отработке, установлено, что в 1 сев. конв. штреке гор. 885 м горное давление проявляется уже сейчас, вне зоны влияния очистных работ, в виде пучения пород почвы, локализованного ближе к центру выработки с некоторой сдвижкой в сторону, противоположную лаве, и боковых смещения в основном со стороны целика (противоположной от столба 1 сев. лавы гор. 820 м-885 м). На участках проявлений боковых смещений замки, как правило, сработаны и имеют нахлест на величину, превышающую паспортные 400 мм. В некоторых случаях на рамах установлен один хомут вместо двух, предусмотренных паспортом.

Анализ информации, полученной от инженерных служб шахты, и результатов визуального обследования выработок, свидетельствует о том, что условия поддержания подготовительных выработок, оконтуривающих 1 сев. лаву пласта Л6 гор. 885 м (12 сев. вент. штрек пл. Л6 гор. 820 м и 1 сев. конв. штрек пл. Л6 гор. 885 м), являются тяжелыми, поскольку:

- при проведении выработок имеет место пучение пород почвы, так как текстура пород в непосредственной почве преимущественно комковатая, нарушена остатками корневой системы («кучерявчик»);
- поскольку нижняя часть непосредственной кровли, контактирующая с угольным пластом от 0,20 м до 0,60 – 0,70 м сложена аргиллитом сильно трещиноватым, перемятым в ос-

новной массе, весьма неустойчивым из-за наличия хорошо выраженных зеркал скольжения и отсутствия связи с вышележащей толщей, выше которого залегает аргиллит слоистый, трещиноватый мощностью от 0,10 м до 0,40 м, с непрочной или отсутствующей спаянностью между слоями, породные обнажения в кровлях проводимых выработок неустойчивы или слабоустойчивы;

- как в породах основной кровли, так и в породах основной почвы имеют место водонасыщенные слои песчаников мощностью 4,50-6,70 м и до 7,0 м соответственно. При водопроявлениях из этих слоев в выработках устойчивость пород в обнажениях еще больше снижается, что приводит к образованию вывалов из кровли на высоту до 1,0 м и более и интенсификации процесса пучения почвы. Такие проявления горного давления наблюдались инженерными службами в ходе проведения как 12 сев. вент. штрека гор. 820 м, так и 1 сев. конв. штрека гор. 885 м, локализованные в основном на сопряжениях, а при проведении наклонного ходка 1 сев. лавы вывалы фиксировались на всем протяжении выработки (см. рис.1). При этом в местах вывалов на штреках (и по всему наклонному ходу) имели место водопроявления.



а)



б)

Рис.1. Место вывала в наклонном ходке 1 северной лавы: а – полость вывала в кровле; б – порода под полостью вывала

На основании анализа горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации, результатов предварительного обследования выработок, данных инженерных служб шахты были разработаны «Временные рекомендации по поддержанию горных выработок, примыкающих к 1 северной лаве пласта L₆ гор.885 м, на основе мероприятий по снижению металлоемкости крепи», которыми предусматривалась установка системы стальных анкеров в непосредственной близости от забоя проводимых выработок в промежутках между стальными рамами штатной крепи (анкерование 1-го уровня), а в качестве средств усиления на участках, испытывающих влияние опорного давления впереди движущегося очистного забоя – установка канатных анкеров длиной 6,0 м с химическим закреплением в скважине (анкерование 2-го уровня).

В частности, система крепления 1 конвейерного штрека пласта L₆ гор. 885 м предусматривалась следующей:

- овоидная крепь КМП АЗР3-13,4 с замком ЗПК с шагом установки 1,0 м;
- в промежутках между рамами по кровле устанавливать в породы кровли пласта семь сталеполимерных анкеров длиной 2,4 м с углом наклона вперед на забой 70-75 градусов с сетчатой затяжкой и подхватом в виде стандартной пластины;
- один канатный глубинный анкер длиной 6,0 м с креплением в скважине на полимерных смолах устанавливать вертикально вверх в породы кровли со смещением от центра выработки поочередно в одну и другую стороны;

– создавать усиленные участки крепи через каждые 20м путем установки двух сталеполлимерных анкеров длиной 2,4 м в породы кровли пласта с наклоном назад под углом 70-75 градусов на четырех рамах овоидной крепи.

– в качестве *крепи усиления* и охраны сопряжения с лавой на участке не менее 20 м впереди лавы (зона активного влияния очистных работ) использовать составные металлические стойки из отрезков спецпрофиля СВП-27 или деревянные стойки диаметром 16-20 мм, установленные с шагом 1,0 м под стальную балку-прогон из профиля СВП-27. Отрезки балки должны быть жестко соединены замками в местах их нахлеста. Должна быть обеспечена жесткая связь между балкой и рамами арочной крепи (рис. 2).



Рис. 2. Пример жесткого соединения балки-прогона из спецпрофиля СВП с рамой стальной крепи

Для реализации паспорта шахтой были приобретены канатные анкеры и комплект химвампул для их фиксации в скважинах. К моменту проведения обследования значительная часть канатных анкеров была установлена. Анализ опыта установки серии канатных анкеров в непосредственной близости от сопряжения с наклонным ходком показал следующее.

Часть установок анкеров оказались неудачными.

Первые попытки установки анкеров были неудачными, поскольку установить канат на полную длину скважины не удалось. Причиной послужило то, что расчет количества ампул для установки одного анкера, был выполнен инженерными службами шахты по методике, предусмотренной для обычных жестких стальных анкеров, т.е. исходя из условия заполнения полимерной смолой всей скважины. Согласно этому расчету, в скважину закладывалось семь ампул: одна быстротвердеющая и шесть стандартных. В результате в процессе введения каната в скважину на качественное перемешивание смолы затрачивалось время, превышающее время схватывания быстротвердеющей ампулы и канат застревал, так и не войдя полностью в скважину. После схватывания быстротвердеющей ампулы извлечь канат уже не представлялось возможным. Затрудняло проведение работ по установке канатных анкеров также и то, что в месте проведения работ сечение выработки под действием горного давления было уменьшено, что значительно усложняло установку бурильного оборудования в удобную позицию для досылания каната в скважину.

Поскольку назначение канатных анкеров – система усиления крепи, работающая как система второго уровня, важным является фиксация каната в замке (в забое скважины) на длине от 1,2 м до 1,6 м в зависимости от длины применяемых химвампул. Для случая шахты им. Д.Ф. Мельникова это обеспечивается установкой трех ампул – двух стандартных и одной быстротвердеющей. Такая схема фиксации канатного анкера также подтверждается успеш-

ным опытом установки канатных анкеров на ряде шахт Украины (в частности, шахта «Комсомольская» ГП «Антрацит», шахта «Степная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», шахта «Добропольская» ОАО «ДТЭК Добропольеуголь» и др.), где фиксация каната в скважине осуществлялась именно таким способом – по схеме «фиксация в замковой части». Последующие канатные анкера в 1 северном конвейерном штреке устанавливались уже по схеме «фиксация в замковой части».

Еще одной причиной неудач при установке канатных анкеров было отклонение от технологии установки анкера из-за неопытности персонала, что приводило к срыву резьбы при создании натяжения анкера, установке анкера без подхватов и т.п. Что же касается фиксации анкеров в скважинах, глубины досылания каната в скважину, то по данным признакам отбраковка этих анкеров не производилась.

Учитывая стратиграфию пород в кровле пласта L6, при установке анкеров, длина которых составляла 6,0 м, всегда происходил выход бурового инструмента в водоносный песчаник. В результате при извлечении штанг из некоторых скважин происходило резкое кратковременное интенсивное выделение воды в виде непрерывных струй, которое затем уменьшалось до незначительного или совсем прекращалось (на разных скважинах по-разному). Такие скважины отбраковывались и анкера в них не устанавливались во избежание некачественной фиксации анкеров в скважинах.

Наблюдение за успешно установленными анкерами (канат дослан в скважину на полную глубину, установлены опорные пластины, опорная гайка навинчена и создано натяжение каната, при бурении скважины водопроявления не наблюдались, скважина была сухой) показало, что спустя 2-3 суток после установки анкеров, что совпало с датой обследования выработки, практически на всех канатах через их концевики, выходящие в выработку, наблюдалось водопроявление в виде просачивания и редкого капежа воды. Вода также просачивалась и из-под некоторых опорных пластин.

Учитывая высокую агрессивность шахтной воды по отношению к металлоконструкциям, появление ее в скважине с анкером может негативно сказаться на долговечности и работоспособности каната, так как агрессивная вода, проникая между прядями каната, будет приводить к его интенсивной коррозии не только по внешним прядям, но и по внутренним, что может вызвать ускоренное снижение сечения проволок каната и снижение его несущей способности. В связи с этим представляется необходимым пересмотр паспорта крепления конвейерного штрека в части переноса места установки канатных анкеров из призабойной части штрека ближе к окну лавы.

В ходе обследования штрека также была осмотрена призабойная часть с целью выяснения возможности установки контурных замерных станций и выбора места их развертывания. Осмотр породных обнажений в призабойной части штрека и непосредственно в забое показал, что породы уже на расстоянии до 1-2 м от груди забоя интенсивно расслоены в бортах выработки, щели между слоями пород значительны (до 10 см), что делает крайне затруднительной установку контурных реперов. Кроме того, системы трещин как в пласте, так и в окружающих породах, направлены в сторону, обратную направлению движения забоя. Такое положение плоскостей ослабления в кровле выработки резко снижает эффективность работы обратнонаправленных анкеров, предусмотренных к установке разработанным паспортом крепления 1 сев. конв. штрека, поскольку они в таком положении устанавливаются согласно направлению систем трещин.

Учитывая объективную информацию, изложенную выше, были внесены следующие изменения в систему крепления 1 конвейерного штрека пласта L6 гор. 885 м:

– шаг установки рамной стальной крепи относительно ранее рекомендованной величины 1,0 м был уменьшен до 0,8 м;

– место установки канатных анкеров длиной 6,0 м перенесено из призабойной части штрека на участок впереди лавы вне зоны опорного давления (ЗОД) на расстоянии от одной до двух длин ЗОД от условной ее границы. Расстояние, на котором проявляется опорное давление, устанавливать по имеющемуся на шахте опыту работы очистных забоев по пласту L6,

либо по результатам наблюдений за развитием горного давления впереди забоя движущейся лавы непосредственно в 1 северном конвейерном штреке. Порядок установки канатных анкеров, шаг между их рядами вдоль выработки и положение канатных анкеров относительно вертикальной оси выработки остался таким же, как и во «Временных рекомендациях...»;

– анкера, которые ранее предусматривалось устанавливать с наклоном назад по отношению к направлению проходки выработки, во избежание их «обыгрывания» и исключения из работы по креплению выработки рекомендовано устанавливать вертикально к поверхности кровли выработки. Протяженность участков установки таких анкеров, длина анкеров и расстояние между этими участками, остались без изменений.

Выводы. В результате выполнения натурального обследования и анализа объективной информации о горно-геологических и горнотехнических условиях по трассам подготовительных выработок 1 северной лавы пласта L6 горизонта 885 м шахты им. Д.Ф. Мельникова установлены факторы, существенно ухудшающие условия эксплуатации этих выработок: неустойчивые и слабоустойчивые породы кровли и почвы, склонность пород к пучению при увлажнении, которое не исключено, так как в кровле и почве залегают пласты обводненного песчаника. Водопроявления, хоть и незначительные, уже имели место в указанных выработках. Увлажнение пород кровли привело к их ослаблению и реализации ряда вывалов.

По результатам анализа исходной информации и предварительного обследования выработок был разработан предварительный временный паспорт крепления 1 северного конвейерного штрека на основе стальных рам из профиля СВП и двухуровневой системы анкеров, который был реализован на экспериментальном участке.

Анализ результатов опытной установки предложенной системы крепления и оценки фактического состояния выработки на экспериментальном участке показали необходимость корректировки предложенной ранее системы крепления целью сохранения ее работоспособности в сложных горно-геологических условиях эксплуатации выработки.

Работы планируется продолжать, для чего требуется дополнительное согласование местоположения экспериментальных участков и развёртывание в них замерных станций. Кроме того, данные мониторинга выработок полученные и проанализированные в результате проведенных мероприятий планируется использовать в дальнейшей работе для создания численных моделей. Они, в свою очередь, в процессе компьютерного моделирования позволят оценить параметры напряженно-деформированного состояния породного массива вокруг выработок в процессе эксплуатации.