

Канд. техн. наук П.Е. Филимонов
(ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»)
д-р техн. наук В.Г. Шевченко
(ИГТМ НАН Украины)

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ГОРНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
РАБОТ ПО ПЕРЕСЕЧЕНИЮ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ 18-м
ЗАПАДНЫМ КОНВЕЙЕРНЫМ ШТРЕКОМ ПЛАСТА m_3
ПАО «ШАХТА ИМ. А.Ф. ЗАСЯДЬКО»**

Викладено основні положення методики проведення гірничо-експериментальних робіт з перетинання геологічних порушень 18-м західним конвеєрним штреком пласта m_3 ПАО «Шахта ім. О.Ф. Засядька».

**METHOD OF CONDUCTING EXPERIMENTAL WORKS OF CROSS
GEOLOGICAL FAULTS 18th WEST CONVEYOR DRIFT m_3 LAYER PJSC
«A.F. ZASYADKO MINE»**

The basic provisions of the methodic of mine-experimental work on the cross of geological faults 18th western conveyor drift m_3 layer PJSC "A.F. Zasyadko mine" is expound.

Согласно программе развития горных работ на шахте им. А.Ф.Засядько в 2008 г. осуществлялось проведение 18-го западного конвейерного штрека пласта m_3 . Угольный пласт m_3 в поле шахты им. А.Ф.Засядько опасен по внезапным выбросам угля и газа, по внезапным выдавливаниям угля, по пыли и суффлярным выделениям метана, склонен к самовозгоранию. Пласт сложного строения, состоит из двух угольных пачек, разделенных прослоем песчаника мощностью 0,04-0,07 м, геологическая мощность пласта 1,70-1,90 м, природная газоносность - 20-22 м³/т.с.б.м, выход летучих веществ V^{daf} - 30,2-35,2%, угол падения пласта изменяется в пределах 5-10°. В кровле пласта залегает аргиллит мощностью 13,15-16,45 м средней крепости ($f=3-5$), выше - алевролит мощностью 2,8-6,2 м. В почве пласта залегает алевролит мощностью 0,0-6,9 м, под ним - аргиллит мощностью 0,0-3,8 м. Проведение 18-го западного конвейерного штрека осуществляется комбайном КСП-32. В интервале ПК36-ПК50 штрек пересекает тектонически нарушенную зону, представленную серией нарушений с амплитудами смещений от 0,3 м до 1,5 м. В качестве противовыбросных мероприятий при проведении выработки применяется гидрорыхление угольного пласта с оперативным управлением процессом гидрорыхления и контролем выбороопасности призабойной части массива по параметрам акустического сигнала, а при неэффективности гидрорыхления предусмотрены буровзрывные работы в режиме сотрясательного взрывания.

Забой 18-го западного конвейерного штрека пл. m_3 приближается к зоне геологических нарушения, при пересечении которых 17-м западным конвейерным штреком произошли газодинамические явления. Первое из них произошло на ПК41+7,5 м при выемке угля комбайном в пологом надвиге с амплитудой смещения пласта 1,5 м и углом падения сместителя около 25°. Выделилось 2600 м³ газа при 20 т разрушенного угля. Оно квалифицировано как внезапный прорыв газа из зоны геологического нарушения вследствие разрушения угольного

пласта и пород кровли и смещения их в горную выработку. Разрушение массива произошло в бок по восстанию пласта.

17-й западный конвейерный штрек до происшедшего ГДЯ проводился с применением текущего прогноза по параметрам акустического сигнала, бурением опережающих скважин для предотвращения внезапных выбросов угля и газа, бурением контрольных скважин длиной 6 м с определением величины зоны разгрузки по параметрам акустического сигнала и динамики скорости газовыделения, определением сорбционных показателей по методике МакНИИ. Перед ГДЯ зафиксирован прогноз «опасно» по параметрам акустического сигнала по большей части опережающих скважин (одновременно с интенсивным выходом буровой мелочи) и по сорбционным показателям угля (давление десорбированного газа до 125 мм рт.ст. при критическом 106 мм рт.ст.).

Второе ГДЯ произошло на ПК44+9,3 м также в геологическом нарушении при выполнении гидрорыхления угольного пласта. Количество выброшенного угля 210 т, при этом выделилось 6500 м³ газа. Зона отмечена прогнозом «опасно» по параметрам акустического сигнала. Гидрорыхление в предыдущем цикле нагнетания воды оценено по параметрам акустического сигнала как эффективное, при этом неснижаемое опережение составляло 4 м.

Решением Минуглепрома Украины предписано ведение горных работ в зоне геологического нарушения на пластах, склонных к ГДЯ, выполнять с применением буровзрывного способа в режиме сотрясательного взрывания до завершения разработки нового отраслевого стандарта.

Особенность ведения подготовительных выработок западного крыла пласта m₃ обусловлена высокой степенью самовозгорания. Применение буровзрывных работ значительно усугубит эту опасность, связанную с образованием зоны повышенной трещиноватости и опасность провоцирования выбросов угля и газа с образованием полостей. Учитывая эти обстоятельства, при проведении 18-го западного конвейерного штрека применялась технология, предотвращающая образование пустот в угольном массиве за крепью. Такая технология разрабатывается для включения в СОУ по пересечению геологических нарушений.

Были определены способы разведки нарушения, прогноза выбороопасности и меры предотвращения ГДЯ. При этом, учитывая решение Минуглепрома при приближении забоя на 5 м к нарушению, его пересечение и отход от него на 5 м рекомендовано осуществлять буровзрывным способом в режиме сотрясательного взрывания. Инкубационный период самовозгорания угля для условий 18-го западного конвейерного штрека пласта m₃, составляет всего 6 суток, за такой короткий промежуток времени невозможно ликвидировать последствия ГДЯ и провести мероприятия, предотвращающие самовозгорания, что грозит возникновением эндогенного пожара и прекращением работ на западном крыле пласта m₃.

Было рекомендовано разработать технологию проведения выработки, включающую образование трещин и пустот в горном массиве за крепью выработки.

Учитывая тот факт, что решение Минуглепрома не только предписывает осуществлять пересечение геологических нарушений буровзрывным способом

в режиме сотрясательного взрывания, но и предполагает разработку нового отраслевого стандарта, регламентирующего в будущем порядок пересечения геологических нарушений, совещание сочло целесообразным использовать 18-й западный конвейерный штрек в качестве экспериментального объекта для получения необходимой информации и разработки технологии пересечения геологических нарушений в условиях, когда буровзрывные работы могут привести к возникновению эндогенных пожаров.

С участием представителей отдела ГДЯ МакНИИ для проведения горно-экспериментальных работ разработана «Методика проведения горно-экспериментальных работ по пересечению геологических нарушений 18-м западным конвейерным штреком пласта m_3 ».

Методика горно-экспериментальных работ включает: порядок подхода к геологическому нарушению; пересечение геологического нарушения; порядок отхода от нарушения.

В качестве объекта исследований выступала часть 18-го западного конвейерного штрека от ПК36 до ПК50, где прогнозировалась встреча, по меньшей мере, двух активных по ГДЯ геологических нарушений.

Порядок подхода к геологическому нарушению следующий. До подхода забоя на расстояние 20 м выработку проводить согласно утвержденному паспорту с прогнозом выбороопасности по параметрам акустического сигнала в соответствии с п.6.3.5 «Правил ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям» (СОУ 10.1.00174088.011-2005) [1] и с гидрорыхлением угольного пласта в соответствии с п.9.1 при контроле эффективности по параметрам акустического сигнала.

Для уточнения места расположения геологического нарушения осуществлять бурение разведочных скважин по мере приближения выработки к зоне нарушения с расстояния не менее 20 м от него по нормали согласно Приложению В «Правил ...» [1].

Схема расположения скважин следующая. Скважина № 1 бурится горизонтально над угольным пластом (50-60 см от верхнего его контакта) в средней части, направленная по нормали к простиранию нарушения. Скважины № 2 и № 3 бурятся горизонтально по угольному пласту с доворотом по нормали к простиранию нарушения, № 2 - в средней части выработки, № 3 - в правом кутке. Длина скважин не менее 20 м, диаметр не более 80 мм, неснижаемое опережение не менее 10 м. Контроль безопасности бурения осуществлять путем поинтервальной регистрации акустического сигнала и его обработки по программе МакНИИ в соответствии с «Руководством по применению способа контроля бурения и оценки эффективности опережающих скважин по параметрам акустического сигнала в условиях АП «Шахта им. А.Ф. Засядько» [2]. Дополнительно на метровых интервалах оценивать объем выхода штыба и заносить данные в наряд-путевку.

Признаком встречи геологического нарушения забоем скважины № 1 служит выход угольного штыба. При бурении по угольному пласту скважин № 2 и № 3 признаком геологического нарушения служат встреча породы за плоскостью сместителя или максимальное значение коэффициентов пригрузки более

2,0 по параметрам акустического сигнала с одновременным (или смещенным на 1-2 интервала) выходом штыба, увеличенным более чем в 5 раз с выходом штыба на первых 3-х интервалах.

Заключение о встрече геологического нарушения оформляется актом, составленным главным геологом шахты, начальником службы прогноза, утвержденным техническим директором и согласованным представителем МакНИИ.

При подходе не ближе 5 м к геологическому нарушению производить укрепление массива кровли путем постановки опережающих анкеров длиной не менее 2,4 м в каждом цикле подвигания забоя.

После укрепления массива не ближе 5 м до нарушения выполнить бурение опережающих скважин длиной не менее 20 м, с неснижаемым опережением 10 м диаметром до 80 мм в количестве 7 шт. Крайние скважины располагать в углах забоя с поворотом в сторону массива, с тем чтобы обработать не менее 2 м угольного пласта за контуром выработки. Контроль безопасности бурения и эффективности скважин осуществлять путем поинтервальной регистрации и обработки акустического сигнала по специальной программе в соответствии с «Руководством...» [2]. При сообщении «опасная ситуация» бурение скважины остановить, пробурить параллельно дополнительную скважину на расстояние до 0,5 м. При заложении скважины учесть смещение пласта в геологическом нарушении. Если скважина встретит породу, ее нужно будет бурить заново после корректировки места заложения и направления бурения.

При бурении скважин оценивать объем выхода штыба. Интервалы бурения, на которых объем выхода штыба в 10 раз превышает расчетный (выход штыба на первых 1-х интервалах скважины) следует считать опасными по выбросам угля и газа, если они образуют (по расстоянию от забоя) единую зону по 3-м и более скважинам.

Оценку эффективности опережающих скважин осуществлять комплексом методов: в процессе бурения опережающих скважин; по параметрам акустического сигнала при работе комбайна по забою; по величине зоны разгрузки, измеренной по динамике газовыделения; по сорбционным показателям угля, определенным по методике МакНИИ.

В процессе бурения опережающих скважин их эффективность оценивается в соответствии с «Руководством...» [2]. Бурение считается эффективным, если среднее значение коэффициента пригрузки по всем скважинам не более 2,5 или если по мере увеличения числа скважин он становятся ниже 2,0.

Прогноз по параметрам акустического сигнала необходимо выполнять в соответствии с п.6.3.5 «Правил...» [1] в каждом цикле выемки угля, равном 0,5 м. Прогноз выбросоопасности вести отдельно по частотным и амплитудным параметрам, при этом выполнить корректировку их критических значений перед входом забоя в зону влияния геологического нарушения.

Величину зону разгрузки определять в соответствии с п.6.3.6 «Правил...» [1], длина контрольных шпуров - 3 м, неснижаемое опережение для расчета безопасной глубины выемки угля - 1,3 м.

Оценку сорбционных показателей угля осуществлять не более чем через 2 м подвигания забоя по давлению десорбированного газа в замкнутом сосуде по

методике МакНИИ. Отбор проб осуществлять с глубины 2 и 3 м по контрольным скважинам для определения величины зоны разгрузки. Критическое значение 106 мм рт.ст.

При прогнозе «опасно» по параметрам акустического сигнала и по сорбционным показателям угля или при величине безопасной глубины выемки угля менее 1 м работы в забое остановить, выполнить бурение опережающих скважин, при их неэффективности, дальнейшее проведение осуществлять в режиме СВ.

При расстоянии до нарушения не менее 5 м выемку горной массы в забое вести по следующей схеме: величина заходки и установки крепи - 0,5 м; выемку начинать с пород почвы и двигаться снизу-вверх по сечению забоя, при этом породы почвы вынимать на 1 м, оставляя неснижаемое опережение 0,5 м; выемку породы почвы под установку крепи осуществлять до завершения выемки угольного пласта, после снятия полосы 0,5 м комбайном по забою не работать.

Порядок пересечения геологического нарушения следующий.

Вскрытие и пересечение геологического нарушения осуществлять с возведением опережающей крепи. Длина анкера для установки опережающей крепи $L=2,4$ м; скважины располагать по бокам и кровле выработки с расстоянием между ними согласно паспорта и углом подъема 45° . Неснижаемое опережение - 1,0 м.

После возведения опережающей крепи при эффективном воздействии опережающих скважин выемку горной массы осуществлять комбайном. При вскрытии и пересечении геологического нарушения буровзрывным способом в режиме отрясательного взрывания осуществлять акустический контроль выбросоопасности по сигналу, возникающему при бурении шпуров, после каждого цикла БВР определять величину зоны разгрузки и безопасную глубину выемки угля и осуществлять прогноз по сорбционным показателям угля для определения выхода забоя из опасной зоны.

При появлении в сечении выработки висячего крыла тектонического нарушения, выполнить бурение опережающих скважин по надвинутой части угольного массива.

Порядок отхода от геологического нарушения следующий.

После вскрытия нарушения и увеличения мощности угольного пласта до максимального значения отход должен составить не менее 5-ти метров от лежащего крыла нарушения.

При отходе от геологического нарушения необходимо применять комплекс следующих мероприятий: бурение опережающих скважин с контролем по параметрам акустического сигнала; контроль выбросоопасности по параметрам акустического сигнала; определение величины зоны разгрузки по газодинамике; определение сорбционных показателей угля.

При прогнозе «опасно» по параметрам акустического сигнала и сорбционным показателям или при безопасной глубине выемки угля менее 1 м необходимо повторить бурение опережающих скважин, при их неэффективности, дальнейшее проведение осуществлять в режиме СВ.

После отхода забоя от максимальной мощности угольного пласта, в геоло-

гическом нарушении на расстояние не менее 5 м и выхода угольного пласта на среднюю его мощность допускается применять гидрорыхление угольного пласта с неснижаемым опережением 4 м до выхода из зоны геологического нарушения.

Обработка акустического сигнала в процессе бурения опережающих скважин, работы комбайна по забою осуществляется в реальном времени на персональном компьютере. Результаты оперативно применяются для решения по использованию дальнейших мероприятий.

Определение величины зоны разгрузки и прогноз по сорбционным показателям угля выполняется непосредственно в забое. Результаты измерений на службе прогноза будут заноситься в журналы. После пересечения первого нарушения, пологого надвига, выполняется обобщение и анализ полного комплекса данных, на основе которого может корректироваться технология разведки и пересечения второго нарушения.

Меры по обеспечению безопасности работающих при выполнении технологических процессов следующие. Предупредительными признаками внезапных выбросов являются: выдавливание или высыпание угля из забоя; удары и трески различной силы и частоты в массиве; отскакивание кусочков угля и шелушение забоя; уменьшение прочности угля; резкое увеличение газовыделения в выработку; зажатие бурового инструмента; выброс штыба и газа при бурении шпуров (скважин).

Все рабочие должны пройти подготовку по специальной программе «Безопасность работ на пластах, подверженных внезапным выбросам угля и газа». Кроме того, эти рабочие должны быть ознакомлены при повторном инструктаже о предупредительных признаках внезапных выбросов и мерах предосторожности при ведении работ.

Если при выемке и погрузке отбитого угля, бурении шпуров или выполнении других работ будут проявляться предупредительные признаки внезапных выбросов угля и газа, работы должны быть прекращены, электроэнергия отключена, а люди выведены на свежую струю воздуха. Ответственный за вывод людей - старший ИТР участка в смене, который обязан сообщить диспетчеру шахты и руководству участка о предупредительных признаках внезапных выбросов и выводе людей.

Возобновление работ разрешается по распоряжению технического директора после обследования забоя и установления безопасной ситуации.

Для производства гидрорыхления у насосной установки, расположенной не ближе 100 м от забоя, должно находиться не более 4 человек (проходчик, электрослесарь, горный мастер прогноза, горный мастер участка).

Установка станка и подготовка его к работе производится в соответствии с заводской инструкцией по эксплуатации. Пульт устанавливается на ранее зачищенной почве в 2-5 м от бурового станка в месте с надежно закрепленной кровлей. Рукава подачи гидравлической жидкости растянуть и подвесить. Тщательно контролировать рабочую зону буровой машины. Удалить детали, находящиеся вблизи машины, которые могут вызывать любые проявления опасности. Перед началом забуривания МБС в точке заложения скважины обирают

породу и делают лунку для забуривания. Забуривание производится долотом диаметром 76-90 мм. До ввода в эксплуатацию станка следует обеспечить отсутствие людей в опасной зоне.

Старт машины можно осуществить только от главного пульта управления. Эксплуатировать машину только тогда, когда имеются все устройства безопасности и защиты и все они являются работоспособными. Не приближаться к буровому лафету, когда работает буровой двигатель (расстояние $l > 1,5$ м) и не находиться напротив скважины.

Обслуживание бурового станка должно производиться не менее чем 3-я рабочими, имеющими право работы на буровых установках в подземных горных выработках.

Возле устья скважины на исходящей струе должен устанавливаться переносной прибор непрерывного действия «Сигнал - 2» контроля содержания метана. При скоплении метана в количестве 2 % и более работы по бурению скважины прекращаются, инструмент извлекается, скважина глушится. Возобновление работ по бурению разрешается при содержании метана 1 %.

При спускоподъемных операциях с бурильным инструментом машинисту все включения и выключения производить по команде первого помощника. Буровой станок должен быть надежно раскреплен и отцентрирован по скважине. Распорные колонки также должны быть надежно раскреплены. Во время бурения постоянно контролировать температуру и уровень гидравлической жидкости в маслобаке. При забуривании инструмент направлять специальным захватом.

Контроль за состоянием техники безопасности при бурении дегазационных скважин возлагается на начальника участка ПРТБ-1 и сменный надзор участка ПРТБ-1. В случае проявления признаков выбросоопасности в районе нарушения и производстве нагнетания запрещается располагать насос и находиться людям на расстоянии ближе 100 от забоя.

Результаты исследований сводятся к следующему.

1. Разработана «Методика проведения горно-экспериментальных работ по пересечению геологических нарушений 18-м западным конвейерным штреком пласта m_3 ».

2. Методика предполагает следующий порядок пересечения геологического нарушения: вскрытие и пересечение геологического нарушения осуществлять с возведением опережающей анкерной крепи; скважины располагаются по бокам и кровле выработки с расстоянием между ними согласно паспорта и углом подъема 45^0 ; после возведения опережающей крепи при эффективном воздействии опережающих скважин выемку горной массы осуществлять комбайном; при вскрытии и пересечении геологического нарушения буровзрывным способом в режиме отрясательного взрывания осуществлять акустический контроль выбросоопасности по сигналу, возникающему при бурении шпуров, после каждого цикла БВР определять величину зоны разгрузки и безопасную глубину выемки угля и осуществлять прогноз по сорбционным показателям угля для определения выхода забоя из опасной зоны. При появлении в сечении выработки висячего крыла тектонического нарушения, выполнить бурение опережаю-

щих скважин по надвинутой части угольного массива.

3. Порядок отхода от геологического нарушения следующий: бурение опережающих скважин с контролем по параметрам акустического сигнала; контроль выбросоопасности по параметрам акустического сигнала; определение величины зоны разгрузки по газодинамике; определение сорбционных показателей угля. После отхода забоя от максимальной мощности угольного пласта, в геологическом нарушении на расстояние не менее 5 м и выхода угольного пласта на среднюю его мощность допускается применять гидрорыхление угольного пласта с неснижаемым опережением 4 м до выхода из зоны геологического нарушения.

4. Опыт применения методики проведения горно-экспериментальных работ по пересечению геологических нарушений 18-м западным конвейерным штреком пласта m_3 позволил разработать стандарт Минуглепрома Украины «Правила пересечения горными выработками зон геологических нарушений на выбросоопасных пластах» [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СОУ 10.1.00174088.011-2005 Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. К., 2005. – 225 с.
2. Руководство по применению способа контроля бурения и оценки эффективности опережающих скважин по параметрам акустического сигнала в условиях АП «Шахта им. А.Ф. Засядько. – Макеевка: МакНИИ, 2005. – 9 с.
3. СОУ-П 10.1.00174088.017:2009 Правила пересечения горными выработками зон геологических нарушений на выбросоопасных пластах. – К., 2009. – 49 с.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
НАПРЯЖЕНИЙ В ПОРОДАХ ПОЧВЫ ОЧИСТНОЙ ВЫРАБОТКИ**

На основі рішення плоскої задачі теорії пружності про напружено-деформований стан анізотропного масиву гірських порід з очисною виробкою досліджено вплив гірничо-геологічних і гірничотехнічних чинників на формування зон розтягуючих і стискаючих напружень у підшві. Встановлено, що на утворення тріщин і спучення порід підшви поблизу забою виробки суттєво впливають кут нашарування анізотропного масиву і кут нахилу пласта, що розроблюється. Показано також, що залишення охоронного цілика перешкоджає формуванню небезпечних областей концентрації напружень поблизу вибою.

**MATHEMATICAL MODELING OF STRESS DISTRIBUTION IN GROUND
ROCKS OF CLEARING FACES**

There is studied effect of mining and geological as well as mining factors on formation of zones of tension stresses and compression stresses in a ground. The effect is based on membrane solution of elasticity theory on stress and strain state of rock mass with a stope. It is identified that angle of anisotropic rock mass and inclination angle of mined bed influence greatly fissuring and of ground rocks upwarning nearby fore-breast. It is also shown that protective pillar left prevents formation of stress concentration danger areas near the stope.

1. Постановка и аналитическое решение задачи.

При разработке угольных пластов лавами в окрестности забоя нередко наблюдаются процессы вспучивания пород почвы и образования в них трещин. В связи с этим возникает необходимость исследования процессов перераспределения напряжений в породах почвы очистной выработки при выемке угля.

Рассмотрим начальную стадию разработки угольного пласта. На рис. 1 изображено вертикальное сечение наклонного пласта полезного ископаемого. Угол наклона пласта к горизонту равен α . Угол ψ фиксирует положение плоскостей изотропии трансверсально-изотропного массива горных пород. Координаты забоев пласта обозначены через $-x_1$ и x_1 . Пусть мощность пласта $2h$, глубина проведения выработки H . Считаем, что на участках $(-x_2^l, -x_1)$ и (x_2^r, x_1) уголь находится в пластическом состоянии.

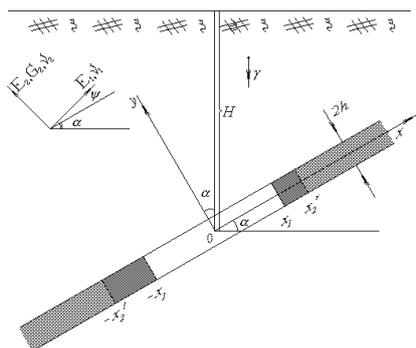


Рис. 1 – Схема разработки пласта полезного ископаемого

Естественное (исходное) напряженное состояние массива обусловлено ве-