

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА АЕРОЛОГІЇ

**ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕЧНОЇ РОЗРОБКИ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНИХ
ПЛАСТІВ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Галузь знань: 0503 Розробка корисних копалин
Напрямок підготовки: 6.050301 «Гірництво»
Спеціальність: 7.05030101 Розробка родовищ та видобування корисних копалин. Охорона праці в гірництві - ОПГ.
8.05030101. Розробка родовищ та видобування корисних копалин. Охорона праці в гірництві – ОПГ
7.05030101 Розробка родовищ та видобування корисних копалин. - РКК.
8.05030101. Розробка родовищ та видобування корисних копалин. - РКК

Розглянуто

на засіданні кафедри
«Охорона праці та аерологія»
протокол № ____ від «____» _____ 2011 р.

Затверджено

на засіданні
навчально-видавничої ради ДонНТУ
протокол №__ від «__» _____ 2011 р.

м. Донецьк – 2011

Курс лекцій з дисципліни «Проблеми безпечної розробки викидонебезпечних пластів» для студентів спеціальності 7.05030101 Розробка родовищ та видобування корисних копалин. Охорона праці в гірництві - ОПГ. 8.05030101. Розробка родовищ та видобування корисних копалин. Охорона праці в гірництві – ОПГ 7.05030101 Розробка родовищ та видобування корисних копалин. - РКК. 8.05030101. Розробка родовищ та видобування корисних копалин. – РКК.

Укладачі: Б.В. Прокопенко, В.В. Яйло – Донецьк, ДонНТУ, 2011 р. – 71 с.

Курс лекцій з дисципліни «ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕЧНОЇ РОЗРОБКИ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПЛАСТИВ» написаний на базі учбової програми, затвердженої міністерством освіти і науки України, відповідно до рішення учбово-видавничої Ради ДонНТУ.

Курс лекцій призначений для студентів спеціальності 7.05030101 Розробка родовищ та видобування корисних копалин. Охорона праці в гірництві - ОПГ. 8.05030101. Розробка родовищ та видобування корисних копалин. Охорона праці в гірництві – ОПГ 7.05030101 Розробка родовищ та видобування корисних копалин. - РКК. 8.05030101. Розробка родовищ та видобування корисних копалин. – РКК.

При вивченні курсу "ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕЧНОЇ РОЗРОБКИ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПЛАСТИВ" конспект лекцій є основним документом, який базується на забезпеченні безпеки, як невід'ємною частиною державної діяльності, що до охорони життя та здоров'я людей, національного багатства і повноцінного природного середовища. Формування знань здійснюються у відповідності до структури навчального плану спеціальності з урахуванням логічного зв'язку у сфері різноманітних навчальних дисциплін.

Відповідальний

за випуск

Ю.Ф.Булгаков, проф., д.т.н.

1 Предотвращение газодинамических явлений

1.1 Общие сведения

Газодинамические явления (ГДЯ), происходящие при строительстве и эксплуатации шахт, оказывают существенное влияние на технологические процессы проведения выработок и добычи угля и являются одним из основных и специфичных факторов смертельного травматизма. Предотвращение газодинамических явлений является самой сложной и до конца не решенной проблемой в угольной промышленности.

Газодинамические явления обусловлены изменением (перераспределением) напряжённо-деформированного и газодинамического состояния угольных пластов и вмещающих пород при ведении горных работ, наличием в пластах и породах газа, особенностями структуры и физико-механических свойств угля и пород и отличаются между собой степенью участия перечисленных факторов в подготовке и протекании явлений. Каждый из этих факторов, в свою очередь, зависит от множества других, менее значимых факторов, которые можно разделить на природные, влияющие на предрасположенность пласта (пород) к газодинамическим явлениям, технологические, отражающие изменение напряженного и газодинамического состояния призабойной части пласта (пород) в процессе его разработки и геомеханические, характеризующие изменение напряженно-деформированного и газодинамического состояния угленосной толщи в зависимости от пространственно-временных соотношений развития горных работ на разрабатываемом и соседних пластах.

Сочетание указанных факторов обуславливают разнообразие газодинамических явлений, к которым согласно «Правилам ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям (СОУ 10.1.00174088.011-2005) относятся внезапные выбросы угля и газа; обрушения (высыпания) угля; выдавливания (отжимы) угля; горные удары; выбросы породы и газа; прорывы газа из почвы выработок. Предложенные МакНИИ классификационные характеристики и признаки газодинамических явлений с некоторой их корректировкой приведены в таблице 1.1, а наиболее характерные случаи их проявления на эскизах рисунка 1.1. Приведенная классификация и признаки газодинамических явлений и др. требует некоторых пояснений и дополнений.

Понятие категории «внезапные» исторически заимствовано и связано с первыми неожиданными и необычными по своей природе явлениями - фактически внезапными выбросами угля и газа, которые у специалистов Франции, Бельгии, Германии и других стран, в том числе России и СССР до 1948 г. характеризовались как внезапные выделения газа.

В настоящее время, несмотря на принятую нормативную терминологию, необходимо четко выделять категорию внезапных газодинамических явлений, под которой следует понимать, что возникновения данного газодинамического явления является неожиданным и не допускается

технологией ведения горных работ, так как практически всегда сопровождается тяжелыми последствиями для работающих. Наиболее же многочисленные выбросы угля и газа при производстве сотрясательного взрывания, безлюдной выемке угля, дистанционном бурении скважин и т. п. фактически не относятся к категории внезапных, так как возможность их возникновения предусматривается (допускается) технологией ведения работ. Эти выбросы угля и газа, особенно многочисленные выбросы при сотрясательном взрывании, сдерживают темпы ведения горных работ, приводят к материальным потерям и затратам на ликвидацию последствий, связаны с осложнениями и ухудшением безопасности труда при переходе полостей выбросов и др., но при соблюдении предусмотренного технологического режима не приводят (не должны приводить) к травматизму.

В этом плане, следует отметить, что до настоящего времени все выбросы пород на шахтах Донбасса происходили только при взрывных работах в режиме сотрясательного взрывания и не сопровождалась травматизмом.

Следует также иметь ввиду, что группу газодинамических явлений, отнесенных к категории внезапных выбросов угля и газа, а также выбросы пород и газа объединяет одинаковый (при выдавливании угля во многом схожий) саморазвивающийся механизм разрушения. По этой причине внезапные обрушения угля не относятся к этой группе, так как основной причиной обрушения (высыпания) угля является несвоевременное или некачественное крепление нависающего газоносного угольного массива.

С некоторой корректировкой формулировки выброс угля и газа можно определить как быстропротекающее разрушение призабойной части пласта, возникающее при перераспределении в ней напряжений, распространяющееся от забоя выработки (скважины) в глубину массива, сопровождающееся отбросом (выбросом), иногда на сотни метров, разгруженного до тонких фракций угля, как правило, содержащих так называемую «бешеную муку», повышенным, по сравнению с обычным газовыделением и образованием в угольном пласте полостей нередко причудливой формы.

Выбросы угля и газа происходят при проходке стволов, вскрытии и пересечении угольных пластов полевыми выработками, в забоях пластовых подготовительных выработок и очистных забоях.

Следует четко уяснить, что в реально выбросоопасных зонах, обусловленных локальной природой выбросоопасностью, выброс угля и газа может произойти при любом воздействии на угольный пласт за пределами (границей) разгруженной и дегазированной призабойной части пласта. По этой причине наиболее высока вероятность возникновения выброса угля и газа при взрывной отбойке угля (сотрясательном взрывании), а также после сотрясательного взрывания при уборке угля и возможном оформлении забоя даже металлической лопатой (что категорически запрещается), при вскрытии пласта, бурении скважин большого диаметра, при широкозахватной или интенсивной выемке угля (например, при струговой выемке пласта

отдельными участками и интенсивному внедрению в пласт), при оформлении (перерезке) углов (кутков) забоя подготовительных выработок, ниши лав пологих и уступов лав крутых пластов.

Таблица 1.1 - Классификационные характеристики и признаки газодинамических явлений

Характеристика явления и его отличительные признаки	Факторы, определяющие развитие явления	Условия возникновения явления	Предупредительные признаки
1	2	3	4
1. Внезапный выброс угля и газа			
<p>Быстропротекающие разрушение призабойной части угольного пласта; отброс угля в выработку на расстояние, превышающее протяженность возможного его размещения под углом естественного откоса; повышенное газовыделение в выработку, при котором относительное газовыделение близко или больше разности между средней природной газоносностью пласта и остаточной газоносностью угля; наличие тонкодисперсной угольной пыли; повреждение крепи и оборудования; воздушного толчка, иногда опрокидывающего вентиляционную струю; звуковых эффектов в массиве.</p> <p>Поражающим фактором является газ и механическое воздействие разрушенного угля.</p>	<p>Газоносность пласта, горное давление и пониженная прочность угля, обусловленная его структурной нарушением.</p>	<p>Пласты с газоносностью более 8м³/т с. б. м и, как правило, сложного строения; зоны геологических нарушений; зоны П/Д от работ соседних пластов; зоны опорного давления от очистных выработок; места вскрытия пластов.</p> <p>Происходит при любом воздействии на пласт: обухом, отбойным молотком, выемки угля комбайнами, стругами, агрегатами, бурении скважин, шпуров, продувке их сжатым воздухом, разрушении углепородного массива взрывным способом, оборки забоя после сотрясательного взрывания, разрушении угольного пласта струями воды и т. п.</p>	<p>Интенсивный отжим (высыпание) угля; звуковые эффекты (удары и трески различной силы и частоты) в массиве; отскакивание кусочков угля и шелушение забоя; вынос газа, штыба и зажатие бурового инструмента при бурении шпуров (скважин); уменьшение прочности угля; усиленное давление на крепь; существенные колебания газовыделения в выработку.</p>
2. Внезапное выдавливание (отжим) угля			
<p>массива в выработку без отброса угля; образование в угольном пласте полости, заполненной разрушенным крупно-кусковым углем, глубина которой меньше ее ширины; наблюдаются пустоты, зияющие трещины, наличие во многих случаях щели между кровлей и пластом с тонкодисперсной угольной пылью на поверхности щели; возможно смещение крепи и механизмов; относительное газовыделение равно или меньше разности между природной газоносностью пласта и остаточной газоносностью отжатого угля.</p> <p>Поражающим фактором является</p>	<p>Горное давление; газоносность и физико-механические свойства угля и пород.</p>	<p>Угольные пласты, сложенные пачками различной прочности; зоны П/Д от работ соседних пластов; зоны влияния геологических нарушений; участки зависания.</p>	<p>Как правило, отсутствуют. В отдельных случаях повышенное давление на призабойную крепь; повышенное газовыделение; звуковые эффекты в массиве; зажатие бурового инструмента</p>

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
3. Внезапное обрушение (высыпание) угля			
<p>Быстропротекающее разрушение массива угля, сопровождающееся выделением газа; полость ориентирована по восстанию пласта; разрушенный уголь располагается под углом, близким к углу естественного откоса; относительное газовыделение равно или меньше разности между природной газоносностью пласта и остаточной газоносностью обрушившегося угля; повреждение крепи незначительное или отсутствует.</p> <p>Поражающим фактором является механическое воздействие разрушенного угля и газ.</p>	<p>Горное давление; гравитационные силы; физико-механические свойства; газоносность угля; некачественное крепление нависающего массива</p>	<p>Крутые и круто наклонные газоносные пласты (или их отдельные пачки) III-V степени тектонической нарушенности; зоны геологических нарушений; зоны ПГД от работ соседних пластов; как правило, происходит при выемке угля.</p>	<p>Интенсивный отжим (высыпание) угля; звуковые эффекты (удары и трески различной силы и частоты) в массиве; откачивание кусочков угля и шелушение забоя; вынос газа, штыба и зажатие бурового инструмента при бурении шпуров (скважин); уменьшение прочности угля; усиленное давление на крепь; существенные колебания газовыделения в выработку при ведении горных работ.</p>
4. Выброс (внезапный выброс) породы и газа			
<p>Быстропротекающее разрушение породного массива; породный массив разрушен за контуром выработки; часть отброшенной породы раздроблена до размеров крупнозернистого песка; образовавшаяся полость оконтурена породой, располывшейся на тонкие чешуеобразные пластинки; повышенное по сравнению с обычным, газовыделением в выработку; воздушный толчок; сотрясение массива; угол откоса меньше естественного</p>	<p>Горное давление; физико-механические свойства; газоносность; минеральный состав; структурно-текстурные и коллекторские свойства пород</p>	<p>Газоносные высокопористые песчаники с пониженной прочностью и влажностью менее 2,5 %.</p> <p>Происходит при проведении подготовительных выработок буровзрывным способом</p>	

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
5. Горный удар			
<p>Мгновенное хрупкое разрушение целлика или краевой части массива угля с отбросом или без выноса угля в выработку; образование или отсутствие полости в зависимости от силы проявления; при образовании полости ширина больше ее глубины; отброс угля на небольшое расстояние; преобладание в разрушенном угле крупных кусков и фракций; наличие щели между угольным пластом и кровлей; нарушение крепи, смещение или повреждение механизмов и оборудования.</p> <p>Явление сопровождается резким или глухим звуком; сотрясением горного массива; образованием пыли и воздушной волны; на газоносных пластах – повышенным, газовыделением, а на крутых газоносных обрушением угля с полутным газовыделением.</p> <p>Поражение людей возможно в результате механического воздействия разрушенного угля или воздушной волны.</p>	<p>Напряженное состояние массива пород, высокие прочностные и деформационные свойства угля и боковых пород.</p>	<p>Пласт (пачка) крепкий, однородный уголь, как правило, не содержит малопрочных прослоек, обладает высокими упругими свойствами; высокая прочность боковых пород; большая мощность основной кровли, склонной зависанию. Отработка оставленных целиков угля; ведение горных работ на ранее выработанное пространство, встречными и догоняющими забоями; проведение выработок в зонах влияния очистных забоев; зоны ПГД от соседних пластов; зоны влияния геологических нарушений; поголкоуступная форма очистного забоя и д.р.</p>	<p>Отскакивание кусочков угля при работе выемочных машин, отбойных молотков; повышенный выход буровой мелочи; наличие в ней крупных фракций; зажатие бурового инструмента при бурении шпуров и скважин.</p>
6. Внезапный прорыв газа из почвы выработки			
<p>Быстропротекающее разрушение пород почвы выработки, сопровождающееся динамическим эффектом, интенсивным выделением газа, иногда с углем, водой; образование зияющих трещин, ориентированных по нормали или под некоторым углом к напластованию пород и, как правило, вдоль линии очистных забоев и продольной оси подготовительных выработок; поднятие (коржение) пород почвы; повышенное выделение газа в горную выработку, иногда с кратковременным опрокидыванием воздушной струи; звуковые эффекты; колебания почвы; возможные повреждения крепи и оборудования.</p> <p>Основными поражающими факторами</p>	<p>Газ, содержащийся в расслоениях между пачками пласта, а также в соседних (до 25 м) пластах и пропластах; пониженная механическая прочность угля и пород в зонах геологических нарушений при высоком давлении свободного газа</p>	<p>Зоны влияния геологических нарушений; наличие пачек тектонически нарушенного угля или пластов, прослойкой угля, углистого сланца, расположенных в почве выработки; наличие труднообрабатываемой кровли; большая площадь обнажения пород почвы; ведение горных работ в зонах ПГД. Обычно проявляется без воздействия на забой</p>	<p>Удары в глубине массива; интенсивное пучение почвы; повышенное давление на крепь</p>

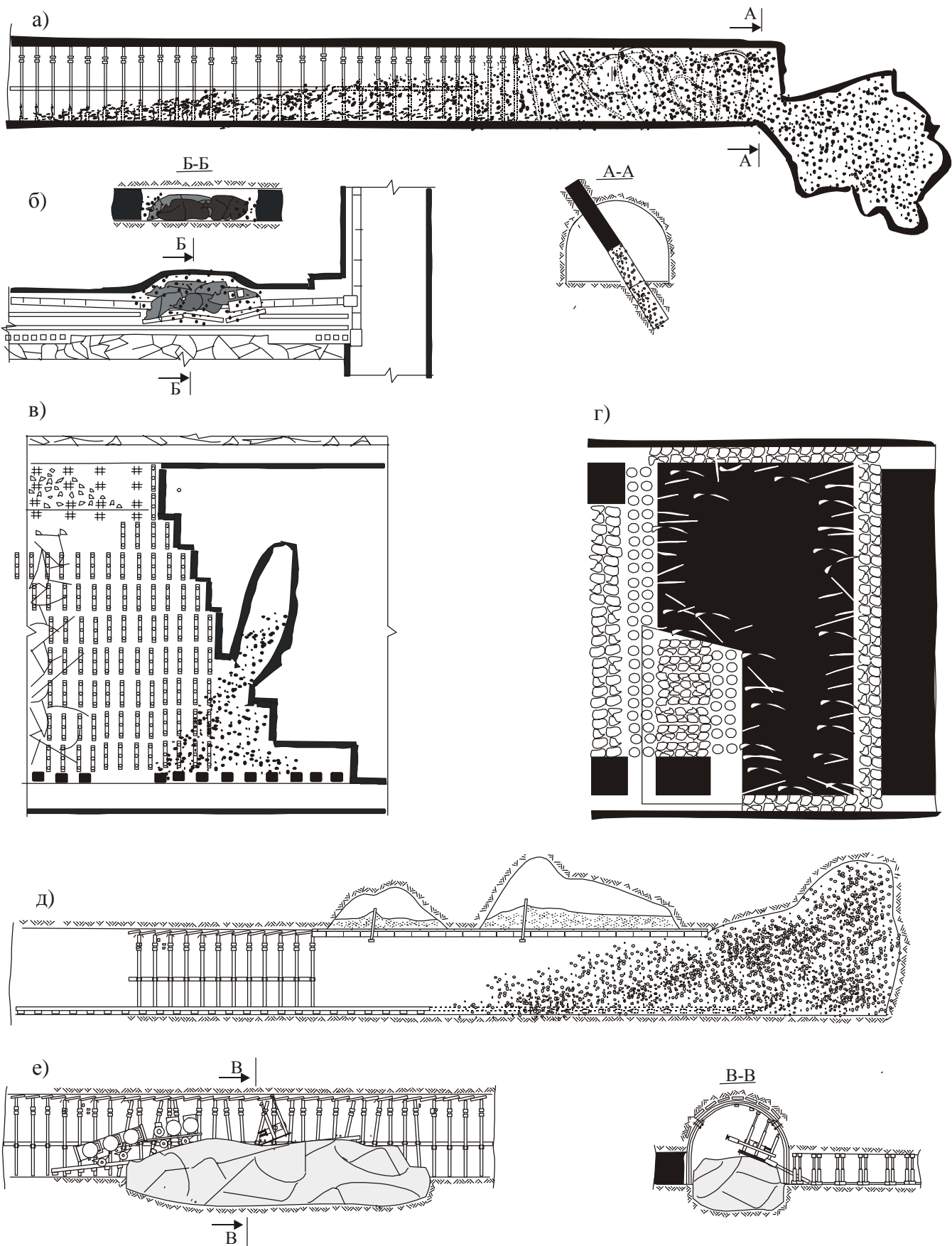


Рисунок 1.1 – Эскизы мест наиболее характерных случаев газодинамических явлений

- а) – внезапный выброс угля и газа в подготовительной выработке крутого пласта; б) – внезапное выдавливание в лаве пологого пласта; в) – внезапное высыпание угля с повышенным газовыделением в лаве крутого пласта; г) - горный удар в целике впереди лавы; д) – выброс породы (песчаника) и газа; е) – внезапное выдавливание пород почвы на сопряжении лавы

Практика показывает, что реально выбросоопасные зоны составляют 1-5% площади шахтопласта. В большинстве случаев выбросоопасные зоны приурочены к так называемым активным геологическим нарушениям с тектонически препарированным углем. Выбросоопасность этих зон возрастает в зонах повышенного горного давления (ПГД) от ведения горных работ на соседних пластах.

Возникновению выброса угля и газа сопутствует обычно воздушный толчок, а протекание его происходит во времени с ориентировочной скоростью разрушения угля примерно 5 т/с. Количество разрушенного и выброшенного угля при выбросе угля и газа оценивается в тоннах и характеризует интенсивность или так называемую силу выброса. Интенсивность (сила) выброса угля и газа изменяется в среднем от 0,5 т до 100-60 т и достигает в лавах 2000 т, - в подготовительных выработках 1600 т. С наибольшей интенсивностью происходят выбросы угля и газа при вскрытии пластов. Так, при максимальном в истории горного дела выбросе угля и газа при вскрытии пласта m_1 «Мазурка» в шахте им. Гагарина ПО «Артемуголь» длительностью 32 с было выброшено 14000 т угля, засыпано 800 м квершлага, из разрушенного угля и стенок полости выброса выделилось (десорбировалось) свыше 250 000 м³ газа.

Последствия выброса угля и газа во многом зависят от его интенсивности. Под действием распространяющегося газугольного потока возможно повреждение и вынос крепи выработок, отброс и деформация вагонеток, перемещение выемочного и проходческого оборудования и др. Выброшенным углем может быть засыпано до несколько сот метров выработки. При этом часть выработки может быть заполнена практически на полное сечение, в остальной ее части уголь располагается на расстоянии и под углом меньше чем возможное его размещение под углом естественного откоса. Возможно опрокидывание вентиляционной струи и загазирование воздухоподающих выработок. Наличие тонкодисперсной угольной пыли, исторически получившее название «бешенная мука», обусловлено спецификой протекания выброса - послойным разрушением угля и «перетиранием» частиц разрушенного угля в газугольном потоке. Отложение на откосе выброшенного угля, крепи, оборудования и т. п. витающей тонкодисперсной угольной пыли (слоем до 1 см) является характерным признаком выброса угля и газа. Характерным признаком выброса угля и газа является образование в угольном пласте полости, как правило, «причудливой» формы.

При выбросах угля и газа наиболее выражены поражающие факторы и последствия газодинамических явлений. Поражающими факторами являются механическое воздействие разрушенного угля, иногда воздушная ударная волна и, главное, удушающее действие выделяющегося газа - гипоксия или кислородное голодание клеток головного мозга при снижении содержания кислорода ниже 16% вследствие замещения кислорода воздуха метаном.

Локальность выбросоопасности шахтопластов и относительная «не мгновенность» возникновения и протекания выброса угля и газа придаёт

особое значение знанию предупредительных признаков внезапных выбросов угля и газа, позволяющему нередко работающим в забое своевременно покинуть его (убежать) и таким образом обеспечить свою безопасность. Из приведенных в таблице 1.1 предупредительных признаков наиболее информативными и однозначно достоверными являются три предупредительных признака:

- выдавливание угля призабойной части пласта, создающее впечатление у работающих, что забой как бы движется на них;

- отскакивание мелких кусочков угля от забоя, создающее впечатление у работающих, что забой как бы шелушится и переливается;

- повышенный выход штыба и газа при бурении скважин (шпуров), приводящий к эффекту как бы напорного выделения из них газоугольной смеси - выдувание штыба.

Выдавливания (отжимы) угля с повышенным газовыделением происходят в основном при механизированной выемке угля в лавах пологих пластов. Классификация выдавливания угля в большинстве случаев не вызывает затруднений. В отличие от выброса угля и газа при выдавливании угля полость ориентирована примерно параллельно линии очистного забоя и глубина ее незначительна (она, как правило, всегда меньше длины и ширины). Выдавливание, так же как и выброс, сопровождается изменением напряженно-деформированного состояния призабойной части пласта. Поэтому выброс небольшой силы при механизированной выемке угля в лаве может привести к выдавливанию угля и, наоборот, выдавливание может сопровождаться выбросом небольшой силы.

При классификации газодинамических явлений в подготовительной выработке пологого пласта осложнения обычно не возникают, полости, как правило, выходят за проектный контур стенки выработки.

Принципиальное значение имеет классификация обрушений (высыпаний) угля на шахтах Центрального района Донбасса, так как неоправданное применение противовыбросных мероприятий может наоборот способствовать склонности пласта к обрушению. Основными отличительными признаками обрушения угля являются ориентация полости в направлении восстания пласта (при этом ширина полости в направлении простирания пласта примерно равна глубине выемки, т. е. 1-2 м) и расположение угля под углом близким к углу естественного откоса. Количественным критерием отнесения газодинамического явления к выбросу или обрушению может быть принято отношение длины выработки $L_{\text{п}}$, заполненное углем на полное сечение к общей длине отброса $L_{\text{о}}$, т. е.

$$V_{\text{г}} = L_{\text{п}} / L_{\text{о}}.$$

В случае $V_{\text{г}} \geq 0,3$ газодинамическое явление следует классифицировать как выброс угля и газа, при $V_{\text{г}} < 0,3$ – как обрушение.

Выбросы породы и газа происходят при вскрытии, пересечении или проведении подготовительных выработок по выбросоопасным песчаникам

(слоям песчаников) и представляют собой, прежде всего технико-экономическую проблему, связанную с затратами на ликвидацию последствий выбросов и сдерживания темпов проведения выработок. Сила выбросов песчаника может изменяться в среднем от 100 т в песчаниках низкой степени опасности до 500 т в песчаниках высокой степени опасности. Технология перехода полостей выбросов предусматривает уборку выброшенной горной массы, возведение, как правило, монолитной железобетонной крепи, перекрывающей полость выброса с последующим тампонажем полости песчано-цементным составом.

Как внезапные выбросы угля и газа, так и горные удары (с английского языка rock burst) могут происходить (и происходят) только, начиная с определенной глубины ведения горных работ, т. е. для того чтобы произошло взрывоподобное, лавинообразное разрушение горного массива, необходимо определенное напряженное состояние, которое чаще всего называют предельным или критическим. В этом главная (природная и технологическая) общность явлений. По месту возникновения горные удары можно разделить на три группы.

К первой относятся горные удары в чистом виде, классические, происходящие в над-, подштрековых и различных других охранных целиках, в том числе оставленных в выработанных пространствах.

Вторая группа горных ударов характеризуется разрушением части угольного (породного) массива не в забое, а на каком-то, иногда значительном расстоянии от него. Например, горным ударом разрушен на протяжении 40-60 м штрек, но в забое угольный пласт остался неразрушенным.

Горные удары этих двух групп объединяет и от выбросов принципиально отличает тот факт, что они непосредственно могут быть не связаны с ведением работ по выемке угля в забое. Разрушение части угольного массива или целиков происходит через довольно продолжительный (иногда весьма значительный) период времени после проведения здесь выработки. На этих участках, если пласт газоносен, должна была произойти его дегазация. Следовательно, с позиций выбросоопасности произошли благоприятные изменения, выброса быть не должно.

К третьей группе относят горные удары, происходящие в действующих забоях и представляющие собой разрушение краевой части пласта. Отличать их от выбросов угля и газа следует с позиций рассмотрения основополагающих факторов, определяющих выбросо- и удароопасность.

Сам факт того, что природная газоносность наряду с напряженностью массива является важнейшим критерием оценки выбросоопасности угольного пласта, и она совершенно не рассматривается при оценке удароопасности, подчеркивает принципиальность различия рассматриваемых двух форм опасных явлений. Важнейший смысл факта заключается в том, что газоносность, участвуя в формировании природной (потенциальной) выбросоопасности, не формирует удароопасность.

Разработка удароопасных пластов с глубины 150 м ведется в соответствии с требованиями Инструкции по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих пласты, склонные к горным ударам.

Внезапные разрушения пород почвы с прорывами метана зарегистрированы практически во всех типах выработок при разработке 22-х угольных пластов (h_{10} , l_2^1 , l_4^1 и др.) на глубинах 930-1150 м. Наиболее часто они происходят на сопряжении подготовительной выработки с выработанным пространством лавы при наличии в почве выработки угольного пласта (пропластка) или прослойка углистого сланца. Внезапным разрушениям пород почвы, как правило, предшествуют глухие удары в надрабываемом массиве. Продолжительность загазирования выработок может изменяться от нескольких часов до нескольких суток. Прогнозирование возможных мест прорывов метана и применение мероприятий по их предупреждению проводится в соответствии с Инструкцией по прогнозу и предупреждению внезапных прорывов метана из почвы горных выработок.

Структура газодинамических явлений на шахтах Донбасса за последние годы приведена в таблице 1.2, из которой следует, что проблема газодинамических явлений фактически сводится к решению проблемы выбросов угля и газа уже более 170 лет решаемой в мировой и отечественной науке и практике угледобычи и в определенной степени выбросам породы и газа.

Таблица 1.2 - Структура газодинамических явлений на шахтах Донбасса

Газодинамические явления	Удельный вес числа газодинамических явлений, %
Выбросы угля и газа при сотрясательном взрывании по уголю	59,3
Выбросы угля и газа при дистанционном управлении	12,3
Выбросы породы (песчаника) угля и газа при сотрясательном взрывании	18,2
Внезапные обрушения угля и газа с повышенным газовыделением	3,2
Внезапные выдавливания угля с повышенным газовыделением	4,3
Внезапные выбросы угля и газа	2,7

Первый внезапный выброс угля и газа зарегистрирован в 1834 г. во Франции на шахте «Исаак» бассейна Лауры. Затем выбросы угля и газа стали происходить почти во всех угледобывающих странах и к настоящему времени они зарегистрированы в Австралии, Болгарии, Бельгии, Германии, Великобритании, Венгрии, Франции, Канаде, КНР, Японии, Мексике, ЮАР, Турции, Чехии, Югославии, Польше, Чехии, Болгарии, Румынии.

В России выброс угля и газа впервые зарегистрирован в Донбассе в 1906 г. на шахте «Новая Смолянка» при вскрытии квершлагом пласта

Смоляниновского на глубине 711 м. В дальнейшем помимо Донбасса выбросы стали происходить в Кузнецком и Карагандинском бассейнах, на Воркутинском, Егоршинском месторождениях, месторождениях Дальнего Востока.

О масштабах проблемы выбросов угля и газа в период послевоенного восстановления и интенсивного развития Донбасса, а также о потенциальной опасности его отдельных геолого-промышленных районов свидетельствуют данные таблицы 1.3.

Таблица 1.3 - Сведения о выбросах угля и газа в Донецком бассейне в 1946-1987 г.

Наименование геолого-промышленных районов	Число внезапных выбросов	Число выбросов при взрывных работах	Всего
Центральный	894	333	1227
Донецко-Макеевский	305	1978	2283
Селезневский	107	67	174
Алмазно-Марьевский	28	28	56
Краснодонский	22	46	66
Торезкий	68	364	452
Хрустальский	65	161	226
Белокалитвенский	44	34	78
Каменский	32	62	94

В эти и последующие годы над проблемой выбросов активно работали практически все отраслевые научно-исследовательские и проектно-конструкторские институты, многие лаборатории академических и кафедры учебных институтов.

Общее руководство проблемой, координацию и контроль за выполнением научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ и ряд других функций возлагалось на Центральную комиссию по борьбе с внезапными выбросами угля, породы и газа, а по Донбассу конкретно на секцию Центральной комиссии по Донецкому бассейну, которая заменена на созданную в 1993 г Центральную комиссию по борьбе с газодинамическими явлениями в шахтах угольной промышленности Украины.

Наибольший вклад в теорию и практику проблемы выбросов внесли ученые: Н.Н. Черницын, Н.П. Соловьев, Л.Д. Шевяков, А.А. Скочинский, В.Б. Комаров, В.Л. Биленко, Л.Н. Быков, И.М. Печук, В.И. Николин, С.Г. Авершин, А.М. Карпов, В.И. Белов, Г.А. Коньков, В.В. Владимирский, И.В. Бобров, В.Л. Божко, В.В. Ходот, В.А. Шатилов, О.И. Чернов, В.Н. Пузырев, А.Е. Ольховиченко, Н.М. Проскуряков, А.Э. Петросян, А.А. Агафонов, А.А. Рубинский и др. При этом следует отметить особую роль проф. Николина В.И., чей вклад фактически во многом определяет современное состояние решения проблемы выбросов угля, породы и газа. Приоритет научных решений отечественных ученых в решении проблемы выбросов является общепризнанным.

Зарубежный опыт разработки выбросоопасных пластов последних десятилетий не обогатился результатами фундаментальных исследований по

вопросам теории и практики проблемы выбросов угля и газа. Решение проблемы выбросов угля и газа в большинстве угледобывающих стран сводилось главным образом к прекращению разработки выбросоопасных пластов. Если это необходимо и позволяют горно-геологические условия традиционно применяется опережающая отработка защитных пластов, сотрясательное взрывание (которое рассматривается как провоцирование выброса угля и газа), дегазацию пласта, бурение так называемых опережающих разгрузочно-дегазирующих скважин.

В Донецком бассейне большинство из этих направлений является проблематичным. Выбросы угля и газа происходят при разработке пластов углей всех марок Д, Г, Ж, К, ОС, Т и А, причем наиболее выбросоопасными являются пласты наиболее ценных коксующих углей. Возможности увеличения объемов применения опережающей отработки защитных пластов практически исчерпаны. Бурение опережающих разгрузочных скважин, хотя и является нормативным способом, практически не применяют из низкой эффективности, обусловленной резким уменьшением их разгружающего действия в реально опасных зонах и высокой вероятности внезапного выброса при бурении – при бурении скважин и шпуров различного технологического назначения произошло 192 внезапных выброса угля и газа.

В последние десятилетия актуальность проблемы выбросов угля и газа в целом несколько снизилась, в основном, по двум причинам. Во-первых, из-за кризисных явлений в угольной промышленности и проводимой реструктуризации шахт существенно сократилось число разрабатываемых выбросоопасных пластов. Во-вторых, все большее подтверждение находит ранее установленная проф. В.И. Николиным закономерность, что выбросоопасность пластов углей одной степени метаморфизма с увеличением глубины разработки вначале возрастает, затем происходит ее закономерное снижение.

Значимость проблемы выбросов пород и газа подтверждает и опыт ведения горных работ в других странах: выбросы соли и газа (Германия, Польша), песчаников, песчано-глинистых сланцев и нефтесодержащих песчаников (Польша, Чехия, Япония), песчано-медистых сланцев и песчаников (Германия). Значительное количество выбросов породы (соли) и газа произошло на Березниковском и Соликамском рудниках (Россия), а также Солигорских рудниках (Белоруссия) на глубинах 400-900 м.

В 1977-1979 гг. впервые в мировой практике произошли выбросы изверженной (не осадочной) породы (термометаморфизованных порфиритов) и газа (углекислого) при проведении в Армении тоннеля Арпа-Севан через Варденийский хребет на глубине около 600 м. Один из первых этих выбросов, при котором погибло девять проходчиков, можно отнести и фактически отнесли по всем критериям (незнания возможности возникновения и последствий этого явления, применение по этой причине огневого взрывания и др.) к категории «внезапных», но последствия одного из последующих выбросов, при котором погибли три инженерно-технических работника,

явились результатом грубейшего нарушения производства взрывных работ в режиме сотрясательного взрывания.

Первые выбросы породы и газа в Донбассе произошли в 50-х годах двадцатого столетия при проведении квершлага в песчаниках шахты «Кочегарка» ПО Артёмуголь на глубине 750 м. По мере развития горных работ на глубинах 700-1300 м и строительстве новых шахт число выбросоопасных слоев и выбросов песчаников в Донбассе непрерывно росло. Особенно актуальным являлось решение проблемы выбросов породы и газа при строительстве шахты «Петровская-Глубокая» (ныне им. А.А. Скочинского), основные капитальные выработки которой были «заложены» проектом в песчаниках, которые или отдельные слои которых оказались выбросоопасными. Из-за необходимости ликвидации последствий выбросов средние темпы проведения выработок составляли 10-15 м. Строительство шахты затянулось на несколько лет.

В настоящее время организационно и во многом технически проблема выбросов пород (песчаников) и газа в Донбассе практически решена. В частности, разработан надежный способ (способы) прогноза выбросоопасности песчаников, в том числе по геологоразведочным данным, позволяющий свести к минимуму проведение выработок по выбросоопасным пластам (слоям) песчаника.

1.2 Современные представления о природе и механизме выбросов угля и газа

Теории (гипотезы) выбросов угля и газа следует рассматривать как совокупность знаний природы формирования выбросоопасности и механизма возникновения и протекания выбросов. Знания о природе выбросоопасности являют собой научную основу разработки способов прогноза выбросоопасности, а знания о механизме возникновения и протекания выбросов - научную основу создания способов предотвращения выбросов.

На третьей Всесоюзной конференции по борьбе с внезапными выбросами (1955 г.) акад. А.А. Скочинский предложил концепцию, согласно которой три фактора в совокупности обуславливают формирование выбросоопасности

$$B = f(\sigma, \chi, M)$$

где σ - напряженность пласта; χ – газоносность пласта; M – физико-механические свойства угля.

Позже в докладе МакНИИ (В.И. Николин) на международном симпозиуме по выбросам угля (породы) и газа (г. Донецк, 1974 г) предложено было считать, что два фактора в совокупности горное давление и физико-механические свойства газоносного пласта формируют потенциальную выбросоопасность. Дальнейшие исследования МакНИИ–ДонНТУ позволили разработать физическую модель выбросоопасного пласта, которая наряду с установленными закономерностями связи выбросоопасности шахтопластов со степенью метаморфизма углей, обоснования единства механизма

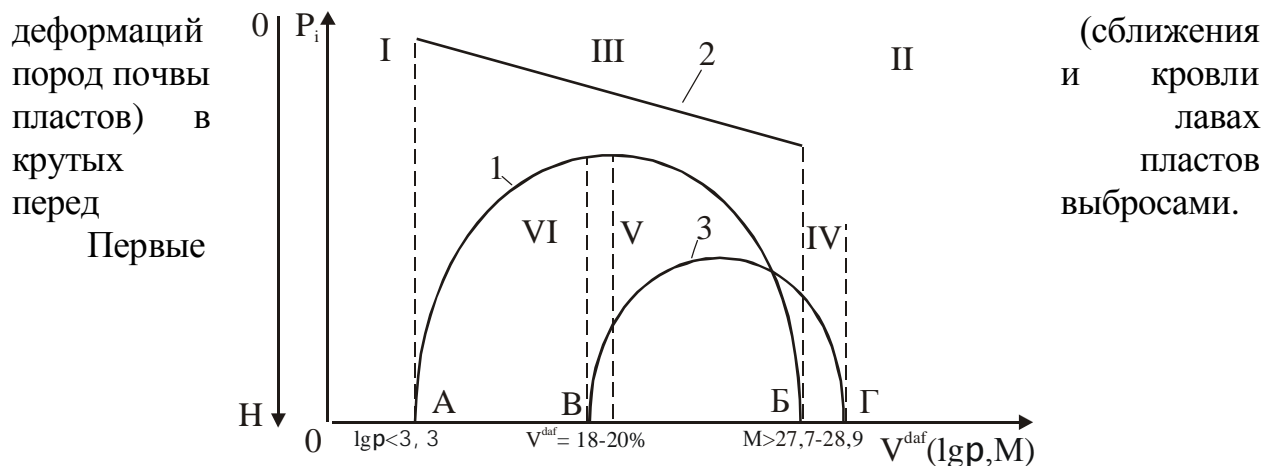
выбросов угля, породы и газа и составляют основу современных представлений о природе формирования выбросоопасности и механизме возникновения и протекания выбросов.

Первоначально физическая модель содержала представление о том, что выбросоопасный угольный пласт - это трещиновато-пористое тело, отдельные структурные блоки которого газонепроницаемы и способны увеличиваться в объёме при увеличении содержания метана (углекислого газа, высших углеводородов и др.). Метан рассматривался как источник дополнительных (внутренних) напряжений или как фактор, обуславливающий такое изменение деформационных свойств газоносного угольного массива, которое существенно увеличивает склонность (способность) его к разрушению при разгрузке.

В дальнейшем были выполнены исследования, направленные не столько на уточнение ранее разработанной физической модели выбросоопасного пласта, сколько на выяснение положений, которые помогли бы понять причины как нулевой проницаемости выбросоопасного массива, локальности выбросоопасности, так и влияния метана на деформационные свойства угольного пласта, его повышенную склонность к разрушению при разгрузке.

Экспериментально было доказано, что аналитическая (материнская) влажность угля в реально выбросоопасных зонах в два раза превосходит аналитическую влажность угля невыбросоопасных зон, т. е. чтобы зона стала выбросоопасной, нужна не только более высокая природная газоносность, но и более высокая материнская влажность угля. На основании результатов экспериментального изучения свойств воды, находящейся в капиллярах (ячейках) размером (диаметром) менее 10^{-7} м был сделан вывод, что, локальность проявления выбросов может быть объяснена с позиций представления состояния метана квазитвёрдым.

Особенностью молекулы воды, отличающую её от всех других твёрдых тел и жидкостей, заключаются в дипольности ее молекул. Вода и метан, находящиеся в капиллярах (ячейках) размером (диаметром) менее 10^{-7} , образуют под действием Ван-дер-Ваальсовых сил на поверхности капилляра молекулярные слои – на стенках вода, внутри метан. Микрополости превращают воду в твердое тело с совершенно аномальными свойствами по сравнению со свойствами воды в макроусловиях. Такая физическая модель выбросоопасного пласта, во-первых, позволяет объяснить локальность выбросоопасности. Молекулы метана, оказавшиеся в «плёну» аномально жёстких дипольных молекул воды, не смогут уравнивать природную газоносность. Во-вторых, она объясняет изменение деформационных характеристик угольного выбросоопасного массива при изменении водо-метаноносности, приводящее к охрупчиванию при разрушении от разгрузки, вследствие увеличения склонности к разрушению от деформаций упругого восстановления, последствия и обратной ползучести, являющихся по своей сущности деформациями растяжения. В третьих, такая трактовка физической модели хорошо объясняет инструментально установленные задержки



доказательства

Рисунок 1.2 - Графики зависимости от степени метаморфизма углей выбросоопасности угольных пластов 1, минимальной глубины первых выбросов 2 и выбросоопасности пластов (слоев) песчаников 3

зависимости

P_i - вероятность возникновения выбросов угля и песчаников; H - глубина разработки; $V^{daf} (lgr, M)$ - показатели степени метаморфизма углей

выбросоопасности от степени метаморфизма углей ($V^{daf}, \%$) основывались на анализе статистических данных и потребовали вскрытия природной сущности этой зависимости.

В целом графическое представление закономерности связи выбросоопасности со степенью метаморфизма углей показано на рисунке 1.2.

Изучение физической сущности зависимости глубины первых выбросов от степени метаморфизма углей позволило установить, что она определяется глубиной зоны газового выветривания. Чем выше степень метаморфизма углей, тем более прочны и менее пористы породы, их вмещающие, а потому меньше глубина зоны газового выветривания, следовательно, глубина, на которой могут происходить первые выбросы.

Природное формирование выбросоопасности угольных пластов закономерно, в параболической зависимости определяется степенью метаморфизма углей. Это доказывается совпадением максимальной вероятности возникновения выбросов соответствующей $V^{daf} = 20\%$ с максимальными (минимальными) значениями основных свойств угля: минимум прочности и пористости углей приходится на $V^{daf} = 20-24\%$; максимум природной газоносности, отнесенной к объёму пор, приходится на $V^{daf} = 20\%$; максимальное давление газа выбросоопасных угольных пластов и максимальное содержание высших углеводородов в составе газов пластов приходится на $V^{daf} = 22\%$.

Рост, а затем, при достижении области $V^{daf} = 20\%$, снижение вероятности возникновения выбросов при разработке выбросоопасных пластов объясняется тем, что физико-химические превращения органических веществ сопровождаются генерированием метана и его гомологов до области $V^{daf} \approx 19-21\%$. В дальнейшем, по мере роста степени метаморфизма углей, метан и его гомологи не генерируются, а «расходятся». Их физико-химическое взаимодействие с углем (органикой и неорганическими соединениями) при наличии материнской влаги, приводит к росту пористости. При этом каменный уголь марок Ж и К из низкопористого и малопрочного превращается в прочный, хотя и высокопористый, практически негазоносный антрацит.

Доказательство того, что имеет место проявление природной закономерности, требовало уточнения степени метаморфизма углей в окрестности предельных точек А и Б на оси абсцисс, соответствующей степени метаморфизма углей, в которых зарождается, а затем и вырождается выбросоопасность (рис. 1.2). Дело в том, что показатель $V^{daf}, \%$ недостаточно надёжно оценивает степень метаморфизма антрацитов при $V^{daf} < 8\%$. а также степень метаморфизма каменных углей при $V^{daf} > 25\%$. Для более надёжной оценки степени метаморфизма антрацитов используется показатель $\lg r$ - логарифм удельного электросопротивления антрацитов. Для каменных углей, когда $V^{daf} > 25\%$ было предложено использовать комплексный критерий метаморфизма

$$M = f(V^{daf}, y), \text{ у.е.},$$

где y - толщина пластического слоя, образующегося при нагревании угля без доступа воздуха, мм.

В точке А на оси абсцисс $l_{gr} = 3,3$, в точке Б - $M = 27,7$ у.е. (рис. 1.2).

Следовательно, если $l_{gr} < 3,3$ и $M > 27,7$ у.е. при разработке угольных пластов выбросоопасность не формируется.

Выбросы песчаников и газа в Донбассе происходят даже в тех геолого-промышленных районах и на тех шахтах, где ранее не происходили выбросы угля и газа. Вместе с тем, комплекс разносторонних лабораторных и шахтных экспериментов позволил отечественным специалистам прийти к выводу о единстве природы выбросов угля и газа, породы (песчаников) и газа.

Первоочередным вопросом здесь являлся вопрос о том, откуда в песчаниках газ. Так, природная газоносность выбросоопасных песчаников составляет в среднем $(2,6 \pm 0,4) 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$, в невыбросоопасных - $(2,6 \pm 0,4) 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$. В поисках доказательного ответа на этот вопрос был выполнен в течение нескольких лет очень значительный объём, иногда неординарных шахтных и лабораторных экспериментов, включающих:

- измерения степени метаморфизма углей пластообразных залежей (пластов), угольных включений и мелкорассеянной органики (размер включений менее 3 мм) в песчаниках, алевролитах и аргиллитах; измерения давления газов в выбросоопасных слоях песчаников и в угольных пластах, залегающих над или - под ними на этом же участке угольно-породного массива;

- измерения давления газов в одних и тех же скважинах, отдельные отрезки которых оказались на участках различной степени выбросоопасности песчаников, и отбор проб в них для измерения содержания различных газов,

- отбор проб газов в угольных пластах и выбросоопасных слоях песчаников для измерения содержания в них метана, высших углеводородов, углекислого газа, гелия и водорода;

- отбор проб водных растворов из угольных пластов и выбросоопасных слоев песчаников, вмещающих эти пласты, для измерения содержания в них оксидов и диоксидов железа, марганца, магния, алюминия и других соединений.

Оказалось, что давление газов в выбросоопасных слоях песчаников достигает 10 МПа и отличается в несколько раз от давления в выбросоопасных угольных пластах; давления газов и их состав в камерах одних и тех же скважин неодинаковы, а содержание газов и состав водных растворов различаются иногда на один и даже на два порядка.

Размеры угольных включений в песчаниках Донбасса изменяются от десятков микрон до десятков сантиметров. Если из крупных включений отбор проб угля для определения V^{daf} (%) не представляет сложности, то степень метаморфизма мелкорассеянной органики можно определить из-за малости навески угля только по данным об отражательной способности витринита. Результаты определения отражательной способности угольных включений размером менее 3 мм в песчаниках привели к выводу, что с уменьшением размеров включений отражательная способность

увеличивается, свидетельствуя о росте темпа метаморфизма органических веществ, т. е. о росте скорости физико-химических превращений.

Полученные результаты позволили следующим образом объяснить, почему становятся возможными выбросы песчаника, происшедшие в геолого-промышленных районах Донбасса, где ранее не происходили выбросы угля и газа.

На стадии метаморфизма угольных пластов, характеризующейся $M > 27,7$ у.е., уровень их газоносности, обусловленный невысокой степенью метаморфизма, недостаточен для возникновения выбросов угля и газа. Но в этих же горно-геологических условиях из-за того, что темп метаморфизма мелкорассеянной органики выше, чем в угольных пластах, создаются условия, в которых метан и его гомологи в песчаниках генерируются интенсивнее. Достигается такой уровень природной газоносности, когда становятся возможными выбросы песчаников и газа. Было установлено, что выбросы песчаников и газа становятся возможными в геолого-промышленных районах, где отражательная способность витринита $R^o > 0,75$ у.е. В пересчёте на комплексный показатель метаморфизма это $M < 28,9$ у.е.

Выбросоопасность песчаников, раньше зарождаясь, раньше природой и устраняется. В геолого-промышленных районах, на шахтах, где степень метаморфизма углей характеризуется $V^{daf} < 18\%$, нет выбросов песчаников и газа. Они возможны (соответственно точки В и Г на рис. 1.2.) в интервале от $V^{daf} > 18\%$ до $M = 28,9$ у.е.

В целом рассмотрение рис 21.2. позволяет детализировать по степени выбросоопасности угольных шахтопластов и слоев песчаников области проявлений потенциальной выбросоопасности. К областям I, II (отсутствие выбросоопасности) и III (возможны выбросы угля) добавляется область IV, в которой не происходят выбросы угля и газа, но происходят и вероятны выбросы песчаников и газа. В области V могут происходить как выбросы угля и газа, так и выбросы песчаника и газа. В области VI могут происходить только выбросы угля и газа.

Обобщённо оценить количественно увеличение темпа метаморфизма, т. е. скорости физико-химических превращений угля пластов и мелкорассеянной органики песчаников, происходившее в течение десятков миллионов лет, можно следующим образом. Точке А на рисунке 21.2 соответствует $I_{gr} = 3,3$; точке В - $V^{daf} = 18\%$; Б - $M = 27,7$ у.е. и Г - $M = 28,9$ у.е. Если исходить из того, что $I_{gr} = 3,3$ примерно соответствует $V^{daf} = 3,5\%$; $M = 27,7$ у.е. - $V^{daf} = 36\%$, а $M = 28,9$ у.е. - $V^{daf} = 39\%$, то для песчаников диапазон начала и прекращения выбросов составит $\Delta V_n^{daf} = 21\%$, а для углей - $\Delta V_y^{daf} = 32,5\%$. Следовательно, для угольных шахтопластов диапазон изменения степени метаморфизма углей от возникновения до прекращения выбросов почти в 1,6 раза больше, чем для песчаников.

Многочисленные определения свойств выбросоопасных и невыбросоопасных песчаников привели к выводу о существовании между

ними других чётко устанавливаемых различий, обусловленных процессами метаморфизма, в том числе, в результате физико-химических превращений органических веществ, содержащихся в песчанике. Выбросоопасные песчаники (слои песчаников) имеют более светлую окраску. Средние значения абсолютной пористости выбросоопасных песчаников колеблется в пределах 6-10%, невыбросоопасных – в пределах 4-7%. Средние значения прочностных и деформационных характеристик для выбросоопасных песчаников составляют: предел прочности на сжатие $\sigma_{сж} = 115$ МПа, на разрыв $\sigma_p = 12,3$ МПа, модуль упругости $E_{y.} = 1,05 \cdot 10^4$ МПа. Для невыбросоопасных песчаников $\sigma_{сж} = 117$ МПа, $\sigma_p = 12,3$ МПа, модуль упругости $E_{y.} = 0,84 \cdot 10^4$ МПа. В опасных зонах выбросоопасные песчаники характеризуется повышенными деформациями разгрузки: относительные деформации в опасных зонах составляют $183 \cdot 10^{-4}$ - $319 \cdot 10^{-4}$, а в неопасных - $29 \cdot 10^{-4}$ - $0,5 \cdot 10^{-4}$.

Первые представления о механизме выбросов угля и газа ещё в начале XX века были заимствованы в тех странах (Франция, Бельгия, Германия), в которых проблема выбросов была изучена наиболее глубоко. Считалось, что выброс зарождается в глубине угольного массива, откуда газом горная масса выбрасывается в выработки. Такое представление сохранялось практически неизменным продолжительное время - до начала пятидесятих годов.

В начале пятидесятих годов акад. С.А. Христиановичем было выполнено математическое описание принципиально нового представления механизма выбросов угля и газа, сущность которого в несколько упрощённом изложении заключалась в следующем. Впереди любого движущегося забоя под действием горного давления возникают (прорастают) микротрещины, параллельные забою. Из угля в микротрещину выделяется (десорбируется) газ и создает в ней какое-то давление. Если энергия газа достигнет предельных значений, достаточных для отрыва пластины угля, находящейся между забоем выработки и микротрещиной, произойдёт отрыв пластины. Он будет сопровождаться возникновением новой микротрещины, выделением в неё газа и т. д. Выброс угля и газа может прекращаться в том случае, если после образования очередной микротрещины запасы энергии сжатого газа окажутся меньше предельных.

Сотрудниками ИГД им. А.А. Скочинского развивающими энергетическую теорию выбросов механизм выброса был представлен почти дословно так: существующая вблизи выработки в массиве горных пород концентрация напряжений может привести в результате действия на забой к внезапному разрушению призабойной части пласта. При условии сообщения зоны разрушающегося угля с атмосферой выработки из измельчённого угля происходит быстрая десорбция находящегося там газа, который, устремляясь в сторону пониженного давления, увлекает за собой угольную мелочь. При наличии достаточно большой зоны раздавленного угля десорбирующийся и расширяющийся газ в состоянии отбросить разрушенный уголь на

значительное расстояние.

МакНИИ – ДонНТУ (В.И. Николин) считая неточным представлением как акад. С.А. Христиановича, так ИГД им. А.А. Скочинского, сформулировал механизм выброса угля (породы) и газа сформулирован следующим образом. Во время отбойки угля (породы) имеет место перераспределение напряжений, сопровождающееся деформациями упругого восстановления, упругого последействия и обратной ползучести в направлении произведённой выемки, являющимися по своей природе деформациями растяжения. Если эти деформации по величине превосходят предельные значения, произойдёт отрыв пластины угля (породы), примыкающей к стенке выемки. Этот отрыв сопровождается новым (очередным) перераспределением напряжений, вновь приводящим к деформациям растяжения и т. д. и т. п. Выброс прекращается по двум причинам:

- очередное перераспределение напряжений сопровождается деформациями растяжения, не превосходящими предельных, т. е. исчерпана природой заложенная (сформированная) выбросоопасность;

- разрушенного угля (породы) в выработке оказалось так много, что теперь она препятствует (не допускает) дальнейшему увеличению объёма самопроизвольно разрушающегося пласта, без которого последующее разрушение становится невозможным.

Роль в сформулированном механизме выбросов метана, высших углеводородов и других веществ, содержащихся в угольном пласте и находящихся в макроусловиях в газообразном состоянии, двояка. Во-первых, наличие их в микропустотности угольного пласта приводит к охрупчиванию угольного пласта - повышению склонности к разрушению его участка, примыкающего к образованной полости, из-за имеющей место разгрузки. Во-вторых, последовательный отрыв пластин газоносного угольного (породного) массива сопровождается выделением в выработку газа и формирование в ней газугольного псевдооживленного потока, движущегося по выработанному пространству забоя и примыкающим выработкам.

1.3 Основные требования и порядок применения комплекса мер при разработке выбросоопасных и угрожаемых шахтопластов

Разрабатываемые угольные шахтопласты подразделяют на невыбросоопасные, угрожаемые и выбросоопасные. В отдельных случаях выделяют особо выбросоопасные шахтопласты или участки.

К выбросоопасным относят пласты в пределах шахтного поля, на которых произошли внезапные выбросы угля и газа, или выбросоопасность которых установлена текущим прогнозом.

К угрожаемым относят пласты в пределах шахтного поля, потенциальная выбросоопасность которых с определенной глубины установлена прогнозом по геологоразведочным данным и разработка которых с этой глубины ведется с текущим прогнозом выбросоопасности.

При этажном способе подготовки шахтного поля границы выбросоопасности устанавливаются с изогипсы, расположенной на 100 м выше первого выброса или опасной зоны, установленной прогнозом и экспертной оценкой, но не ниже отметки вентиляционного (верхнего) штрека. При панельном или погоризонтном способах подготовки шахтопласт считают выбросоопасным с изогипсы, проходящей на расстоянии 100 м по пласту выше отметки первого выброса угля и газа или опасной зоны, установленной прогнозом и экспертной оценкой.

К особо выбросоопасным относят шахтопласты или участки в зонах активных по выбросам тектонических нарушений; в зонах повышенного горного давления (ПГД), осложненных геологическими нарушениями; при переходе створов с краевыми частями целиков или остановленных забоев; на пластах с незащищенной нижней частью этажа.

Перечень и порядок отработки особо выбросоопасных шахтопластов или участков, выбросоопасных, угрожаемых, защитных шахтопластов, выбросоопасных пород и др., ежегодно определяет специальная комиссия.

Для безопасной разработки выбросоопасных и угрожаемых угольных пластов предусматривают следующий комплекс мер.

1. Прогноз выбросоопасности. Необходимость проведения прогноза выбросоопасности обусловлено по сути тремя факторами: различием шахтопластов по степени (категории) выбросоопасности; природной локальностью (зональностью) выбросоопасности пластов; наличием разгруженных и дегазированных участков пластов, примыкающих к ранее отработанным этажам (ярусам) и подготовительным выработкам. Поэтому прогноз выбросоопасности угольных пластов производится практически на всех этапах освоения шахтного поля: при ведении геологоразведочных работ; при вскрытии пластов; при проведении подготовительных выработок и ведении очистных работ.

Разработаны и являются нормативными следующие способы прогноза выбросоопасности.

1. Способ прогноза с использованием геологоразведочных данных (который можно отнести к региональному способу), позволяющий устанавливать выбросоопасность в пределах геолого-промышленного района бассейна или месторождения в целом и относить шахтопласты к невыбросоопасным или с определенной глубины к угрожаемым, разрабатываемым с прогнозом выбросоопасности.

2. Локальный способ прогноза, позволяющий уточнять глубину ведения горных работ, с которой необходимо выполнять текущий (непрерывный по мере подвигания забоя) прогноз выбросоопасности;

3. Способ прогноза выбросоопасности участка шахтопласта в месте пересечения (вскрытия) его полевой выработкой.

4. Способ текущего (непрерывного по мере подвигания забоя) прогноза выбросоопасности призабойной части пласта (выбросоопасных зон) по величине начальной скорости газовыделения из контрольных шпуров.

5. Способ текущего прогноза выбросоопасности призабойной части пласта по акустической эмиссии горного массива.

6. Способы контроля (текущего) выбросоопасности призабойной части пласта в подготовительных и очистных выработках по параметрам акустического сигнала.

7. Способ оценки выбросоопасности зон (участков) шахтопласта, примыкавшей к ранее отработанным этажам (лавам).

2. Опережающую разработку защитных пластов. Применение опережающей разработки защитных пластов является обязательным и первоочередным требованием. По сути, отработка защитных пластов относится к региональному, причем самому эффективному способу предотвращения выбросов. Вскрытие пластов, а также очистные и подготовительные работы в пределах защищенных зон производят без применения прогноза выбросоопасности и способов предотвращения внезапных выбросов угля, породы и газа, а взрывные работы ведут в режиме, предусмотренном для сверхкатегорных по газу шахт. Однако из-за горно-геологических и сложившихся горнотехнических условий в среднем на пологих пластах только 5%, а на крутых только 20% очистных и подготовительных забоев работают под защитой и возможности увеличения защитных пластов практически исчерпаны. Поэтому большинство шахтопластов в свите (свитах) разрабатываются как одиночные с применением всего комплекса противовыбросных мероприятий.

3. Систему разработки и технологию в очистных и подготовительных забоях, снижающих вероятность возникновения выбросов угля и газа. Разработку незащищенных выбросоопасных угольных шахтопластов необходимо производить столбовыми системами. В случаях, когда по горно-геологическим условиям не представляется возможным применить столбовую систему разработки допускается применение сплошной или комбинированной системы разработки. При применении сплошной системы разработки на незащищенных выбросоопасных крутых и крутонаклонных пластах забой откаточного штрека должен опережать очистной забой (считая от первого уступа лавы или нижнего сопряжения лавы со штреком) не менее чем на 100 м. Просеки (нижние печи) должны опережать очистной забой не менее чем на 20 м.

На пологих и наклонных пластах при сплошной системе разработки допускается проведение откаточного (конвейерного) штрека по углю одним забоем с лавой или с опережением не менее 100 м. В отдельных случаях по заключению МакНИИ опережение конвейерного штрека может устанавливаться менее 100 м в зависимости от горнотехнических условий. При этом отбойку угля в опережении осуществляют сотрясательным взрыванием.

Выемку угля в очистных забоях пологих и наклонных выбросоопасных пластов следует производить самозарубывающимися комбайнами или струговыми установками. При отсутствии самозарубывающихся комбайнов выемка угля в нишах производится выбуриванием, отбойными молотками

или сотрясательным взрыванием. Выемку угля узкозахватными комбайнами следует производить по односторонней схеме. Выемка угля по двухсторонней схеме допускается в неопасных зонах, установленных текущим прогнозом, а также в зонах, обработанных способами предотвращения внезапных выбросов с контролем их эффективности.

В исключительных случаях допускается выемка угля широкозахватными комбайнами, а при неустойчивой, легкообрушающейся кровле отбойными молотками по всей длине лавы (или отдельной ее части) с применением специальных мероприятий.

Выемку угля на крутых выбросоопасных шахтопластах необходимо производить лавами по падению с применением щитовых агрегатов, а также лавами по простиранию с применением дистанционно управляемых комбайнов (комбайновая часть лавы при этом должна составлять не менее 80% от общей ее длины) или отбойными молотками.

При потолкоуступной форме очистного забоя расстояние между уступами не должно превышать 3 м для пластов мощностью до 1 м и 4 м для пластов мощностью более 1 м.

Управление кровлей в очистных забоях выбросоопасных шахтопластов должно производиться полным обрушением или полной закладкой выработанного пространства. Способы управлений кровлей плавным опусканием или удержанием на кострах допускаются в исключительных случаях.

Заложение полевых выработок необходимо проводить на расстоянии не менее 5 м от выбросоопасных угольных пластов, считая по нормали. В отдельных случаях по согласованию с МакНИИ допускается заложение полевых выработок на меньшем расстоянии. При этом полевую выработку необходимо проводить с бурением разведочных контрольных скважин через каждые 5 м подвигания. При проведении полевой выработки буровзрывным способом режим сотрясательного взрывания вводят при приближении к пласту на расстояние, равное 3 м по нормали.

Для особо выбросоопасных шахтопластов применяют дополнительные мероприятия (устанавливается скорость подвигания очистных и подготовительных забоев, число циклов выемки, технологические перерывы между производственными процессами, максимальная глубина ниш). Контроль продолжительности технологического перерыва между производственными процессами при струговой выемке угля обеспечивается аппаратурой АКМ с телеметрической регистрацией.

Горные работы в зонах влияния геологических нарушений на пологих выбросоопасных пластах Донбасса осуществляют с применением специальных мероприятий на этапах приближения забоя к геологическому нарушению, пересечения и удаления от него.

4. Способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа.

Незащищенные выбросоопасные угольных шахтопласты должны

отрабатываться с применением прогноза и способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа.

Способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа по определенным признакам разделяются на региональные и локальные. При этом в категории локальных способов, отдельно следует выделять способы предотвращения выбросов угля и газа при вскрытии пластов.

Региональные способы позволяют заблаговременно устранить выбросоопасность участка пласта до начала ведения на нем очистных или подготовительных работ. Кроме опережающей разработки защитных пластов к нормативным региональным способам относятся дегазация угольных пластов и увлажнение угольных пластов через длинные скважины, пробуренные впереди очистного забоя. Достоинством этих и других региональных способов является то, что работы по выполнению способов практически не влияют на ведение горных работ. Основным недостатком региональных способов, который в силу специфики не относится к защитной отработке, является то, что при относительно большой площади обработки пласта не учитывается локальность выбросоопасности.

Локальные способы предназначены для приведения призабойной части угольного массива в невыбросоопасное состояние и осуществляются со стороны очистных или подготовительных забоев. К локальным способам относятся: гидрорыхление, образование разгрузочных пазов и щелей, торпедирование угольного массива, бурение опережающих скважин, гидроотжим пласта. Достоинство локальных способов, - возможность их выполнения в реально выбросоопасных зонах, установленных текущим прогнозом выбросоопасности. Основным недостатком способов является необходимость остановки забоя для их выполнения, как правило, с выделения специальной смены, что сдерживает ведение горных работ.

Способы предотвращения выбросов угля и газа при вскрытии пластов несколько различаются по технологии применения (а отдельные способы и по физической сущности) на способы вскрытия стволами и вскрытия квершлагами и другими полевыми выработками. Вскрытие пласта стволами может осуществляться с бурением дренажных скважин, с возведением каркасной крепи, с гидрорыхлением угольного массива. При вскрытии пласта квершлагами и другими полевыми выработками может применяться бурение дренажных скважин, нагнетание воды в режиме гидрорыхления, возведение каркасной крепи, гидровывывание угля.

5. Контроль эффективности способов предотвращения выбросов угля и газа. Все способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа (кроме опережающей отработке защитных пластов при соблюдении нормативных параметров) подлежат обязательному контролю эффективности устранения выбросоопасности перед началом работ по выемке угля. Контроль эффективности локальных способов предотвращения выбросов угля и газа осуществляется в основном двумя способами.

1. По динамике начальной скорости газовыделения в контрольных шпурах (способ является основным и достаточно простым в исполнении).

2. Определением величины зоны разгрузки призабойной части пласта по параметрам акустического сигнала.

Характерной особенностью способов является то, что в основу способов положено определение размеров безопасной зоны разгрузки призабойной части пласта, являющейся интегральной характеристикой его напряженно-деформированного и газодинамического состояния.

С определенными допущениями к способу контроля эффективности обработанного участка пласта можно отнести оперативное управление интенсивностью технологических процессов.

Специфические методы контроля эффективности имеют региональные способы предотвращения выбросов угля и газа.

6. Мероприятия по обеспечению безопасности работающих. При разработке незащищенных выбросоопасных угольных шахтопластов должны применяться следующие мероприятия по обеспечению безопасности работающих: производство взрывных работ в режиме сотрясательного взрывания; схемы вентиляции, обеспечивающие устойчивое проветривание забоев с подсвежением исходящей из очистного забоя струи воздуха; регламентацию последовательности выполнения технологических процессов и способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа; организацию телеметрического контроля за содержанием метана в очистных и подготовительных забоях; дистанционное управление машинами и механизмами; телефонную связь; устройство индивидуальных и групповых пунктов жизнеобеспечения на случай выброса угля и газа.

1.4 Общая организация работ по борьбе с внезапными выбросами угля, породы и газа

Техническую политику и руководство работами по борьбе с внезапными выбросами угля, породы и газа осуществляют Минуглепром - технические директора (главные инженера) государственных предприятий (компаний, шахтостроительных комбинатов, трестов и т. п) и главного горняка по борьбе с выбросами этих объединений - главные инженеры шахт (шахтостроительных управлений).

Рассмотрение вопросов не предусмотренных «Инструкцией...» осуществляет Центральная комиссия по борьбе с газодинамическими явлениями по представлению технического директора (главного инженера) и заключения МакНИИ.

Разрешение на ведение работ в соответствии с рекомендациями комиссии выдает Госгорпромнадзор.

На шахтах ведение прогноза и контроль эффективности противовыбросных мероприятий осуществляет служба (группа) прогноза участков ВТБ, подчиненная непосредственно главному инженеру шахты. На должность руководителя службы прогноза (заместителя начальника участка ВТБ по прогнозу и контролю за газодинамическими явлениями) назначается лицо с высшим горнотехническим образованием со стажем подземной работы на выбросоопасных пластах, прошедшее обучение в МакНИИ. Основной персонал службы прогноза состоит из прошедших обучение в МакНИИ горных мастеров по прогнозу, а если шахта оборудована сейсмопрогнозом, то из операторов сейсмопрогноза и электрослесарей по обслуживанию оборудования. За службой прогноза приказом по шахте закрепляется геолог.

Способы предотвращения внезапных выбросов угля, породы и газа выполняют участки ПР по ТБ или же эксплуатационные и подготовительные участки, согласно приказу по шахте. Для выполнения локальных способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа и сотрясательного взрыва на шахте выделяется специальная смена.

Проекты строительства и реконструкции шахт и подготовки новых горизонтов с выбросоопасными и угрожаемыми пластами, а также с выбросоопасными породами должны содержать раздел с техническими решениями по предотвращению внезапных выбросов угля, породы и газа согласованным с МакНИИ и НИМИ Украины.

На каждый выбросоопасный и угрожаемый пласт ежегодно составляется Комплекс мер по борьбе с внезапными выбросами угля и газа. На основании комплекса мер для каждой вскрывающей выработки разрабатывается Паспорт вскрытия пласта (пропластка), а на каждую подготовительную или очистную выработку Мероприятия по борьбе с газодинамическими явлениями для включения их в паспорт выемочного участка или паспорт проведения и крепления выработки.

Зоны ПГД от целиков и краевых частей угольного массива соседних пластов и зоны тектонических нарушений указывают на плане горных работ и выкопировке из него, прилагаемой к паспорту выемочного участка и паспорту проведения и крепления выработок.

На участках должен вестись планшет (эскиз) подвигания очистных и подготовительных работ с привязкой их к маркшейдерскому знаку в масштабе 1:200 с несением геометрических параметров прогноза, способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа, контроля их эффективности и др. Служба (группа) прогноза шахты ежедневно согласовывает безопасную глубину выемки в очистных и подготовительных забоях по данным текущего прогноза выбросоопасности или контроля эффективности способов предотвращения внезапных выбросов.

Каждое газодинамическое явление расследуется в установленном порядке. На каждое газодинамическое явление составляется акт по специальной форме и, кроме выбросов при сотрясательном взрывании, карточка регистрации.

Места и дату возникновения выбросов угля и газа наносят на планы горных работ и планшеты, используя обозначение (в красном цвете, относящиеся к категории внезапных, в черном - при сотрясательном взрывании).

Ответственность за обеспечение безопасных условий труда при разработке выбросоопасных угольных пластов возлагается на главного инженера шахты (шахтостроительного управления).

1.5 Способы прогноза выбросоопасности

Прогноз выбросоопасности по геологоразведочным данным.

Прогноз производится геологоразведочными организациями, в том числе по данным геологоразведочных скважин, пробуренных с поверхности.

Шахтопласт относится к невыбросоопасным независимо от глубины разработки и природной газоносности, если комплексный показатель степени метаморфизма $M > 27,7$ у.е. или $I_{gr} < 3,3$, а также, если для углей конкретной степени метаморфизма природная газоносность или глубина разработки меньше значений, указанных в таблице 21.3. Расчет комплексного показателя M производится при $V^{daf} = 9-29\%$ по формуле $M = V^{daf} - 0,16y$, у.е., при $V^{daf} > 29\%$ по формуле $M = [(4V^{daf} - 91)/(y + 2,9) + 24]$, у.е., где y – толщина пластического слоя угля при спекании, мм (для неспекающихся углей $y = 0$).

В остальных случаях с глубины, определяемой данными таблицы 1.4, осуществляется прогноз выбросоопасности шахтопластов.

Таблица 1.4 – Характеристики шахтопластов, определяющие отнесение их к выбросоопасным или неопасным, разрабатываемым с прогнозом выбросоопасности

Выход летучих веществ V^{daf} , %	Предельные значения комплексного показателя степени метаморфизма, M , у.е.	Критическая природная газоносность, $m^3/t.c.b.m.$	Критическая глубина разработки, м
Более 29	26,3-27	8	400
	24,5-26,2	9	380
	23,7-27,6		
9-29	17,6-23,6	11	320
	13,5-17,5	12	270
	$\leq 13,4$	13	230
Менее 9		15	150

Прогноз выбросоопасности участка шахтопласта в месте вскрытия его полевой выработкой. Способ осуществляют работниками службы прогноза шахты при оказании научно-технической помощи МакНИИ. При подходе вскрывающей выработки к пласту или пропластку мощностью не менее 0,2 м, начиная с 10 м по нормали к предполагаемому их залеганию, производится бурение разведочных скважин глубиной не менее 5 м для

уточнения положения пласта (пропластка). На расстоянии не менее 3 м по нормали бурят контрольные скважины (шпуры), в которых с помощью механического газозатвора ЗГ-1 или пневматического типа ПГШ-1 и прибора ПГ-2м измеряют скорость газовыделения q , а с помощью керноборника отбирают пробы угля для определения в МакНИИ крепости угля f и иодного показателя ΔJ .

Ситуация перед вскрытием оценивается как невыбросоопасная, если максимальные значения определяемых показателей одновременно соответствуют выполнению трех условий: $q \leq 2$ л/мин; $\Delta J \leq 3,5$ мг/г; $f \geq 0,6$ у.е. Если хотя бы один из трех показателей не соответствует указанному условию, ситуация считается опасной и вскрытие пласта (пропластка) осуществляется при прогнозе «опасно».

Текущий прогноз выбросоопасности по начальной скорости газовыделения из шпуров. Сущность способа текущего прогноза выбросоопасных зон заключается в следующем. С целью получения исходных данных для текущего прогноза не более чем 25 м от геологического нарушения производят разведочные наблюдения. В подготовительных выработках эти наблюдения включают измерения начальной скорости газовыделения q_n (л/мин) в интервале 3,0-3,5 по длине шпура с помощью прибора ПГ-2МА и газозатворов ЗГ-1 или ПГШ-1, крепости угля f (у.е.) в шпуре глубиной 2 м прибором ПК-1 и общей мощности пласта m (м) в крайних точках забоя в пяти циклах проходки. В очистных выработках измерения проводят в пяти пунктах (шпурах) расположенных равномерно по длине забоя. На участке разведочных наблюдений производят также отбор десяти проб угля для определения объемного выхода летучих веществ угля по массе V^{daf} (%).

На основании обработки результатов разведочных наблюдений получают исходные данные для текущего прогноза: максимальную начальную скорость газовыделения шпуров q_n^{max} (л/мин), средние арифметические значения крепости угля f_{cp} (у.е.) и удельного выхода летучих веществ угля V_{cp}^{daf} (%), а также изменчивость крепости угля V_f (%) и мощности пласта V_m (%).

Если $V_f \leq 20\%$; $V_m \leq 10\%$; $f_{cp} \geq 0,8$ у.е., а q_n^{max} при $V_{cp}^{daf} < 15\%$ менее 5 л/мин; при $V_{cp}^{daf} = 15-20\%$ менее 4,5 л/мин; при $V_{cp}^{daf} = 20-30\%$ менее 4,0 л/мин; при $V_{cp}^{daf} > 30\%$ менее 4,5 л/мин, то делается заключение об отсутствии выбросоопасности пласта на участке разведочных наблюдений и дальнейшее проведение выработки осуществляется с применением текущего прогноза выбросоопасности.

При текущем прогнозе измеряется только начальная скорость газовыделения в интервалах бурения шпуров 1,5-2,0; 2,5-3,0; 3,0-3,5 м. Шпуры бурят через 2 м подвигания подготовительного и 3,2 м очистного забоя, а в нишах лав - через 2 м.

В подготовительной выработке бурят два шпура в 0,5 м от стенок. В очистных забоях на пологих и наклонных пластах шпуры бурят в нишах на расстоянии 0,5 м от кутков, в 5 м от ниш и через 10 м по длине лавы .

Если хотя бы в одном из интервалов бурения шпуров начальная скорость газовыделения больше указанных критических значений или из-за сложных горно-геологических условий нельзя выполнить прогнозирование, то зона относится к опасной по выбросам. В этом случае дальнейшее проведение выработки осуществляется с применением способов предотвращения выбросов угля и газа или сотрясательным взрыванием.

Выход забоя из опасной зоны определяется с помощью контрольных наблюдений, которые проводятся по методике разведочных наблюдений в двух циклах выемки пласта в очистных выработках и в пяти проходческих циклах в подготовительных выработках. При показаниях прогноза «неопасно» способ предотвращения выбросов или сотрясательное взрывание отменяются, и вводится текущий прогноз выбросоопасности.

Текущий прогноз выбросоопасности по сейсмоакустической активности пласта. Сейсмоакустическая активность (шумность) пласта является характеристикой, отражающей изменение напряженно-деформированного состояния призабойной части пласта при ведении горных работ. За сейсмоакустическую активность принимается число естественных сейсмоакустических импульсов (характерных щелчков в звуковом диапазоне), обусловленных трещинообразованием угля при изменении напряженно-деформированного состояния пласта в процессе ведения горных работ и регистрируемых звукоулавливающей аппаратурой в единицу времени.

Для прогноза опасных зон при очистных работах находят значения часовой и среднечасовой шумности. Характерным признаком входа очистного забоя в опасную зону считается устойчивое, не менее двух раз увеличение среднего значения часовой шумности, вычисленное за опорный интервал осреднения, равный 30 часам. Этот признак называется «критерием двух точек». Кроме устойчивого повышения среднего уровня шумности признаком опасности является внезапное возрастание часовой шумности в четыре раза и более по сравнению со средним уровнем шумности. Этот признак называется «критерий критического превышения». Заключение о входе забоя в опасную зону дается, когда хотя бы один из критериев имеет опасные значения. При этом заключение по «критическому превышению» является экстренным и требует немедленного оповещения руководства шахты и участка и прекращения работ по углю.

Регистрацию и замеры сейсмоакустической активности пласта осуществляют с помощью звукоулавливающей аппаратуры типа ЗУА-98 по типовой схеме: сейсмоприемник (геофон), усилитель низкой частоты, высокочастотный преобразователь, канал связи, демодулятор, регистрирующее устройство, магнитофон для контрольной записи активности пласта, одновременное ее прослушивание и регистрацию шумности оператором сейсмопрогноза.

В очистных выработках геофон может быть установлен путем расклинивания в шпуре длиной не менее 4 м, пробуренном по пласту из опережающей выработки или на элементах крепи. При малом радиусе действия геофона устанавливают несколько геофонов одного типа. В подготовительных выработках, проводимых взрывным способом, сейсмоприемник устанавливают на расстоянии 5-20 м от забоя в шпуре длиной не менее 2 м, пробуренном по углю, или в шпуре длиной 1 м, пробуренного по породе. В выработках, проводимых комбайнами, расстояние от забоя до шпура должно быть 20-40 м.

Способы контроля выбросоопасности призабойной части пласта по параметрам акустического сигнала. Способы текущего контроля выбросоопасности призабойной части пласта в подготовительных и в очистных выработках по параметрам акустического сигнала регламентированы соответствующими Руководствами по применению на шахтах Донбасса акустических способов контроля состояния призабойной части выбросоопасного пласта по параметрам акустического сигнала и основаны на зависимости параметров акустического сигнала, возникающего при воздействии на угольный пласт проходческого или добычного оборудования, от напряженно-деформированного состояния пласта. Способы предназначены для выявления опасных по выбросам угля и газа зон в очистных и подготовительных выработках выбросоопасных или угрожаемых угольных пластов пологого и крутого падения и предусматривают регистрацию, передачу на поверхность акустического сигнала и его обработку в реальном времени на персональном компьютере.

В качестве специальных средств для реализации способов используются: система регистрации акустического сигнала и передачи его по линиям связи на поверхность (типа АПСС); персональный компьютер, совместимый с IBM; программа МакНИИ обработки и анализа акустического сигнала.

Для регистрации акустического сигнала при проведении подготовительных выработок устанавливается два сейсмоприемника (подземные блоки АПСС): один на расстоянии 5-10 м второй, (рабочий), на расстоянии 15-40 м от забоя, который подключается к аппаратуре АПСС. После подвигания забоя на 10-20 м АПСС подключается на первый сейсмоприемник, который становится рабочим, а второй устанавливается в 5-10 м от забоя. Допускается установка одного сейсмоприемника на расстоянии 15-20 м от забоя и его перенос на это же расстояние при подвигании забоя на 15-20 м.

Для регистрации акустического сигнала в очистных забоях сейсмоприемник устанавливается: при столбовой системе разработки - в вентиляционном и конвейерном штреках впереди забоя на расстоянии 15-40 м; при сплошной системе разработки - в двух штреках на расстоянии 10-30 м позади линии забоя; при смешанной системе разработки один сейсмоприемник устанавливается в опережающем штреке впереди забоя аналогично столбовой системе, а второй – аналогично сплошной системе разработки. При ведении очистных работ на расстоянии до 10 м от ранее отработанных лав и при длине

очистного забоя до 120 м допускается установка одного сейсмоприемника в конвейерном штреке.

Сейсмоприемник устанавливается путем расклинивания в шпуре диаметром не менее 42 мм, расположенном в угле или вмещающих его породах, на глубине 0,3-1,0 м. Допускается установка сейсмоприемника на элементах крепи, если обеспечивается его надежный контакт с массивом.

При контроле выбросоопасности прогностическими параметрами акустического сигнала могут быть: частота максимальной амплитуды, нижняя и верхняя границы частоты при среднем уровне амплитуд и при повторном осреднении, амплитуды высокочастотной и низкочастотной составляющих. Коэффициент выбросоопасности, равный отношению последних, используется для качественной оценки выбросоопасности в забое. Для вычисления низкочастотной и высокочастотной составляющих устанавливаются нижняя и верхняя рабочие частоты, которые принимаются близкими значениям нижней и верхней границ повторного осреднения амплитудного спектра.

Контроль выбросоопасности осуществляется: на угрожаемых и выбросоопасных пластах одновременно по четырем параметрам, на особо опасных пластах и участках отдельно по двум парам параметров. Как правило, одну пару составляют низко- и высокочастотные составляющие (A_n и A_v), а вторую пару - нижние границы средних амплитуд (f_n и f_n^1).

Для определения критических значений прогностических параметров предварительно проводят разведочные наблюдения в 30 циклах в неопасной по выбросам зоне, установленной другим способом прогноза, или в зоне, обработанной противовыбросными мероприятиями. Критические значения параметров автоматически вычисляются в программе анализа базы данных, они равны средним по выборке значениям, увеличенным (а для низкочастотной составляющей уменьшенным) на 1,5 среднеквадратического отклонения.

Контроль выбросоопасности осуществляется автоматически отдельно для каждого канала регистрации путем сопоставления текущих значений прогностических параметров с их критическими значениями. В качестве текущих значений используются средние по всему циклу наблюдений (цикл выемки угля в подготовительном забое, снятие полосы угля в очистном забое, в нише и т. п.) отдельно для каждого канала регистрации.

При прогнозе «неопасно» безопасная глубина выемки равна величине подвигания забоя в цикле. Результаты прогноза распространяются на следующий цикл подвигания забоя, равный предыдущему выемочному циклу.

Прогноз «опасно» выдается компьютером, если текущие значения для низкочастотной составляющей опустятся ниже критического уровня, а для всех остальных превысят критический уровень.

При получении прогноза «опасно» оператор сообщает об этом в забой и горному диспетчеру шахты. Дальнейшее проведение выработки (выемка угля) осуществляется после выполнения противовыбросных мероприятий и

контроля их эффективности или буровзрывным способом в режиме сотрясательного взрывания.

Выход из опасной зоны осуществляется после получения прогноза «неопасно» и подвигания забоя в неопасной зоне на шесть циклов (зона запаса).

В очистных забоях нередко весьма важным является уточнение границ опасной зоны по длине лавы. Для этого применяют одним из следующих способов.

Первый способ - путем интерполяции по длине забоя значений коэффициента выбросоопасности K_B во временных интервалах и определение положения интервала с максимальным значением K_B по формуле

$$C_M = C_H + (C_K - C_H) n/N,$$

где C_M - номер секции крепи с максимальным значением K_B ; C_H - номер секции крепи начала движения комбайна; C_K - номер секции крепи остановки комбайна; N - общее количество набранных интервалов K_B ; n - номер интервала с максимальным значением K_B .

Границами участков возможного проявления выбросоопасности будут минимумы, расположенные с двух сторон от зоны максимального значения коэффициента выбросоопасности.

Этот способ применяют при регистрации и обработке сигнала, соответствующей равномерному движению комбайна по забою, или при наличии у оператора непрерывной информации о положении комбайна.

Второй способ заключается в определении состояния массива путем его импульсного возбуждения, регистрации и обработки акустического сигнала в пунктах наблюдений, которые располагаются с шагом 10-20 м по всей длине забоя. На каждом пункте сейсмоприемник устанавливается в кровле, по обе стороны от сейсмоприемника на расстоянии 2-3 м наносят серии из 5-7 ударов по кровле. Акустический сигнал от импульсного возбуждения массива обрабатывается на компьютере по программам МакНИИ. В результате обработки для каждого пункта наблюдений вычисляется коэффициент выбросоопасности. Участок возможного проявления выбросоопасности включает зону максимального значения коэффициента выбросоопасности и обрамляющие ее с двух сторон минимумы.

Третий способ - путем бурения по всему забою шагом 10 м контрольных шпуров и определения величины зоны разгрузки призабойной части пласта по динамике начальной скорости газовыделения.

Способ оценки выбросоопасности зон (участков) шахтопласта, примыкавшей к ранее отработанным этажам (лавам). Практика показывает, что на участке лавы, примыкающей к ранее отработанным этажам, выбросоопасность отсутствует. С позиций физического смысла разгрузка и дегазация участка пласта в верхней части этажа определяется процессами обрушения и сдвигания вмещающих пород в результате отработки запасов предыдущего этажа. Эти процессы зависят от глубины

разработки пласта и протекают во времени. Поэтому верхнюю часть этажа, примыкающую к выработанному пространству предыдущих этажей, допускается разрабатывать как в невыбросоопасной зоне на участках, размеры которых по падению (L_p , м) определяют в зависимости от глубины верхней части (очередного) этажа (H , м) и времени (T , лет), прошедшего отработки запасов предыдущего этажа

$$L_{p1} = 17,2 - \frac{10}{T} \dots \text{для} \dots H \leq 800 \text{ м,}$$

$$L_{p2} = 29,3 - \frac{19,4}{T} \dots \text{для} \dots H > 800 \text{ м.}$$

По мере подвигания лавы на участке L_p противовыбросные мероприятия отменяются (кроме зон ПГД) и вводится контроль размера зоны разгрузки по динамике газовыделения.

Оперативное управление интенсивностью технологических процессов. Оперативное управление интенсивностью технологических процессов может применяться в очистных забоях с комбайновой, щитовой и струговой технологией выемки, а также в нарезных и подготовительных выработках и заключается в изменение режима технологического воздействия на пласт в соответствии с результатами контроля акустической эмиссии (АЭ) горного массива аппаратурой ЗУА. Основным информативным признаком при управлении интенсивностью выемки угля являются часовая и десятиминутная активности сейсмоакустической эмиссии. Для осуществления оперативного управления при использовании в забое пневматической энергии организуют прямую громкоговорящую связь между оператором группы сеймопрогноза и машинистом, управляющим механизмом. При использовании в забое электроэнергии организуют прямую телефонную связь с диспетчером (начальником смены), который снимает напряжение с управляемого механизма путем дистанционного (с помощью аппаратуры ТУ-ТС) отключения электроэнергии с поверхности. Команда оператора должна быть выполнена в течение 2 мин. Разрешение на возобновление выемки может быть дано после начала нового часового интервала определения активности акустической эмиссии, но не ранее, чем через время последствия процесса (предварительно установленное время реакции пласта на прекращение работ), если активность не достигла критического значения.

1.6 Опережающая отработка защитных пластов

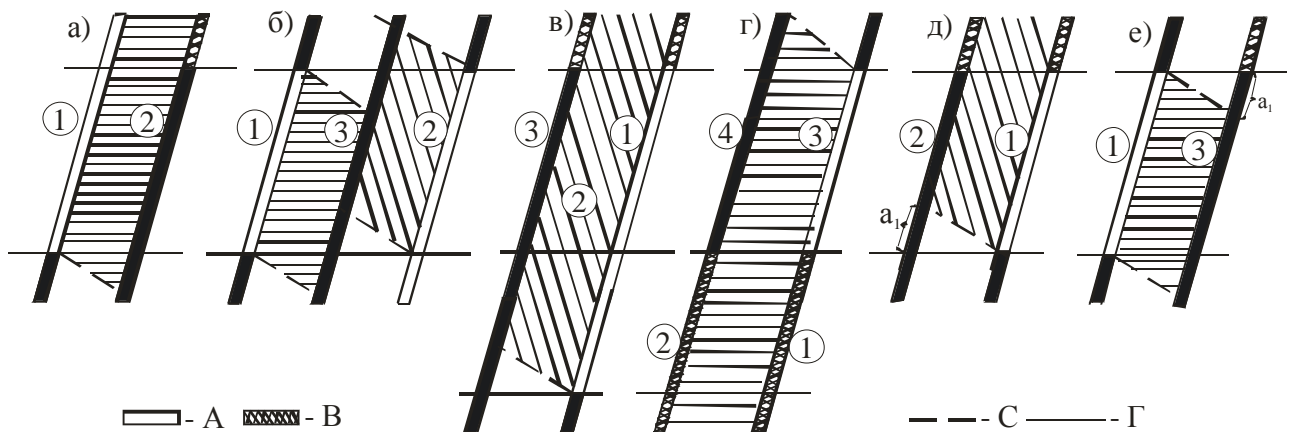
Защитным считается такой пласт (пропласток, слой породы), опережающая разработка которого обеспечивает полную безопасность в отношении внезапных выбросов на защищаемом пласте свиты или частичную разгрузку от горного давления, облегчающую выполнение других способов борьбы с внезапными выбросами регионального или локального

характера. Защите подлежат угольные пласты, опасные и угрожаемые по внезапным выбросам угля и газа, пласты (слои) выбросоопасных песчаников, по которым проводятся горные выработки.

Механизм защитного действия заключается в том, что по мере отработки защитного пласта вслед за выемкой угля развиваются деформации упругого восстановления, упругого последействия и обратной ползучести вмещающих пород, сопровождающиеся расслоением (обрушением) пород кровли и приводящие к изменению напряженного состояния горного массива, в том числе находящихся в зоне влияния угольных пластов. Если разработка защитного пласта приведет к такому изменению напряженности находящегося в зоне влияния защищаемого выбросоопасного пласта, которое обеспечит рост газопроницаемости и, как следствие, эффективную дегазацию, выбросы угля и газа будут предотвращены.

Защитные могут быть не только угольные пласты, но и пропластки и породные слои. Если все пласты в свите потенциально выбросоопасные, то в качестве защитного принимается пласт наименее опасный и наиболее перспективный с точки зрения защиты, обрабатываемый как одиночный с применением необходимого комплекса противовыбросных мероприятий.

Отработку защитного пласта необходимо производить без оставления целиков и участков угольного массива в выработанном пространстве. В случае оставления целиков обязательным является нанесение их и зон ПГД от них на планы горных работ.



Пласты в свите могут разрабатываться в нисходящем, восходящем и смешанном порядках. Порядок разработки пластов в свите выбирают с таким расчетом, чтобы обеспечить эффективной защитой наибольшее число выбросоопасных и угрожаемых пластов (рис. 1.3).

Рисунок 1.3 – Основные схемы использования защитных пластов

А – очистная выработка на защитном пласте; В – выработанное пространство на отработанных горизонтах; С – границы защиты; Г – отметка горизонта; a_1 – незащищенный участок; 1, 2, 3, 4 – порядок отработки пластов и этажей

Защита пластов в пределах всего этажа (полная защита) обеспечивается надработкой при условии, что защитный пласт отработан на вышележащем

горизонте (рис. 1.3, а); двойной защитой (рис. 1.3, б); подработкой при условии, что защитный пласт отрабатывают с опережением на один этаж и более (рис. 1.3, в); восходящим порядком отработки этажей и пластов (рис. 1.3, г). В остальных случаях защита на всю высоту этажа не обеспечивается (рис. 1.3, д, е).

Участки a_1 , характеризуются повышенной опасностью по внезапным выбросам, в особенности в ситуации, показанной на рис. 1.3, д. На крутых пластах запрещается ведение горных работ в незащищенной части этажа (частичной защиты) по схеме рисунка 1.3, д, кроме следующих случаев: выемку угля производят столбами по падению с помощью щитов агрегатов при полевой подготовке выемочных столбов; лава работает по безмагазинной схеме, запасные выходы на откаточный штрек оборудуют в выработанном пространстве, а выемка угля комбайном производят без присутствия людей в забое; выемку угля производят в пределах защищенной зоны через гезенки, проведенные с полевого откаточного штрека или откаточного штрека нижележащего пласта.

Изменения напряженного состояния горного массива, прослеживаются на более значительное расстояние над защитным пластом, чем под ним. Минимально допустимую мощность h_{\min} междупластья при подработке, с точки зрения технологической возможности последующей разработки опасного по выбросам пласта, определяется по формулам

$$\begin{aligned} h_{\min} &\geq K_r m \cos \alpha && \text{при } \alpha < 60^\circ; \\ h_{\min} &\geq K_r m \sin \alpha / 2 && \text{при } \alpha \geq 60^\circ, \end{aligned}$$

где m - мощность защитного пласта (слоя), м; α - угол падения, град; K_r - коэффициент, учитывающий геологические и горно-технические условия разработки защитного пласта ($K_r = 4$ при разработке защитного пласта с закладкой выработанного пространства; $K_r = 6$ при разработке тонких и средней мощности пластов с полным обрушением кровли; $K_r = 8$ при разработке мощного пласта щитовой системой с обрушением кровли при интенсивном перепуске пород с вышележащего горизонта; $K_r = 10$ при разработке мощного пласта длинными столбами по простиранию или щитовой системой с обрушением кровли при затрудненном перепуске пород с вышележащего горизонта).

Для построения границ защищенных зон, в соответствии со схемами, показанными на рисунках 1.4 и 1.5, необходимо располагать следующими исходными данными: H – расстояние от дневной поверхности до нижней отметки очистной выработки защитного пласта, м; h_1 и h_2 – мощность пород междупластья над и под защитным пластом; η – содержание песчаников в составе междупластья, %; a и b – размеры выработанного пространства на защитном пласте соответственно по падению и простиранию.

Влияние способа управления кровлей учитывается введением понятия эффективной мощности защитного пласта, при полном обрушении

$$m_{\text{эф}} = m, \text{ м,}$$

а в случае применения закладки выработанного пространства

$$m_{\text{эф}} = K_3 m, \text{ м,}$$

где K_3 - коэффициент, учитывающий компрессионные свойства закладочного материала ($K_3 = 0,2$ при гидравлической закладке, $K_3 = 0,3$ при других видах закладки).

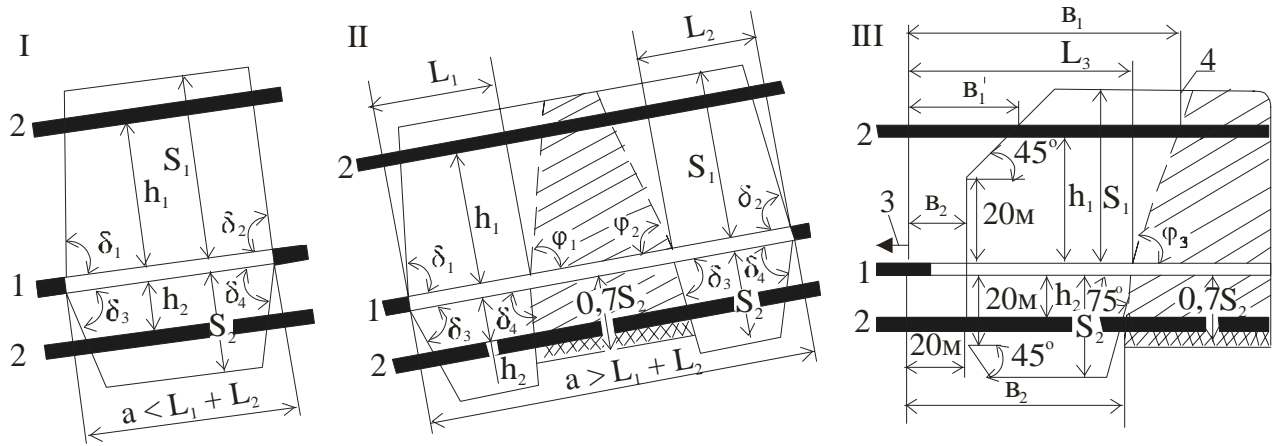


Рисунок 1.4 – Схема к построению защищенной зоны при отработке защитного пласта столбами по простиранью

I – сечение вкрест простиранью при $a < L_1 + L_2$; II – тоже при $a > L_1 + L_2$; III – сечение по простиранью; 1 – защитный пласт; 2 – защищаемый пласт; 3 – направление подвигания очистного забоя защитного пласта; \square - защищенная зона; /// - область восстановления опасных нагрузок; xxxxxx - незащищенный участок

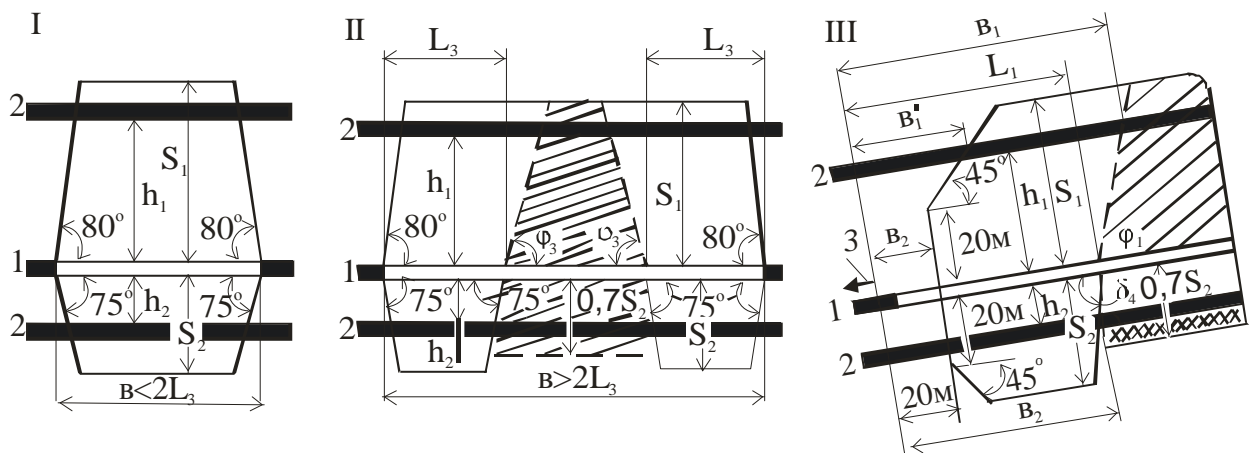


Рисунок 1.5 – Схема к построению защищенной зоны при отработке защитного пласта столбами по падению

I – сечение по простиранью при $b < 2L_3$; II – тоже при $b > 2L_3$; III – сечение вкрест простиранью; 1 – защитный пласт; 2 – защищаемый пласт; 3 – направление подвигания очистного забоя защитного пласта; \square - защищенная зона; /// - область восстановления опасных нагрузок; xxxxxx - незащищенный участок

Для пластов крутого падения принимают $K_3 = 0,35$ - при гидрозакладке, $K_3 = 0,45$ - при других видах закладки, $K = 0,7$ - при управлении кровлей удержанием на кострах, $K_3 = 1$ - при управлении кровлей полным обрушением или плавным опусканием.

Размеры защищенной зоны в кровлю (над пластом) S_1 и в почву (под пластом) S_2 определяют по схемам рисунков 1.4 и 1.5.

Расчет производят по формулам

$$S_1 = \beta_1 \beta_2 S_1^1 \text{ и } S_2 = \beta_1 \beta_2 S_2^1, \text{ м,}$$

где значения S_1^1 и S_2^1 берут из таблиц 1.5 и 1.6.

Таблица 1.5 - Значения S_1^1 для различных глубин разработки

Глубина работ Н, м	Значения S_1^1 , м							
	Наименьший размер а или в выработки в плане, м							
	50	75	100	125	150	175	200	≥250
300	70	100	125	148	172	190	205	220
400	58	85	112	134	155	170	182	194
500	50	75	100	120	142	154	164	174
600	45	67	90	109	126	138	146	155
800	33	54	73	90	103	117	127	135
1000	27	41	57	71	88	100	114	122
1200	24	37	50	63	80	92	104	113

Таблица 1.6 - Значения S_2^1 для различных глубин разработки

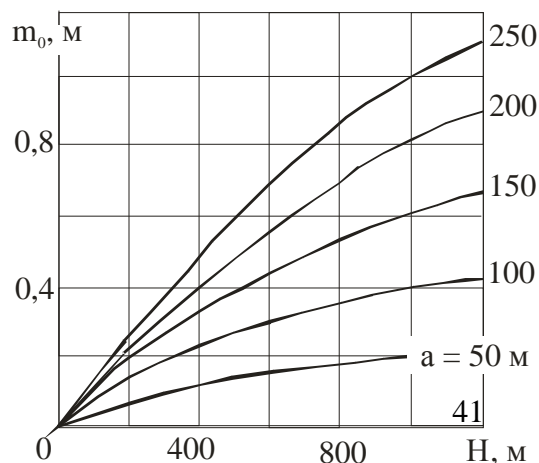
Глубина работ Н, м	Значения S_2^1 , м							
	Наименьший размер а или в выработки в плане, м							
	50	75	100	125	150	200	≥250	
300	56	67	76	83	87	90	92	
400	40	50	58	66	71	74	76	
500	29	39	49	56	62	66	68	
600	24	34	43	50	55	59	61	
800	21	29	36	41	45	49	50	
1000	18	25	32	36	41	44	45	
1200	16	23	30	32	37	40	41	

Коэффициент β_1 , учитывающий значение $m_{эф}$, рассчитывается по формуле

$$\beta_1 = m_{эф} / m_0 \leq 1,$$

где m_0 - критическое значение мощности защитного пласта, определяемое по номограмме рисунка 1.6.

Рисунок 1.6 – Номограмма для определения критической мощности защитного пласта m_0 а – наименьший размер (а или в на рисунках 21.4 и 21.5) выработанного пространства выработки (если $a > 0,3H$, то при определении m_0 принимается $a = 0,3H$, но не более 250 м)



Коэффициент β_2 , учитывающий процентное содержание песчаников в составе пород междупластья определяется по формуле

$$\beta_2 = 1 - 0,4 \eta / 100.$$

Если для лав защитного пласта длиной больше 80 м в результате расчетов получено $S_2 < 20$ м, то следует принимать $S_2 = 20$ м.

Если $h_1 < S_1$ при подработке или $h_2 < S_2$ при надработке (см. рисунки 1.4 и 1.5), то необходимо завершить построение защищенной зоны со стороны границ выработанного пространства и выделить участки, характеризующие восстановлением опасных нагрузок. Для этого используются углы защиты δ_i ($i = 1, 2, 3, 4$) и углы давления φ_i ($i = 1, 2, 3$), значения которых в функции от угла падения α приведены таблице 1.7.

Таблица 1.7 - Значения углов защиты и давления для различных углов падения

Угол падения α , град.	Угол защиты, град				Угол давления, град.		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	φ_1	φ_2	φ_3
0	80	80	75	75	64	64	64
10	77	83	75	75	62	63	63
20	73	87	75	75	60	60	61
30	69	90	77	70	59	59	59
40	65	90	80	70	58	56	57
50	70	90	80	70	56	54	55
60	72	90	80	70	54	52	53
70	72	90	80	72	54	48	52
80	73	90	78	75	54	46	50
90	75	80	75	80	54	43	48

Область восстановления опасных нагрузок на схемах б) и в) (рис. 1.4 и 1.5) образуется лишь при одновременном выполнении двух условий: $a \geq L_1 + L_2$ и $b \geq L_3$.

Параметры L_i ($i = 1, 2, 3$), используемые для построения защищенной зоны в надработанном массиве, рассчитываются по формуле

$$L_i = v_i L_i^1 \quad (i = 1, 2, 3),$$

причем значения L_i^1 определяются по номограмме рисунка 1.7.

Дальность эффективной защиты в почву в области восстановления опасных нагрузок составляет $0,7S_2$. Область восстановления опасных нагрузок включается в зону, защищенную от выбросов, однако в ней вследствие восстановления опасного уровня нагрузок могут происходить горные удары, внезапные обрушения, выдавливания, высыпания угля и другие динамические проявления горного давления, не

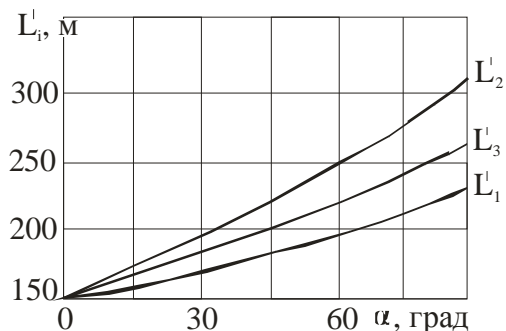


Рисунок 1.7 – Номограмма для определения величин L_i ($i = 1, 2, 3$)

сопровождающиеся повышенным газовыделением.

Значения допускаемых минимального и максимального опережений очистным забоем защитного пласта горных работ на защищаемом пласте (см. рисунки 1.4 и 1.5) приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 - Допускаемые опережения для различных условий разработки

Условия разработки	Величина допустимого опережения
Минимальное опережение: v_1^1 – при подработке v_2^1 – при надработке	h_1 , но не менее 20 м h_2 , но не менее 20 м
Максимальное опережение: v_1 – при подработке v_2 – при надработке	не ограничивается не ограничивается

Локальная выемка, т.е. обработка ограниченных участков защитных пластов, может применяться для предотвращения выбросов в забоях подготовительных выработок, проводимых по выбросоопасным песчаникам или выбросоопасным пластам угля (рис.1.8, а), в местах вскрытия выбросоопасных пластов угля и выбросоопасных слоев песчаника квершлагами (рис.1.8, б, в) и участков a_1 (рис. 1.3, д) выбросоопасных пластов.

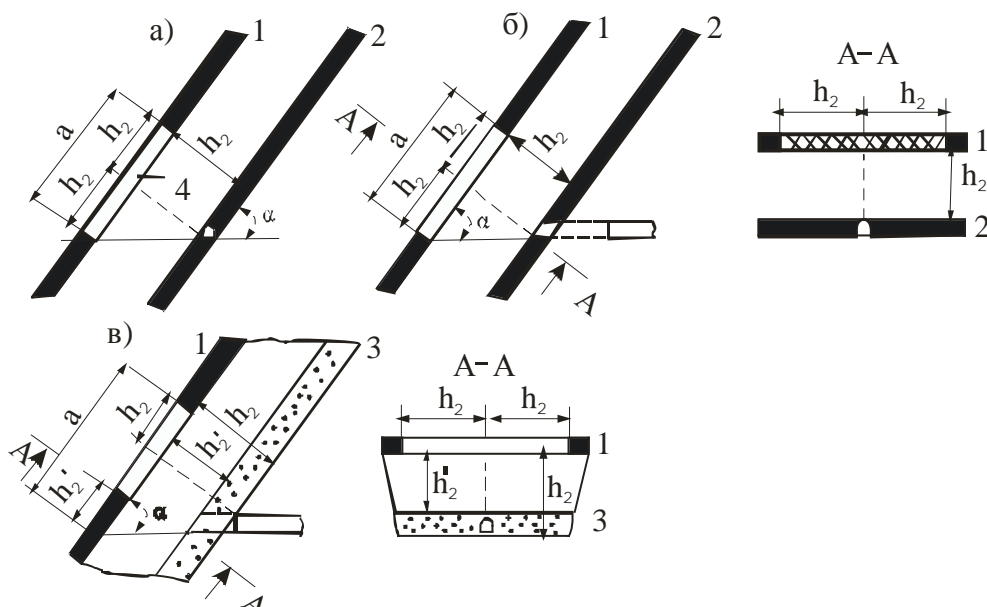


Рисунок 1.8 – Схема к определению параметров локальной защитной выемки пластов

1 1 – защитный пласт; 2 – защищаемый пласт; 3 – выбросоопасный песчаник; 4 – квершлаг

Параметры локальной выемки защитных пластов при надработке определяются в соответствии со схемами, показанными на рисунке 1.8. В случае подработки размер защитной выемки

определяется аналогичным образом, только размер h_2 (h_2^1) заменяется на размер h_1 (h_1^1). Локальную выемку целесообразно применять, когда расстояние между защитным пластом и защищаемым выбросоопасным участком не превышает 30 м.

При разработке любого, в том числе защитного пласта не исключено оставление целиков по горно-геологическим условиям (например, в районе разрывного нарушения) или горнотехническим причинам (например, завал лавы). При наличии оставленных целиков, а также краевых частей пласта, на смежных в свите пластах, в том числе над или под защитным, возникают зоны повышенного горного давления (ПГД), вероятность возникновения выбросов угля и газа, в которых выше, чем за их пределами. При этом под целиком понимается часть угольного массива, наименьший размер которого не превышает $2l$, где l - ширина зоны опорного давления, определяемая по номограмме (рис. 1.9).

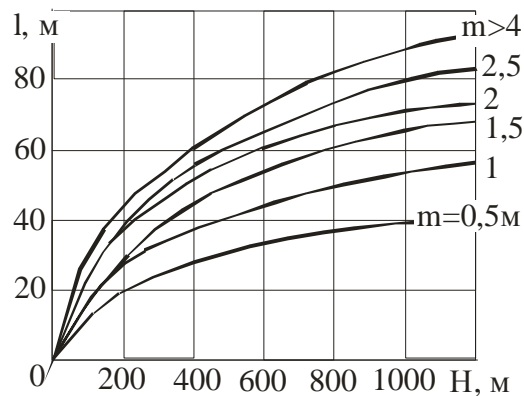


Рисунок 1.9 – Номограмма для определения ширины l зоны опорного давления
 m – мощность пласта, м; H – глубина разработки, м

Если указанный размер больше $2l$, то следует участок угольного массива относить к краевой части пласта.

Зоны ПГД относят к особо выбросоопасным, построение их границ выполняют в соответствии со схемой, показанной на рисунке 1.10.

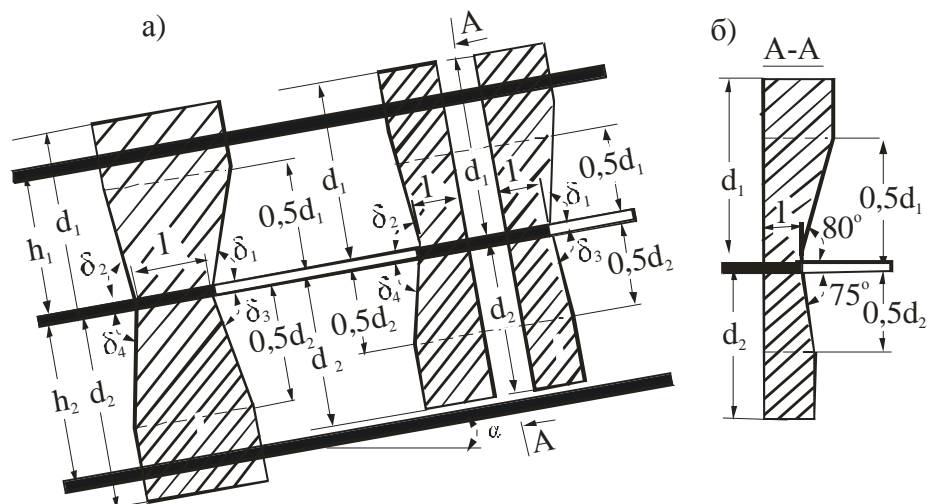


Рисунок 1.10 – Схема к построению зоны ПГД от краевой части пласта
 а – на разрезе вкрест простирания; б – на разрезе по простиранию; - зона ПГД

Размеры зон ПГД в кровлю d_1 и почву d_2 от краевой части (при $a > 2l$) определяют по таблице 1.9 в зависимости от размеров выработанного прост-ранства и глуби-ны разработки пласта, на кото-ром оставлен целик, а значе-ния углов $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ - по таблице 1.7.

Таблица 1.9 - Размеры зон ПГД для различных глубин разработки

Глубина разработки H, м	Значения d_1 , м					Значения d_2 , м				
	при размере ыработанного пространства «а», м									
	100	125	150	200	250	100	125	150	200	250
300	92	98	105	110	115	80	92	104	108	110
400	105	113	120	122	125	93	105	115	118	120
500	115	125	130	132	135	105	115	125	128	130
600	120	130	135	138	140	117	127	135	138	140
800	135	145	150	155	157	125	133	140	145	146
1000	145	155	160	165	168	132	140	148	150	153
1200	155	165	173	177	180	140	148	155	158	160

При построении зон ПГД в сечении по простиранию углы $\delta_1, (\delta_2,)$ и $\delta_3, (\delta_4)$ принимают соответственно равными 80° и 75° .

Размеры зон ПГД d_1 и d_2 от целика рассчитывают умножением соответствующих для краевой части величин d_1 и d_2 на коэффициент K, определяемый в зависимости от соотношения ширины целика L и ширины зоны опорного давления l:

L/l	$\leq 0,1$	0,15	0,20	0,25	0,35	0,5	1,0	1,5	$\geq 2,0$
K	0	0,25	0,50	0,75	1,0	1,13	1,25	1,13	1,00

За величину «а» при построении зон ПГД от целика принимают наибольшую ширину выработки, прилегающей к целику.

При построении зон ПГД от целиков с изменяющейся его шириной величину L определяют следующим образом. Если в наиболее широкой части $L < l$, то за размер целика принимают его наибольшую ширину. Если в самой узкой его части $L > l$, то за размер целика принимают его наименьшую ширину. Если в самой широкой части $L > l$, а самой узкой $L < l$, то размер целика принимают равным l.

В случае наложения зон ПГД от нескольких краевых частей или целиков соседних пластов на один и тот же участок рассматриваемого пласта построение зон ПГД производят отдельно от каждой краевой части или целика.

Оценку эффективности защитного действия выполняют с целью установления наличия защиты и определения границ защищенных зон в следующих условиях.

- при расстояниях между защитным и выбросопасным пластом $h_1 > S_1$ и $h_2 > S_2$;

- в зонах ПГД, надработанных или подработанных очистной выработкой третьего пласта, расположенного выше выбросопасного

пласта на расстоянии большем $0,4S_2$ или ниже на расстоянии больше $0,6S_1$;

- при надработке защитными пластами с эффективной мощностью $m_{эф} < 0,5$ м, за исключения случаев когда $h_2 < 0,7S_2$;

- при использовании в качестве защитных пластов мощностью менее 0,5 м;

- при дегазации крутых надрабатываемых пластов.

Оценка эффективности защитного действия включает анализ опыта разработки пласта и экспериментальную оценку напряженного и газодинамического состояния пласта по выходу буровой мелочи и начальной скорости газовыделения в контрольных шпурах.

При разработке защитных пластов следует применять способы управления кровлей полным обрушением или плавным опусканием. Управление кровлей полной закладкой выработанного пространства допускается при эффективной мощности $m_{эф}$, достаточной для обеспечения защиты. При надработке защитными пластами мощностью 0,5 м и менее допускается оставление в выработанном пространстве отбитой горной массы, за исключением случаев, когда $h_2 < 0,7S_2$.

Главный маркшейдер шахты наносит границы защищенных, незащищенных зон и зон ПГД на планы горных работ; представляет маркшейдерскую документацию для составления проектов ведения горных работ; разрабатывает мероприятия по маркшейдерскому обеспечению ведения горных работ вблизи и в пределах границ зон ПГД; не позднее, чем за месяц до подхода горных выработок к границам незащищенной зоны и ПГД письменно в Книге указаний и уведомлений маркшейдерской службы уведомляет об этом главного инженера шахты, начальника соответствующего участка и горнотехнического инспектора; при подходе горных выработок к границе зоны ПГД на расстояние не менее 20 м, но не позднее, чем за трое суток до подхода выдает начальнику участка под расписку эскиз выработок с указанием на нем границ входа и выхода, а также расстояний до них от маркшейдерских пунктов или от характерных элементов горных выработок.

1.7 Региональные способы предотвращения выбросов угля и газа

Дегазация надрабатываемых крутых пластов в зонах разгрузки. Предотвращение выбросов угля и газа дегазацией может быть обеспечено только при условии, что ее применение приведет к такому уровню природной метаноносности, выбросы при котором невозможны. Вследствие практической нулевой газопроницаемости пластов это может быть достигнуто только в зонах, хотя бы с частичной разгрузкой. Поэтому дегазация крутых выбросоопасных пластов применяется при расстояниях между защитным и выбросоопасным пластами h_2 , превышающих дальность защитного действия s_2 , но не более 100 м.

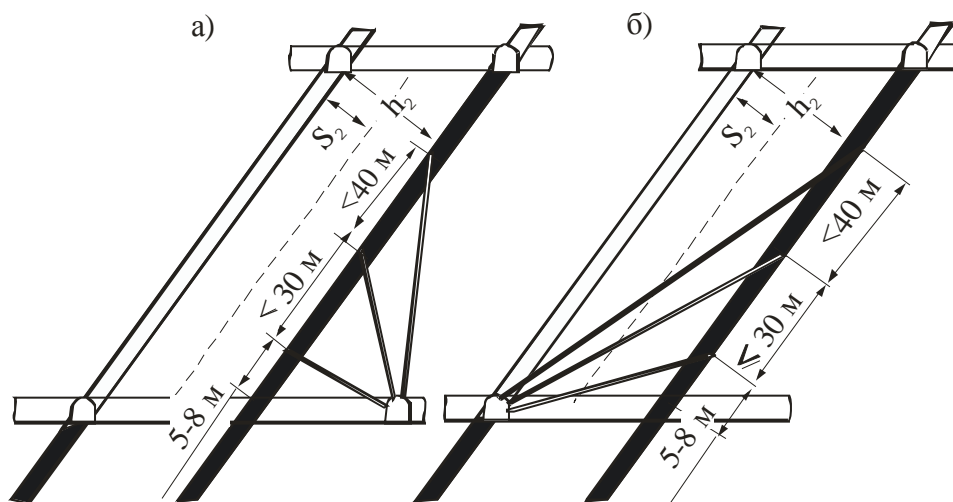


Рисунок 1.11 Схемы дегазации крутых надрабатываемых пластов

Дегазация производится только надрабатываемого пласта и осуществляется скважинами, пробуренными из полевого штрека, расположенного в почве или кровле опасного пласта (рис. 1.11, а), или из откаточного штрека защитного пласта (рис. 1.11, б).

Дегазацион-ные скважины бурят впереди защитного пласта, располагая их по восста-нию в три ряда. Скважины пер-вого ряда должны пересе-кать выбросо-опасный пласт на 5-8 м выше отметки будущего откаточного горизонта. Скважины второго ряда должны пересекать выбросоопасный пласт выше первого ряда на расстоянии по пласту не более 30 м, а третьего ряда - выше второго ряда не более 40 м.

При расстоянии между защитными и выбросоопасными пластами до 65 м расстояние по простиранию между забоями скважин ряда не должно превышать 25 м, второго и третьего ряда – 50 м, а при междупластье 65-100 м расстояние по простиранию между забоями скважин первого ряда - не более 20 м, второго и третьего ряда - 40 м.

Горные работы по выбросоопасному пласту должны отставать от линии очистного забоя защитного пласта на расстояние менее 150 м.

Бурение скважин, герметизацию их устьев, отвод метана в газопроводы, водоотделение и контроль режима работы производят в соответствии с Руководством по дегазации шахт.

Контроль эффективности дегазации осуществляется по начальной скорости газовыделения при поинтервальном ее измерении в шпурах. В случае неэффективности дегазации в соответствующем уступе применяют локальные противовыбросные мероприятия и контроль их эффективности.

Увлажнение угольных пластов. Эффективность увлажнения угольных пластов как способа предотвращения выбросов угля и газа не бесспорна. Считается, что увлажнение приводит к уменьшению прочности выбросоопасного пласта, как бы к превращению его из хрупкого материала в пластичный. Следствием этого будет перемещение зоны

максимума напряжений в глубину массива и уменьшение напряженности угля непосредственно у забоя. Существует также мнения, что свойства выбросоопасного пласта изменяются при увлажнении не в связи с увеличением общей влажности, а за счет увеличения фазово-физической влаги.

Увлажнение угольных пластов осуществляется через длинные скважины диаметром 80-110 мм, пробуренные из подготовительных выработок впереди очистных забоев по схеме аналогичной схеме предварительного увлажнения пласта в целях пылеподавления (см. рис. 5.2, а). Способ применяют на пластах при условии обеспечения направленности бурения скважин на заданную глубину, герметизации устья скважины, поступления воды в угольный пласт по всей длине нагнетательной скважины (т. е. если пласт относится к так называемым пластам, которые «воду принимают»).

Длину скважин для увлажнения принимают на 8-10 м меньше высоты этажа. Если по горно-геологическим условиям или при большой высоте этажа не удастся пробурить скважины на заданную глубину, то увлажнение производят через скважины, пробуренные из откаточного и вентиляционного штреков. При этом между скважинами должен оставаться целик не менее 5 м. Нагнетание рабочей жидкости в восстающие и нисходящие скважины производят обособленно.

Глубину герметизации скважин принимают равной половине расстояния между нагнетательными скважинами, а в нарушенном массиве - не менее 10 м. Герметизация скважин осуществляется цементно-песчаным или полимерными растворами. Для повышения эффективности увлажнения (улучшения смачиваемости угля) необходимо производить его гидрофилизацию добавками в нагнетаемую воду поверхностно-активного вещества ДБ концентрацией 0,2 – 0,4%. Для уменьшения сопротивления массива нагнетаемой жидкости, создаваемого содержащимся в угле газом, рекомендуется предварительная дегазация пласта с последующим использованием для увлажнения дегазационных скважин.

Расстояние между нагнетательными скважинами определяется из равенства $L = R_y$, м. Радиус увлажнения R_y зависит от проницаемости и сорбционной способности угля, времени увлажнения смачивающей способности водного раствора ПАВ и определяется экспериментально по содержанию физически связанной (адсорбированной) влаги в отбираемых по специальной методике проб угля.

Увлажнение пласта производят при давлении нагнетания из условия

$$P_H > P_r = 0,75\gamma H, \text{ кгс/см}^2,$$

где P_r - давление газа в пласте, кгс/см².

Ширину увлажненного участка s_y , создаваемую до начала подвигания забоя выработки, определяют из условия

$$s_y = l_H + v_B, \text{ м},$$

где I_n - неснижаемый запас увлажнения, необходимый для выдержки увлажненного участка в течение 30 суток, м; v_b - скорость подвигания забоя, м/мес.

Пласт считают достаточно увлажненными, если содержание физически связанной воды составляет в угле марок: Г, Ж, К - 2,5%; ОС, Т – 2%; А – 3%. При этом увлажнение считается эффективным, т. е. зона пласта считается неопасной, если показатель газодинамической активности угля (отношение содержания метана к содержанию физически связанной воды) составляет: $n = 0,003$ для марок Г, Ж, К; $n = 0,0015$ для марок ОС, Т и $n = 0,0008$ для марки А.

Текущий контроль эффективности увлажнения в потолкоуступных забоях и забоях подготовительных выработок осуществляется по динамике газовыделения.

1.8 Способы предотвращения выбросов угля и газа при вскрытии угольных пластов

Вскрытие полевыми выработками и стволами выбросоопасных и угрожаемых пластов и пропластков мощностью более 0,3 м осуществляют сотрясательным взрыванием или проходческими комбайнами (комплексами) с дистанционным управлением в следующей последовательности: разведка положения пласта (пропластка) относительно забоя вскрывающей выработки; введение режима сотрясательного взрывания или дистанционного управления; прогноз выбросоопасности в месте вскрытия; выполнение способов предотвращения выбросов при опасных значениях показателей выбросоопасности; осуществление контроля эффективности способов предотвращения выбросов; обнажение и пересечение пласта (с возведением усиленной крепи в местах сопряжения полевой выработки с пластом); удаление от пласта и отмена режима сотрясательного взрывания или дистанционного управления.

Сотрясательное взрывание или дистанционное управление вводят независимо от результатов прогноза выбросоопасности при приближении забоя выработки к пласту и отменяют после удаления от пласта на расстояниях по нормали к пласту соответственно не менее 4 и 2 м. При сбойке с ранее пройденной по пласту выработкой, а также при приближении к угрожаемому пласту сотрясательное взрывание может быть введено или отменено с расстояния 2 м. Допускается отмена режима сотрясательного взрывания при неопасных значениях показателей выбросоопасности для угрожаемых шахтопластов и пропластков, вскрытие которых может осуществляться с пощью взрывных работ в режиме для сверхкатегорийных по газу шахт.

Мероприятия по предотвращению выбросов угля и газа перед вскрытием пластов с углом падения более 55° осуществляют с расстояния не менее 3 м по нормали к пласту, а перед вскрытием пластов с углом падения менее 55° –

с расстояния 2 м. При этом величина обработанной зоны пласта за контуром выработки должна составлять не менее 4 м. Обнажение пластов и пересечение пропластков взрывными работами производят при наличии породной пробки между выработкой и крутым пластом (пропластком) не менее 2 м, пологим, наклонным и крутонаклонным - не менее 1 м по нормали к пласту.

При вскрытии пластов стволами прогноз и способы предотвращения выбросов могут не применяться при условии обнажения и пересечения пласта с помощью буровзрывных работ за один прием, а стволов проводимых способом бурения при условии дистанционного управления комплексом с поверхности.

Вскрытие пластов промежуточными квершлагами и породными скатами (ортами) производят, как правило, путем сбойки с заранее пройденной по пласту выработкой, а вскрытие крутого пласта углеспускными скатами производят на участке пласта, обработанного противовыбросными мероприятиями из забоя нижней печи.

В забой вскрывающей выработки с расстояния 4 м по нормали к пласту одновременно допускается не более 3-х человек, а в забой ствола - с расстоянием 6 м из расчета возможности подъема всех людей за один прием.

Перед началом проведения вертикального ствола в пределах его проектного сечения производится разведка всей пересекаемой толщи пород разведочной скважиной. В углубляемых стволах разведку скважиной осуществляют с расстояния 10 м.

Для предотвращения внезапных выбросов при вскрытии пластов стволами может применяться бурение дренажных скважин, возведение каркасной крепи, гидрообработка угольного массива или сочетание этих способов.

Вскрытие стволами с бурением дренажных скважин. Сущность способа заключается в том, что в направлении проведения ствола бурят скважины для снижения природной метаноносности и устранения выбросоопасности (рис. 1.12).

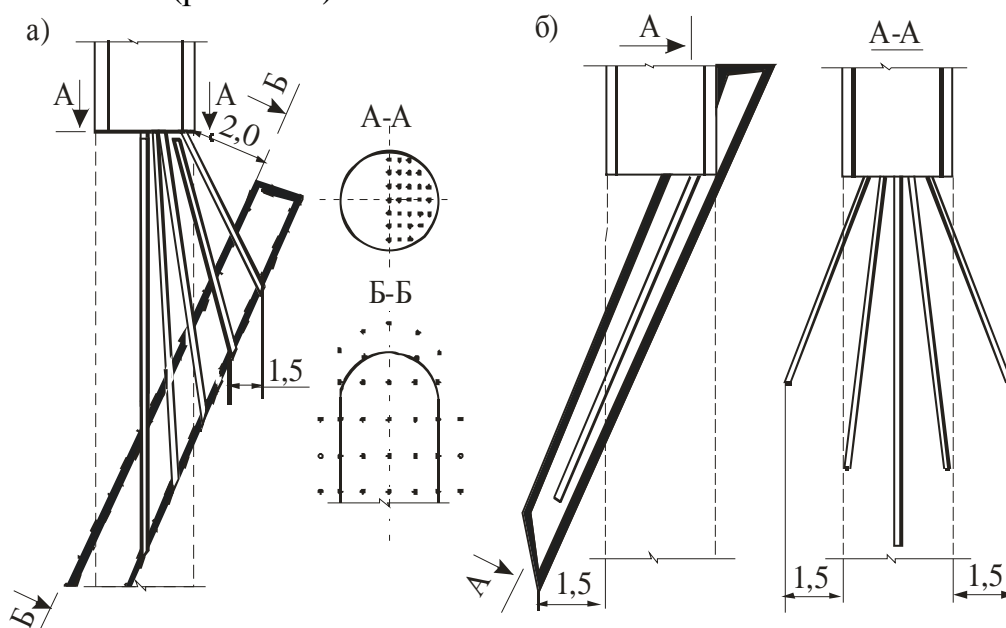


Рисунок 1.12 – Схемы расположения дегазационных скважин при обнажении а) и пересечении б) крутого пласта

Эффективность способа достигается за счет образования вокруг скважины зоны неупругих деформаций, оцениваемой радиусом эффективного влияния скважины $R_{эф}$, в пределах которого пласт разгружен и дегазирован до уровня, обеспечивающего устранение выбросоопасности.

Ориентируют скважины таким образом, чтобы эти зоны накладывались или соединялись, т. е. чтобы точки выхода скважин из пласта были удалены друг от друга не более чем на $2R_{эф}$. При этом точки выхода скважин из пласта должны быть расположены в пределах необходимой зоны его обработки на расстоянии не более $R_{эф}$ от контура этой зоны. При диаметре скважин 80-100 мм $R_{эф}$ принимается 0,75 м. При обнажении пластов скважины бурят с расстояния 2 м до пласта по нормали. Расстояние от контура ствола и между скважинами в плоскости забоя последней заходки, проходимой под защитой этих скважин, должно составлять 1,5 м. Длина скважин определяется из расчета постоянного опережения забоя ствола скважинами на 2 м.

Дегазация считается эффективной после снижения давления газа в контрольных шпурах до величины менее 10 кгс/м^2 .

Вскрытие пласта стволами с возведением каркасной ограждающей крепи. Сущность способа заключается в том, что в направлении проведения ствола бурят систему скважин диаметром 42-80 мм, в которых затем закрепляют (цементируют) металлические стержни диаметром 36-38 мм или трубы диаметром 40-50 мм. Скважины для каркасной крепи бурят с расстояния 2 м от пласта по нормали и располагают радиально через 0,3-0,5 м, считая по точкам входа скважин в пласт. Угол наклона скважин должен быть таким, чтобы в плоскости забоя любой заходки они располагались на расстоянии не менее 1,5 м от проектного контура ствола при бурении скважин по углю. Крезь должна опережать забой ствола не менее чем на 2 м. Свободные концы стержней (труб) заделывают в постоянную крепь ствола на длину не менее 2 м.

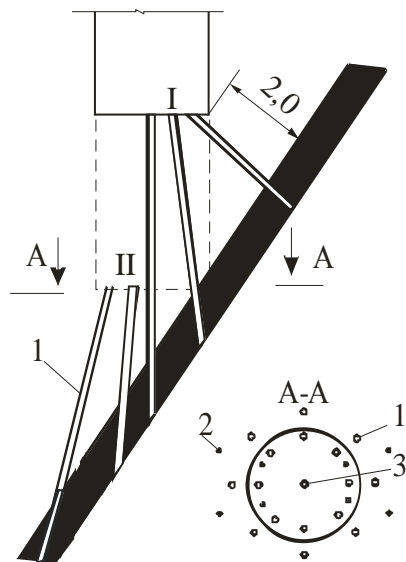
При обнажении пластов, когда забой очередной заходки находится в породах кровли пласта, расстояние скважин от контура ствола в плоскости этой заходки должно быть не менее 1 м. При выходе скважин в породы почвы пласта концы их должны быть от почвы пласта на расстоянии не менее 0,5 м по нормали в прочных породах и не менее 1 м в малопрочных.

При вскрытии крутых пластов каркасная крепь может возводиться не по всему периметру ствола, а только в месте его пересечения с пластом.

Физический смысл возведения крепи в том, что упрочнение пласта в месте установки крепи и его ограждение снижает вероятность возникновения и развития выброса угля и газа.

Вскрытие стволами с гидрорыхлением угольного массива. Способ основан на применении высоконапорного режима нагнетания, обеспечивающего

разрушение угольного пласта (гидрорыхление), которое приводит не только к разгрузке необходимого участка пласта, но и к его интенсивной дегазации. С учетом необходимости разрушения пласта примерно по оси выработки бурят контрольную (компенсационную) скважину диаметром 100 мм - своеобразную плоскость обнажения, на которую рассчитывают произвести разрушение на первом этапе нагнетания. С этой целью на последующих этапах предусматривается последовательное нагнетание в скважины, расположенные примерно по периметру забоя. Гидрорыхление угольного массива осуществляют через скважины диаметром 42-60 мм. В зависимости от диаметра ствола бурят 5-7 скважин для



диаметром 42-60 мм. В диаметра ствола бурят 5-7 нагнетания воды (рис. 1.13).

Рисунок 1.13 – Схема расположения скважин и контрольных шпуров при гидрообработке крутого пласта из забоя ствола

1 – скважины для гидрорыхления угольного массива; 2 – шпур для замера давления газа; 3 – контрольная скважина; I, II – циклы обработки пласта

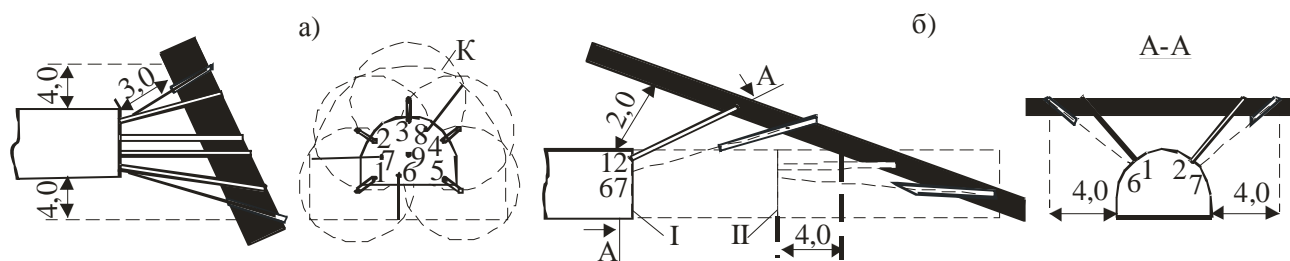
Герметизацию скважин осуществляют цементным раствором на величину породной пробки. Нагнетание воды производят последовательно в каждую скважину под давлением $p_n = 0,75-2,0 \text{ } \gamma\text{H}$ до тех пор, пока вода не проникнет в контрольную или соседнюю скважину. Нагнетание считается эффективным после снижения давления газа в контрольных шпурах менее 10 кгс/см^2 .

Вскрытие пластов квершлагами и другими полевыми выработками за пределами околоствольного двора осуществляется после прохождения вентиляционной сбойки на вышележащий горизонт для проветривания нового горизонта за счет общешахтной депрессии, а тупиковая часть вскрывающих выработок проветривается вентилятором местного проветривания. Для предотвращения внезапных выбросов угля и газа при вскрытии полевыми выработками может применяться бурение дренажных скважин, возведение каркасной крепи, гидрорыхление или увлажнение угольного массива, гидровывывание угольного пласта, образование

разгрузочных полостей во вмещающих породах проходческими комбайнами или сочетание этих способов.

Вскрытие пласта полевыми выработками с бурением дренажных скважин. Сущность способа и его эффективности такая же, как и для вскрытия пласта стволами с бурением дренажных скважин. Дренажные скважины диаметром 80-100 мм бурят на пласт из вскрывающей выработки таким образом, чтобы точки выхода скважин из пласта были удалены друг от друга не более чем на $2R_{эф}$ и расположены в пределах необходимой зоны его обработки на расстоянии не более $R_{эф}$ от контура этой зоны ($R_{эф}$ принимают равным 0,75 м). Дегазацию считают эффективной после снижения давления газа в контрольных шпурах, пробуренных с выходом за контур выработки на 4 м, до значения менее 10 кгс/см^2 .

Вскрытие пласта полевой выработкой с нагнетанием воды в пласт в режиме гидрорыхления. Сущность предотвращения выбросов угля и газа



при применении этого способа такая же, как при вскрытии пласта стволами.

При вскрытии крутых пластов гидрорыхление производят через 5-6 скважин диаметром 45-60 мм. В середине забоя по оси выработки бурят контрольную (компесационную) скважину диаметром 100 мм (рис. 1.14, а).

При вскрытии пологих, наклонных и крутонаклонных пластов гидрорыхление производят через серии скважин, которые бурят по мере подвигания забоя при их неснижаемом опережении не менее 4 м (рис. 1.14, б).

Нагнагнетание воды производят последовательно в каждую скважину под давлением $p_n = 0,75-2,0 \text{ γН}$ до тех пор, пока вода не проникнет в соседнюю скважину или контрольную (на крутых пластах) скважину. Гидрорыхление считается эффективным при снижении давления газа в контрольных шпурах, пробуренных с выходом за контур выработки на 4 м, до значения 10 кгс/см^2 и менее.

Рисунок 1.14 – Схемы расположения скважин для гидрообработки угольного массива при вскрытии крутых а) и пологих, наклонных и крутонаклонных б) пластов

1, 2, 3, 4, 5 – скважины для гидрорыхления; 6, 7, 8 – шпуры для замера давления газа; 9 – контрольная скважина; К – контур обработанного массива; $R_{эф}$ – радиус эффективного влияния скважин; I, II – циклы обработки массива

Вскрытие пласта полевой выработкой с гидровывыванием угля. Вскрытие с гидровывыванием может применяться на крутых и пологих пластах при наличии мягких пачек с коэффициентом крепости угля $f < 1$ и боковых породах средней устойчивости. Сущность способа заключается в

том, что из забоя квершлага через породный целик (пробку) на угольный пласт бурят несколько скважин, которыми его перебуривают на всю мощность. Затем в определенной последовательности в скважинах высоконапорной струей воды угольный пласт размывается (вымывается). Продукты размыва (пульпа) выносятся через смежные (соседние) скважины в квершлаг. После того как на необходимом участке пласт будет вымыт, вскрытие пласта уподобляется вскрытию на заранее пройденную выработку, т. е. выброс угля и газа становится физически невозможным.

При гидровымывании впереди забоя выработки необходимо создать полость по всей мощности пласта или отдельной его пачке, контур которой должен выходить за контур квершлага на 1,5 м.

Гидровымывание выполняется через скважины диаметром 105-200 мм. Нижние скважины бурят под таким углом, чтобы они пересекали пласт на 1 м ниже подошвы выработки, верхние скважины бурят под углом 6-7° к горизонту. Число скважин может быть от 3 до 9 в зависимости от сечения выработки и принятой технологии гидровымывания. Гидровымывание осуществляется при давлении воды у насадки 40-70 кгс/см² и при расходе ее не менее 18 м³/ч. Гидровымывание осуществляется непрерывно до создания полости необходимых размеров, которые определяются с помощью разведочных шпуров и контроля за объемом вымытого угля. Обнажение пласта производят при снижении давления газа в контрольных шпурах, пересекающих пласт на расстоянии 4 м за контуром квершлага, до значения 10 кгс/см и менее.

Для удержания нависающего угольного массива на пластах с неустойчивыми углями возводят металлический каркас по своду выработки, предварительно вымывают нависающую часть массива с последующим тампонированием цементным раствором для создания искусственного свода или тампонируют всю вымытую полость с таким расчетом, чтобы при пересечении пласта вокруг выработки образовалось предохранительное кольцо толщиной не менее 1 м.

Вскрытие пласта полевой выработкой с возведением каркасной крепи. Сущность способа и его эффективность аналогичны описанной для вскрытия угольных пластов стволами. Металлическая каркасная крепь применяется при вскрытии крутых пластов, как правило, представленных мягкими, сыпучими углями и слабыми боковыми породами.

Для возведения каркасной крепи через породную толщу по периметру выработки на расстоянии в среднем 0,3 м бурят скважины с таким расчетом, чтобы они пересекали пласт и входили в порода кровли (почвы) пласта не менее чем на 0,5 м. В скважины вводят металлические трубы диаметром не менее 50 мм, под их выступающие концы возводят железобетонную или металлическую арку, которую прочно соединяют с трубами каркаса и закрепляют в стенках и кровле выработки пятью-шестью анкерами в шпурах глубиной 1,5-2,0 м. Каркасная крепь должна иметь конструкцию, исключаящую необходимость ее демонтажа при вскрытии и пересечении пласта.

Вскрытие пологих пластов комбайнами. При вскрытии пологих пластов проходческими комбайнами приближение, пересечение и удаление от пласта осуществляют после выполнения прогноза выбросоопасности и способов предотвращения выбросов в опасных зонах. Проведение выработки на участке вскрытия может производиться с образованием разгрузочных щелей, гидрорыхлением угольного массива в сочетании с ограничением скорости проходки выработки до 1 м/смену и скорости внедрения коронки исполнительного органа в массив 0,5 м/мин. При контроле эффективности способов безопасный уровень давления газа в пласте должно быть не более 4 кгс/см²

Вскрытие крутых пластов бурсобоечными машинами. При вскрытии крутых пластов бурсобоечными машинами, также должны применяться противовыбросные мероприятия и дистанционное управление.

1.9 Локальные способы предотвращения выбросов угля и газа

Гидрорыхление угольного пласта. Гидрорыхление основано на высоконапорном нагнетании воды в пласт и широко применяется в очистных и подготовительных выработках на пластах, если обеспечивается бурение и герметизация скважин на заданную глубину и поступление воды в пласт или отдельные его пачки.

Сущность гидрорыхления пласта в очистных и подготовительных выработках несколько иная, чем при вскрытии пластов и заключается в следующем. В направлении проведения выработки бурят ручными электро- или пневмосверлами скважины диаметром 40-45 мм, которые герметизируют шланговыми гидрозатворами отечественного производства или фирм «Хельтер» (Германия), «Таурус» (Венгрия) др. Глубина герметизации скважин принимается равной протяженности зоны эффективной трещиноватости призабойной части пласта, а за ее пределы через фильтрующую часть скважины в область неупругих деформаций пласта нагнетается вода под высоким давлением. Проникая в микротрещины этой области, вода производит рыхление пласта, сопровождающееся интенсивной дегазацией и увеличением безопасной зоны разгрузки.

К параметрам способа относятся: диаметр, длина и глубина герметизации скважин, расстояние между скважинами, величина неснижаемого опережения скважинами забоя выработки, количество, давление и темп нагнетания воды.

Длина скважин 6-9 м, глубина герметизации $l_r = 4-7$ м. Величина неснижаемого опережения принимается равной фильтрующей части скважин и составляет $l_{н.о.} = 2$ м. Расстояние между скважинами не должно превышать $2R_{эф}$, т. е. двух радиусов эффективного нагнетания воды в пласт, который определяется в зависимости от глубины герметизации и составляет $R_{эф} \leq 0,8 l_r$.

Расчетный удельный расход воды должен составлять не менее 20 л/т, а количество воды, нагнетаемое в одну скважину, определяют по формуле

$$Q = \frac{2R_{\text{эф}} q m \gamma_y}{1000} (I_r + I_{\text{н.о.}}), \text{ м}^3,$$

где m – мощность пласта, м; γ_y – удельный вес угля, т/м³.

Давление нагнетания воды принимается $P_n = (0,75-2,0)\gamma_n$, МПа при темпе нагнетания не менее 3 л/мин.

Число скважин принимают в зависимости от ширины полосы угольного массива подлежащей гидрорыхлению и расстояния между концевыми частями скважин не менее $2R_{\text{эф}}$. При этом в подготовительной выработке число скважин должно быть не менее двух.

В подготовительных выработках пологих пластов кутковые скважины бурят на расстоянии 1 м от кутков с наклоном 5-7° в сторону массива. В подготовительных выработках крутых пластов верхнюю скважину бурят на расстоянии 1 м от кутка с подъемом 5-7° к линии простирания, нижнюю – горизонтально на расстоянии 0,5 м от подошвы выработки.

В очистных забоях с прямолинейной формой забоя скважины бурят перпендикулярно забою, при этом скважины каждого последующего цикла бурят между скважинами предыдущего цикла гидрорыхления. В комбайновых нишах на пологих пластах скважины бурят на расстоянии 1 м от кутков с наклоном 5-7° в сторону массива. В потолкоуступных лавах крутых пластов одну скважину располагают на расстоянии 1 м от кутка, под углом 5-7° с подъемом к линии простирания, остальные - по простиранию на расстоянии не более $2R_{\text{эф}}$.

Гидрорыхление считается законченным, если в скважину подано расчетное количество воды и давление воды снизилось не менее чем на 30% от максимального давления нагнетания.

Контроль эффективности гидрорыхления осуществляют по динамике газовыделения или по параметрам акустического сигнала в контрольных шпурах. Выемку угля после гидрорыхления допускается производить не более чем на глубину герметизации скважин I_r .

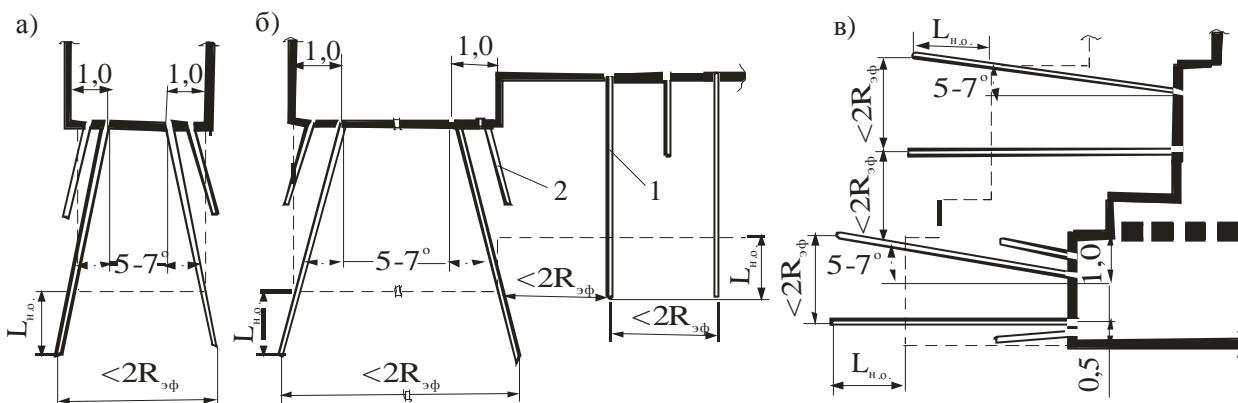
Схемы расположения скважин и шпуров для контроля эффективности гидрорыхления в подготовительных и очистных забоях пологих и крутых пластов приведены на рисунке 1.15.

На шахтах оборудованных сейсмопрогнозом применяют оперативное управление гидрорыхлением в соответствии с Руководством по применению способа управления процессом гидрорыхления пласта по параметрам акустического сигнала. Способ предусматривает регистрацию акустического сигнала, формирующегося при бурении скважин и нагнетании воды в угольный пласт, и последующую его обработку на персональном компьютере.

При бурении скважины определяется величина зоны разгрузки l_p и положение максимума опорного давления l_o , о чем оператор сообщает горному мастеру и заносит их значения в наряд-путевку.

Рисунок 1.15 – Схемы расположения скважин 1 для гидрорыхления и шпуров 2 для конроля эффективности способа
а), б) – в подготовительной выработке, нише и комбайновой части лавы пологого пласта; в) – в штреке и уступах лавы крутого пласта

Если расстояние от забоя до максимума опорного давления l_o больше или равно расчетной глубине герметизации l_r , то нагнетание производится при



расчетной глубине герметизации. Если $3 \text{ м} < l_o < l_r$, то нагнетание производится при глубине герметизации, равной расстоянию от забоя до максимума опорного давления. Если $l_o < 3 \text{ м}$, то нагнетание не производится, а дальнейшее проведение подготовительной выработки, выемка в нише или на участке забоя лавы, величина которого равна расстоянию между крайними скважинами с $l_o < 3 \text{ м}$, увеличенному в обе стороны на 0,5 м интервала между скважинами, осуществляется буровзрывным способом в режиме сотрясательного взрывания.

При нагнетании воды в скважину регистрация акустического сигнала производится непрерывно после достижения давления в гидросистеме 10 МПа.

Для регистрации акустического сигнала в очистном забое сейсмоприемник (подземный блок АПСС) устанавливается на расстоянии 3-10 м от скважины и подключается к системе передачи сигнала на поверхность или к РАМШ. В подготовительной выработке сейсмоприемник располагается на расстоянии 2-5 м от забоя в стенке со стороны нагнетаемой скважины.

Сейсмоприемник закрепляется путем расклинивания в шпуре диаметром не менее 42 мм, расположенном в угле или вмещающих его породах на глубине 0,3-0,5 м.

При снижении давления на величину 30% и более от достигнутого максимального горный мастер запрашивает оператора об эффективности процесса гидрорыхления. При наличии на дисплее компьютера сообщения «Активный процесс завершен» он может прекратить гидрорыхление. Если сообщение о завершении активного процесса отсутствует, нагнетание продолжают до закачивания расчетного количества воды. Активный процесс гидрорыхления считается завершенным, если после достижения максимального значения амплитуды низкочастотной составляющей зафиксировано ее снижение.

Гидрорыхление считается эффективным, если активный процесс завершен и давление в гидросистеме упало на 30% и более от достигнутого максимального, а при величине зоны разгрузки менее глубины герметизации дополнительно необходимо, чтобы частота максимальной амплитуды не превышала 120 Гц или коэффициент ее вариации во временных интервалах был более 15%.

Если гидрорыхление оценено как эффективное, то безопасная глубина выемки равна глубине герметизации скважины, и контроль эффективности путем определения зоны разгрузки не применяется.

Если гидрорыхление оценено как неэффективное, то безопасная глубина выемки принимается равной величине зоны разгрузки, установленной при бурении скважины для нагнетания, за вычетом неснижаемого опережения 1,3 м. В следующую смену производится повторное нагнетание.

Образование разгрузочных пазов. Область применения способа - подготовительные и очистные выработки крутых (уступы лав) и пологих (ниши лав и комбайновая часть в местах геологических нарушений) пластов.

Сущность способа, показанная на примере применения разгрузочных пазов в подготовительной выработке пологого пласта, заключается в «перерезке» пласта в кутках забоя, что приводит, вследствие устранения отпора стенок, к развитию деформаций упругого восстановления и обратной ползучести пласта, и, как следствие, к формированию безопасной зоны разгрузки в призабойной части пласта таких размеров и формы, которая позволяет безопасно выполнять работы по выемке угля минимум на один цикл выемки (рис. 1.16).

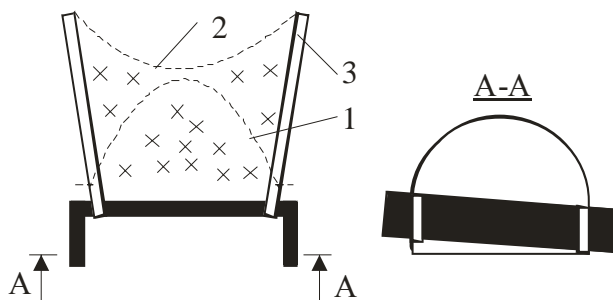


Рисунок 1.16 – Безопасная зона разгрузки пласта до 1 и после 2 образования разгрузочных пазов 3 в подготовительной выработке

Разгрузочные пазы должны удовлетворять следующим требованиям (параметрам): плоскость паза должна быть перпендикулярна к кровле (почве) пласта; паз должен быть сплошным на всю мощность пласта; ширина паза должна составлять 60-80 мм; глубина паза не должна превышать 2,5 м; минимальное неснижаемое опережение пазом забоя должно быть не менее 1 м.

Разгрузочные пазы в нишах лав на пологих пластах образуют в кутках на расстоянии не более 0,5 м от стенок ниши, и ориентируют в направлении подвигания лавы. Разгрузочные пазы в подготовительных выработках пологих пластов располагают на расстоянии 0,5 м от стенок угольного забоя под углом 5-10° к оси выработки в сторону угольного массива. Аналогично ориентируют разгрузочные пазы в штреках на крутых пластах: один в нижнем кутке (у подошвы), другой в верхнем кутке. В очистных забоях с потолкоуступной формой забоя в кутке каждого уступа образуют разгрузочных паз, ориентированный под углом 5-10° к направлению подвигания забоя. При переходе лавами геологических нарушений пазы располагают, как правило, вдоль сместителя по схеме согласованной с МакНИИ.

Контроль эффективности разгрузочных пазов осуществляют по динамике газовыделения или по параметрам акустического сигнала в контрольных шпурах.

Схемы образования разгрузочных пазов и шпуров для контроля эффективности приведены на рисунке 1.17.

Для образования разгрузочных пазов должны применяться специальные механизмы с дистанционным управлением, например, установка типа 2ВПД конструкции ДонНТУ, основанная на вымываний угля тонкой высоконапорной струей воды. Отсутствие подобных серийно выпускаемых установок сдерживает широкое применение этого простого и надежного способа предотвращения выбросов угля и газа.

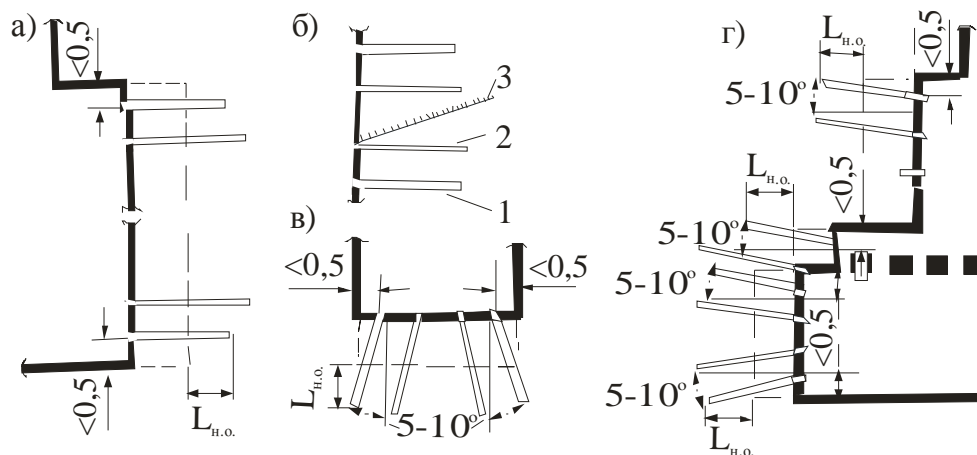


Рисунок 1.17 – Схемы расположения разгрузочных пазов и шпуров для контроля эффективности способа

а) и б) – в нише и комбайновой части лавы пологого пласта; в) – подготовительной выработке пологого пласта; г) - в штреке и уступе лавы крутого пласта; 1 - разгрузочные пазы; 2 – шпуров для контроля эффективности; 3 – геологическое нарушение

Торпедирование угольного пласта. Способ основан на рыхлении призабойной (краевой) части пласта взрывом скважинного заряда и предназначен для применения на пологих пластах в подготовительных выработках, нишах лав и комбайновой части лав в зонах геологических нарушений. Торпедирование осуществляют как с предварительным, так и без предварительного нагнетания воды в пласт.

Торпедирование без предварительного нагнетания воды в пласт осуществляют в скважинах диаметром 55-60 мм. Длина скважин l_c принимается в зависимости от установленной по динамике газовыделения величины зоны разгрузки пласта l_0 :

l_0 , м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
l_c , м	8,5	9,0	9,5	10,0	12,0	13,5	15,5

Величина неснижаемого опережения забоя скважинами $l_{но}$ для первого цикла торпедирования принимается равной 5 м, для последующих циклов с учетом суточного подвигания забоя $l_{сут}$ из выражения

$$l_{но} = l_{сут} + 1 \geq 3 \text{ м.}$$

Расстояние между концевыми частями скважин в нишах не должно превышать 2 м, в комбайновой части лав и подготовительных выработках 2,5 м. Скважины, располагаемые в кутках забоя должны выходить за контур выработки не менее чем на 2 м.

Масса скважинного заряда определяют по формуле

$$Q = q(l_c - l_3), \text{ кг,}$$

где q – масса метра заряда, кг/м; l_3 – общая длина забойки (не менее 3 м при длине скважины 8,5 м, 4 м при длине скважины 8,5–10 м и 5 м при длине скважины более 10 м).

Схемы расположения скважин для торпедирования без предварительного нагнетания воды в пласт и контрольных шпуров для контроля эффективности способа по динамике газовыделения или по параметрам акустического сигнала приведены на рисунке 1.18.

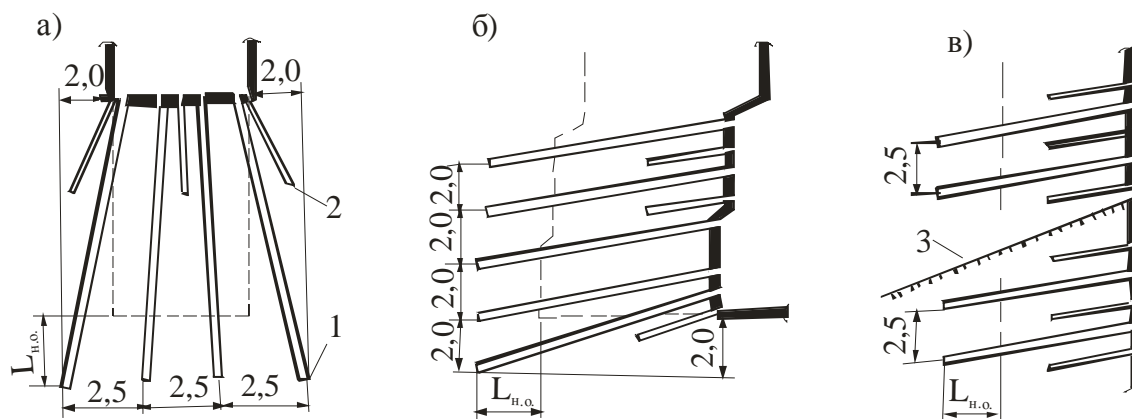


Рисунок 1.18 – Схемы расположения скважин для торпедирования без предварительного нагнетания воды в пласт и шпуров для контроля эффективности способа

а) – подготовительная выработка; б) – ниша лавы; в) – комбайновая часть лавы при обработке геологического нарушения; 1 – скважины для торпедирования; 2 – шпуров для контроля эффективности; 3 – геологическое нарушение

Торпедирование угольного пласта с предварительным нагнетанием воды в пласт в режиме рыхления осуществляют через скважины диаметром 45 мм и длиной 8 м. Глубину герметизации скважин при нагнетании принимают равной 5,5-6,5 м, величину неснижаемого опережения забоя скважинами - не менее 2 м. Выход скважин, расположенных в кутке забоя, за контур выработки не менее 1 м. Расстояние между концевыми частями скважин не должно превышать в подготовительных выработках и нишах лав 2,5 м, комбайновой части лав – 3 м. Массу заряда ВВ принимают равной 2,3-3 кг. Общая длина забойки должна быть не менее 3,5 м. Контроль эффективности способа также осуществляют по динамике газовыделения или параметрам акустического сигнала.

Бурение скважин для торпедирования осуществляют ручными электро- или пневмосверлами, с использованием для бурения скважин диаметром 55-60 мм резцов РУ-4м и буровых штанг из витой стали с наваренной по внешней части витков проволокой диаметром 5 мм. Скважины каждой новой серии (цикла) бурят на расстоянии не менее 0,5 м от предыдущей серии. Для удержания воды скважины располагают с наклоном вниз под углом 5-7°.

В качестве ВВ применяют скальный аммонал №1. Заряд однорядный сплошной колонковый. Воль патронов по длине заряда прокладывается детонирующий шнур (лента) и пеньковая веревка. Заряд обматывают суровой бязью и обвязывают шпагатом. Иницирование заряда - прямое осевое двумя патронами-боевиками. Соединение электродетонаторов е

одном заряде ВМ параллельное, а подсоединение зарядов в электровзрывную цепь последовательное.

Заряжение скважин диаметром 55-60 мм осуществляют с помощью металлических досыльников диаметром 8-10 мм с винтовым соединением секций длиной 1,5-3,0 м. На конце одной из секций устанавливается вилка, которая вводится в петлю на заряде при досылке его в скважину. Заряжение скважин диаметром 45 мм осуществляют деревянными досыльниками в торец заряда. После заряжения скважины заливают водой и производят взрывание зарядов с соблюдением требований режима сотрясательного взрывания.

Образование разгрузочных щелей (полостей) во вмещающих породах. Способ применяется при вскрытии пластов и проведении пластовых подготовительных выработок смешанным забоем комбайнами избирательного действия типа 4ПП-5 (рис.1.19).

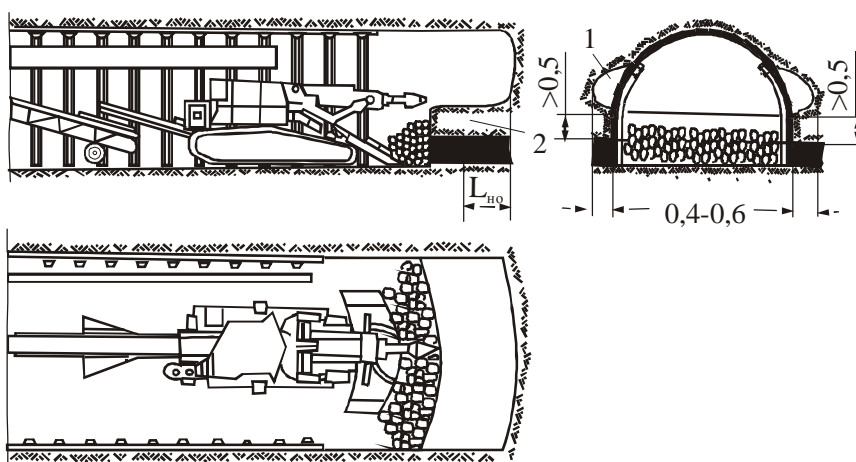


Рисунок 1.19 – Схема (технология) проведения выработок смешанным забоем с образованием разгрузочных щелей во вмещающих породах комбайнами избирательного действия

1 – разгрузочная щель (полость); 2 – предохранительный породный

Способ удачно сочетает технологию проведения выработки и устранения выбросоопасности за счет совмещения выемки вмещающих пород и одновременного образования щели (полости), уподобляющейся, по сути, защитному пласту в миниатюре.

Разгрузочную щель создают путем выемки вмещающих пород в кровле или почве пласта на глубину не менее 2 м с выходом за контур выработки не менее чем на 0,4 м, а на особо выбросоопасных пластах – не менее 0,6 м. При этом на крутых пластах щель в породах кровли за контуром создают только в верхней части. С целью исключения самовскрытия пласта между щелью и угольным пластом оставляют предохранительный породный слой толщиной не менее 0,5 м. Минимальная высота щели определяется диаметром исполнительного органа комбайна, максимальная - ограничивается проектным сечением выработки.

Контроль эффективности способа осуществляют по динамике газовыделения или по параметрам акустического сигнала.

Гидроотжим угольного пласта. Гидроотжим пласта может применяться в забоях очистных и подготовительных выработок за

исключением восстающих подготовительных выработок с углом более 25° и очистных потолкоуступных забоев на крутых и крутонаклонных пластах.

Сущность способа заключается в том, что в направлении подвигания забоя бурят шпуры (шпур) длиной 2,3-5,8 м. На глубине 2,0-5,5 шпуры герметизируют с оставлением камеры длиной 0,3 м, в которую под высоким давлением и при высоком темпе нагнетается вода. Такой режим нагнетания приводит к тому, что угольный пласт между забоем и камерой смещается (отжимается) в сторону выработанного пространства. Процесс этот сопровождается снижением напряженности выдвинутой части и интенсивным газовыделением. Отжим пласта протекает весьма интенсивно, поэтому, как правило, в выбросоопасных зонах происходят выбросы угля и газа, что накладывает определенные требования к технологии выполнения способа и существенно (в настоящее время практически полностью) ограничивает его применение.

К параметрам гидроотжима относятся: длина шпура, глубина герметизации шпура, расстояние между шпурами, расстояние от кутка до шпура, расстояние от второй обнаженной поверхности пласта до шпура, глубина выемки, максимальное и конечное давление нагнетаемой воды, продолжительность нагнетания, производительность насосной установки.

В очистных и подготовительных забоях шпуры для гидроотжима бурят в направлении движения забоя, в кутках - под углом, обеспечивающим выход фильтрующей части шпура за контур на 0,5 м.

Насосные установки, предназначенные для гидроотжима, должны иметь производительность не менее 30 л/мин и располагаться на свежей струе воздуха на расстоянии не менее 120 м от забоя подготовительной выработки (люди не ближе места расположения насосной установки) и не менее 20 м от забоя очистной выработки (люди на расстоянии не менее 30 м). В период нагнетания воды в пласт в выработках, расположенных на исходящей струе воздуха, запрещается ведение взрывных работ, а электроэнергия должна быть выключена.

Контроль эффективности гидроотжима может осуществляться по динамике газовыделения, но основным способом является контроль по выдвиганию пласта (забоя). Замер величины выдвигания пласта производят по смещению забивных реперов или реперов в шпурах длиной 0,3-0,7 м. Гидроотжим считается эффективным, если выдвигание забоя составит в очистных не менее 0,01, а в подготовительных выработках не менее 0,02 глубины герметизации, давление воды снизится до установленного конечного значения и произойдет выход воды на забой. В забоях подготовительных выработок, а также в очистных забоях, в кутках смещение пласта на боковых поверхностях на расстоянии 1,0 м от забоя должно составлять не менее 1 см.

Бурение опережающих скважин. Бурение опережающих скважин может применяться в подготовительных и очистных выработках на пластах любой мощности. Физический смысл устранения выбросоопасности с применением способа аналогичный описанному в способе вскрытия пласта

стволами с бурением дренажных скважин. Число скважин и схемы их расположения устанавливают таким образом, чтобы обеспечить разгрузку и дегазацию пласта в сечении выработки и за ее контуром на 4 м.

Параметрами способа являются: диаметр скважин, длина радиус эффективного влияния скважин, величина неснижаемого опережения скважинами забоя, расстояние между скважинами

Диаметр опережающих скважин должен составлять 80-250 мм, длину скважин не ограничивают, величина неснижаемого опережения на момент бурения новой серии скважин должна составлять не менее 5 м, а расстояние между скважинами не должно превышать $2R_{эф}$.

Радиус эффективного влияния скважин определяют опытным путем по изменению скорости газовыделения в измерительных камерах контрольных шпуров, пробуренных параллельно и на различных расстояниях от предполагаемого направления и места бурения опытной разгрузочной скважины. В основу методики положено увеличение газопроницаемости пласта и, как следствие, увеличение скорости газовыделения в измерительных камерах шпуров при формировании зоны неупругих деформаций вокруг опытной опережающей скважины в процессе и после ее бурения. За радиус эффективного влияния опережающей скважины принимают расстояние от нее до наиболее удаленного шпура, скорость газовыделения из которого увеличилась по трем замерам не менее чем на 10% по сравнению с последним значением скорости газовыделения до ее увеличения.

Контроль эффективности опережающих скважин осуществляется по измерению начальной скорости газовыделения и выходу бурового штыба.

Как отмечалось выше, два обстоятельства, по сути недостатка, практически полностью ограничивают применение этого, ранее широко применявшегося способа. Во-первых, очень высокая вероятность выброса при бурении скважин большого диаметра. Во-вторых, в реально выбросоопасных зонах радиус эффективного влияния резко уменьшается, что фактически приводит к неэффективности способа.

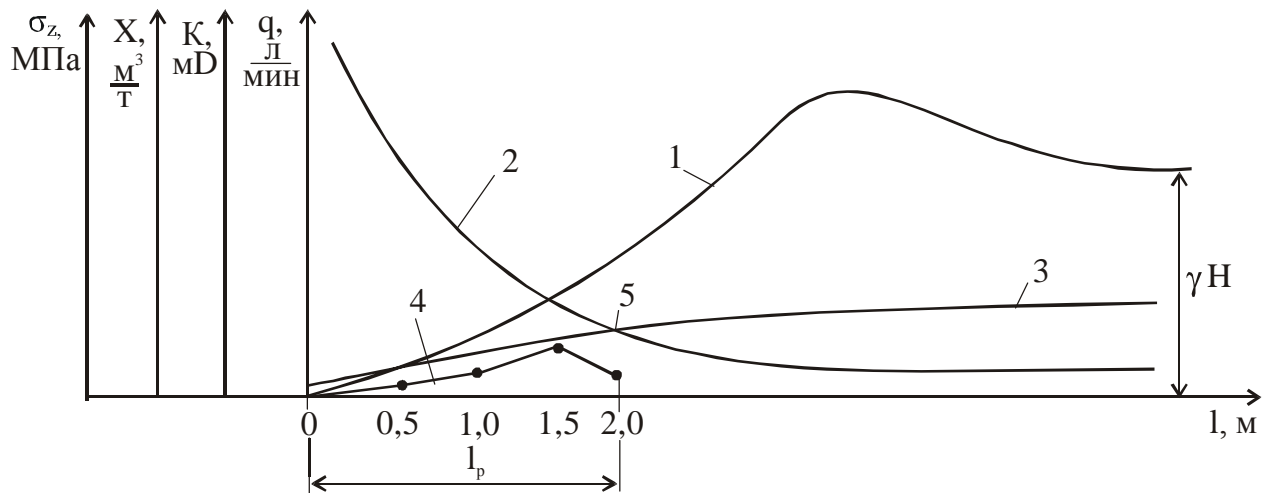
1.10 Контроль эффективности способов предотвращения выбросов угля и газа

Контроль эффективности способов предотвращения выбросов угля и газа по динамике газовыделения. Способ по своей сущности является способом оценки выбросоопасности призабойной части пласта обработанной или не обработанной противовыбросными мероприятиями, так как в основе способа положено определении величины безопасной зоны разгрузки призабойной части пласта, выемка угля в пределах которой не сопровождается выбросами угля и газа.

Способ основан на поинтервальном с интервалом 0,5 м бурении шпуров диаметром 42 мм. На каждом интервале с помощью газозатвора ЗГ-1 герметизируют измерительную камеру длиной 0,2 м и прибором ПГ-2МА

определяют начальную скорость газовыделения. По характеру изменения (динамике) скорости газовыделения по длине шпура делают заключение о размерах (протяженности) безопасной зоны разгрузки пласта.

Физическая сущность динамики газовыделения заключается в



следующем (рис. 1.20).

Вблизи груди забоя из-за низкой напряженности 1 пласта и высокой газопроницаемости 2 пласт дегазирован практически до уровня остаточной газоносности 3. Поступление газа по системе трещин в газовую камеру шпура незначительно, что определяет на первом (первых) интервалах близкие к нулевым значения скорости газовыделения 4. По мере углубления в массив в связи с ростом напряженности и уменьшением газопроницаемости происходит увеличение газоносности, что приводит при достаточном уровне газопроницаемости к закономерному увеличению (нередко стабилизации) скорости газовыделения на последующих интервалах измерения. При достижении определенного уровня напряженности (порядка 2,0-2,9 МПа) из-за смыкания системы трещин газопроницаемость пласта на границе (точке) 5

Рисунок 1.20 – К обоснованию физической сущности динамики начальной скорости газовыделения

1, 2, 3 – зависимости соответственно вертикальной компоненты напряжений σ_z , коэффициента газопроницаемости K и газоносности X от расстояния до забоя l ; 4 – график поинтервального измерения начальной скорости газовыделения q в интервалах бурения шпура 0,5, 1,0, 1,5 и 2,0 м (динамика газовыделения); 5 – граница области практически нулевой газопроницаемости; l_p – протяженность безопасной зоны разгрузки пласта, м

становится практически нулевой. На этом интервале, несмотря на высокую газоносность пласта, происходит снижение скорости газовыделения. Расстоянием от забоя до этого интервала и определяется протяженность (размеры) безопасной зоны разгрузки l_p . Граница безопасной зоны разгрузки может рассматриваться как своеобразный, определенного уровня напряженности газовый барьер, за пределами которого дегазация пласта практически отсутствует, а выемка угля в выбросоопасной зоне делает реальным возникновение выброса угля и газа. В сущности динамика

газовыделения является интегральной характеристикой напряженно-деформированного и газодинамического состояния пласта.

На практике за безопасную зону разгрузки принимается расположение интервала, на котором рост или стационарность скорости газовыделения при поинтервальных замерах скорости сменится падением не менее чем на 15% по сравнению с предыдущим замером. При максимальной скорости газовыделения до 0,8 л/мин зона разгрузки считается равной длине шпура плюс 1 м. Если скорость газовыделения равна или превышает 0,8 л/мин и нет ее падения – зона считается равной длине шпура плюс 0,5 м.

Допустимая глубина выемки в пределах зоны разгрузки определяется с запасом неснижаемого опережения 1,3 м, т. е.

$$l_{в} = l_{р} - 1,3 \text{ м.}$$

В случае если установлено, что глубина выемки за цикл больше величины зоны разгрузки или неснижаемое опережение менее 1,3 м способ считается неэффективным и работы по выемке угля в выработке должны быть прекращены. Дальнейшее ведение работ в забое возможно после повторного выполнения способов предотвращения выбросов, изменения их параметров, пересмотра способов, временной (не менее смены) остановки работ по углю и повторного определения величины зоны разгрузки.

Контрольные шпуры в подготовительных выработках, нижних печках лав на крутых пластах и в нишах лав на пологих пластах располагают на расстоянии до 0,5 м от кутков и ориентируют их по ходу движения забоя или параллельно скважинам, через которые осуществляют предотвращение выбросов на расстоянии от них не менее 0,4 м³. При применении разгрузочных пазов контрольные шпуры бурят параллельно пазам на расстоянии 1,0-1,5 м. В прямолинейной части лав шпуры бурят в направлении подвигания забоя и располагают их между скважинами или на расстоянии не более 10 м друг от друга. При контроле эффективности пазов, щелей и гидроотжима контрольные шпуры бурят на глубину не превышающую глубину щелей, пазов и шпуров для гидроотжима. Основные варианты схем расположения шпуров при контроле за эффективностью гидрорыхления, разгрузочных пазов и торпедирования приведены ранее на рисунках. 21.17 – 21.20.

Способ определения величины зоны разгрузки призабойной части пласта по параметрам акустического сигнала. Способ основан на зависимости параметров акустического сигнала от напряженно-деформированного состояния призабойной части угольного пласта и предусматривает регистрацию акустического сигнала, формирующегося при бурении шпуров (скважин) в угольном пласте и его обработку на персональном компьютере. Область применения способа - очистные и подготовительные выработки на угрожаемых, выбросоопасных и особо выбросоопасных угольных пластах, в которых осуществляется контроль

эффективности противовыбросных мероприятий или производится определение безопасной глубины выемки угля.

Способ выполняют в соответствии с Руководством по применению на шахтах Донбасса способа определения величины зоны разгрузки призабойной части выбросоопасного угольного пласта. В качестве специальных средств для реализации способа используются: система передачи акустического сигнала из забоя на поверхность (типа АПСС) или шахтный регистратор (типа РАМШ); персональный компьютер, совместимый с IBM; программа МакНИИ обработки и анализа акустической информации.

При контроле эффективности противовыбросных мероприятий или определении безопасной глубины выемки угля расположение, количество и диаметр шпуров определяется аналогично, как и для динамики газовыделения. Длина шпуров (скважин) должна быть не менее 3,5 метра. Для контроля эффективности противовыбросных мероприятий шпуры (скважины) необходимо бурить на 1 м длиннее глубины обработки пласта, которую обеспечивает применяемый способ.

Для регистрации акустического сигнала сейсмоприёмник (подземный блок АПСС) устанавливается на расстоянии 3-10 м от скважины по длине (ширине) забоя и подключается к магнитному регистратору или системе передачи сигнала на поверхность. Сейсмоприёмник закрепляется на глубине 0,3-0,5 м путём расклинивания в шпуре диаметром не менее 42 мм, расположенном в угле или вмещающих его породах.

Бурение шпуров (скважин) производится непрерывно или поинтервально на проектную глубину. При бурении фиксация глубины шпура (скважины) осуществляется через 0,5 м для пластов мощностью до 1 м и через 1 м для всех остальных. Регистрацию акустического сигнала и контроль за бурением осуществляет горный мастер прогноза, а обработку акустического сигнала на компьютере – оператор сейсмопрогноза.

Величина зоны разгрузки равна расстоянию от забоя до интервала бурения шпура (скважины), на котором соблюдаются следующие условия: энергия акустического сигнала после достижения максимального значения уменьшилась не менее чем в полтора раза, амплитуда высокочастотной составляющей уменьшилась в двух и более интервалах и значение отношения низко- и высокочастотной составляющей на этих интервалах не уменьшается.

1.11 Безопасное проведение выработок по выбросоопасным породам

Проведение выработок по выбросоопасным породам в незащищенных зонах осуществляют с применением прогноза их выбросоопасности и способов борьбы с выбросами.

При подходе вскрывающей выработки к выбросоопасному песчанику из забоя выработки, начиная с 10 м по нормали, бурят не менее двух (с 5 м керновых) разведочных скважин глубиной более 5 м для уточнения условий залегания песчаника.

Перед вскрытием выбросоопасного песчаника или песчаника, выбросоопасность которого неизвестна, на глубине 600 м и более при подходе к нему с расстояния не менее 4 м необходимо осуществлять прогноз выбросоопасности.

Если прогноз выбросоопасности не производят или прогнозом установлено, что пласт песчаника выбросоопасный, то подход к нему с расстояния не менее 4 м, пересечение и отход от него на расстояние не менее 4 м при проведении выработки буровзрывным способом осуществляют в режиме сотрясательного взрывания.

Вскрытие выбросоопасного песчаника мощностью 0,5 м и менее на глубине более 600 м производят сотрясательным взрыванием без предварительного прогнозирования выбросоопасности и без применения противовыбросных мероприятий.

При проведении выработок буровзрывным способом вблизи выбросоопасного песчаника взрывные работы должны вестись в режиме сотрясательного взрывания при расстоянии по нормали от песчаника высокой степени выбросоопасности менее 4 м, средней степени выбросоопасности - менее 3 м и низкой степени выбросоопасности - менее 2 м.

В неопасных зонах, установленных прогнозом, проведение выработок может осуществляться без применения противовыбросных мероприятий, а взрывные работы - в режиме, предусмотренном для газовых шахт. Проведение выработок по выбросоопасным породам без применения способов борьбы с выбросами производится при опережающей отработке защитного угольного пласта.

При проведении выработок в выбросоопасных породах следует применять шпуров длиной 1,6-1,8 м. При проходке вертикальных стволов буровзрывным способом по выбросоопасным породам допускается длина шпуров не более 4,5 м.

При проходке вертикальных стволов комбайнами управление комбайном при вскрытии и пересечении выбросоопасных песчаников должны осуществлять дистанционно с поверхности при полном отсутствии людей в стволе и на поверхности не ближе 50 м от ствола.

Прогноз выбросоопасности пород (песчаников) Донбасса. Выбросоопасность пород прогнозируется по данным разведочного бурения с поверхности или из горных выработок. Прогнозирование осуществляют по делению кернов на диски и наличию в кернах кольцевых трещин, комплексному показателю «В», величине эффективной поверхностной энергии (ЭПЭ) и акустическим методом (применяется только при проведении выработок).

Прогноз по данным разведочного бурения с поверхности дает возможность оценить выбросоопасность пород в пределах геолого-промышленного района или отдельных шахтных полей с целью выбора при проектировании шахт наиболее устойчивых и невыбросоопасных пород для проведения полевых выработок. В случае если пласт песчаника по данным

разведочного бурения определен как выбросоопасный, степень его выбросоопасности может быть уточнена при проведении выработок на основании анализа кернового материала, полученного при бурении скважин диаметром 59-76 мм в направлении подвигания забоя, или по величине ЭПЭ.

Характерной особенностью дисков и кольцевых трещин, образующихся при бурении керновых скважин в выбросоопасных пластах песчаника, отличающий их от дисков и трещин, образование которых обусловлено не выбросоопасностью, а режимом бурения или петрографическими особенностями песчаника, является перпендикулярность к оси скважин плоскостей ограничивающих кольцевые трещины или диски выпукло-вогнутой формы, с выпуклостью, направленной в сторону забоя скважины.

Признаки степени выбросоопасности пород следующие: наличие более 30-40 выпукло-вогнутых дисков в I м кернов - зона высокой степени опасности, возможны выбросы силой более 500 т; наличие в 1 м кернов не более 20-30 дисков, перемежающихся породными цилиндрами длиной 50-100 мм с характерными кольцевыми трещинами - зона средней степени опасности, возможны выбросы силой менее 500 т; выход кернов размером 150-200 мм и более, опоясанных трещинами и перемежаемых единичными дисками - зона невысокой степени опасности, возможны выбросы до 50-100 т; отсутствие дисков (кольцевых трещин) - зона невыбросоопасная.

Определение выбросоопасности пластов песчаников комплексному показателю «В» ведут в следующем порядке.

I этап. Осуществляют визуальный осмотр кернового материал с глубины свыше 600 м, описывают структурно-текстурные особенности песчаников, на основании чего их разделяют по зернистости и слоистости на генетические типы, выделяют более светлые (темные) слои, особое внимание обращают на наличие и регистрацию выпукло-вогнутых дисков и характер кольцевых трещин.

II этап. Производят отбор проб песчаника: в местах деления кернов на диски или наличия кольцевых трещин (выбросоопасный слой); в этом же пласте песчаника, но в невыбросоопасном слое (или в ближайшем пласте песчаника), который характеризуется, во-первых отсутствием дисков или кольцевых трещин, во-вторых более темным цветом.

Пробы не отбирают и песчаники на глубинах 600 м и более относят к невыбросоопасным на участках детальной разведки и доразведки углей марок Д, Т, А, а также части марки Г со значениями показателя отражения R_0 менее 0,75 у.е. и содержания углерода С менее 84%.

III этап. При наличии в керне песчаника дисков (кольцевых трещин) по пробам, отобраным в выбросоопасном и невыбросоопасном слоях, определяют по стандартным методикам: временное сопротивление растяжению по методу раскалывания кернов, пористость общую или эффективную, содержание цемента, кварца обломочного и кварца регенерированного; размеры зерен породобразующих материалов.

IV этап. Сопоставляют величины показателей, характеризующих свойства песчаников выбросоопасного и невыбросоопасного пластов (слоев).

Пласт песчаника, в котором обнаружено разделение керна на диски (наличие кольцевых трещин), относят к выбросоопасным, если при выполнении экспериментальных работ, предусмотренных этапом Ш, будет установлено отличие физико-механических и петролого-минералогических свойств песчаников различных слоев, при котором: временное сопротивление растяжению песчаника выбросоопасного слоя в 1,5-2 раза ниже временного сопротивления растяжению песчаника невыбросоопасного слоя; пористость песчаника выбросоопасного слоя в 1,5-2 раза выше пористости песчаника невыбросоопасного слоя того же пласта; процентное содержание кварца в песчаниках выбросоопасных слоев в 1,3-1,5 раза больше, процентное содержание цемента в 2-3 раза меньше, а размеры зерен породо-образующих минералов примерно в 2 раза больше чем в песчаниках невыбросоопасных слоев одного и того же выбросоопасного пласта.

Отсутствие выбросоопасности у песчаников, в кернах которых не обнаружены диски (кольцевые трещины), дополнительно контролируется путем сопоставления с табличными показателями выбросоопасности.

Комплексный критерий выбросоопасности «В» определяют как среднеарифметическое критериев выбросоопасности для двух групп показателей. Слои песчаников, характеризующиеся величинами «В» в пределах 0,8-1,0, относят к высокой степени выбросоопасности. При величине В, равной 0,6-0,8 и 0,4-0,6, песчаники относят соответственно к средней и низкой степени выбросоопасности. Критерий «В», меньший 0,4, указывает, что слои песчаников являются невыбросоопасными. Выбросоопасность песчаников в интервалах, где керн разделился на диски, соответствует критерию «В», равному 0,8-1,0, в интервалах развития кольцевых трещин - 0,6-0,8.

Прогноз выбросоопасности пород по эффективной поверхностной энергии (ЭПЭ) осуществляют по данным разведочного бурения с поверхности или из горных выработок. Длина и диаметр скважин не ограничиваются.

Определение выбросоопасности песчаника ведут в следующем порядке.

I этап. Производят отбор проб песчаника: в скважинах, пробуренных вкрест простирания, с каждого метра или с каждого слоя, если мощность его менее 1 м; в скважинах, пробуренных по простиранию через 2,5 м. Пробы отбирают в виде части керна длиной не менее 200 мм. При делении кернов на диски отбирают несколько дисков общей длиной не менее 200 мм.

II этап. Из каждой отобранной пробы изготавливают не менее трех образцов для определения величины эффективной поверхностной энергии по стандартной методике - модуль упругости.

III этап. Для каждой пары смежных проб определяют фактический перепад поверхностной энергии по отношению величин ЭПЭ дальнего слоя к ближнему относительно забоя выработки.

Песчаник считают выбросоопасным, если величина фактического перепада $n = \Gamma_2/\Gamma_1$ больше рассчитаного по формуле критического значения

$$n_{кр} = \left(\frac{20\sqrt{E_2\Gamma_2}}{\gamma H} \right)^{1/2},$$

а фактическая (измеренная) эффективная поверхностная энергия больше ее критического значения

$$\Gamma_{факт} > \Gamma_{кр} = 10^{-3} n^2 \gamma H, \text{ кгс / см}^2,$$

где Γ_1 и Γ_2 - ЭПЭ ближнего и дальнего слоя соответственно; E_2 - модуль упругости дальнего слоя, кгс/см².

Для проведения акустического прогноза применяют звукоулавливающую аппаратуру типа ЗУА и низкочастотные анализаторы спектров типа С4-48. Сейсмоприемник помещают в шпур диаметром 42 мм, который бурят на расстоянии 15-50 м в бок выработки в выбросоопасном слое песчаника на глубину не менее 1 м, жестко расклинивают и герметизируют.

До начала ведения прогноза на пласте песчаника проводят разведочные наблюдения. Для этого по оси будущей выработки в выбросоопасном слое песчаника бурят разовую керновую скважину и проводят оценку выбросоопасности песчаника по делению кернов на диски.

При проведении выработки комбайном в разведанной зоне породного массива определяют среднее значение отношения амплитуд в невыбросоопасной зоне. Оценку выбросоопасности пород производят по критерию, представляющему собой отношение K_n текущих значений амплитуд акустического сигнала, определенных на частотах 2000 и 300 Гц в прогнозируемой зоне K_i , к среднему значению отношения амплитуд акустического сигнала на этих же частотах в неопасных зонах K_n . Прогноз «опасно» меняют на «неопасно» при снижении значений критерия прогноза до величины $K_n < 1$ и подвиганием забоя выработки на 2 м.

Способы борьбы с выбросами пород (песчаников). Для предотвращения и снижения вероятности выбросов песчаников разработаны следующие способы: оптимизация параметров буровзрывных работ; проведение выработки с опережающим забоем; возведение заградительных перемычек; образование разгрузочных щелей; применение комбайнов со специальным исполнительным органом.

Способ оптимизации параметров буровзрывных работ по своей сущности не предназначен для предотвращения выбросов породы и газа и основан на разрушении только части массива в проектном сечении выработки или проведение выработки с опережающим забоем уменьшенного сечения и взрывании зарядов в обоих забоях за один прием с замедлением от проектного сечения к уменьшенному.

В первом случае производят взрывания зарядов в 2-4-х шпурах. Последующий за этим выброс разрушает породы оставшейся части проектного

сечения, совершая полезную работу, а разрушенная выбросом порода, оставшаяся в непосредственной близости от забоя, обусловит более быстрое затухание выброса и, как следствие, уменьшение его силы (интенсивности). При расчете зарядов шпуров следует исходить из того, что расход ВВ на разрушение 1 м^3 породы должен составить 0,8-1,5 кг непродохранительных ВВ. При применении предохранительных ВВ расход следует увеличивать на 25-30%.

Во втором случае (рис. 1.21) соотношение сечения опережающего забоя проводимой выработки и отставание забоя от опережающего должно быть таким, чтобы отбитая при взрывании проектного забоя порода полностью перекрывала сечение опережающего забоя. В зонах высокой степени выбросоопасности рекомендуется в опережающем забое бурить не более 12 шпуров, располагая отбойные шпуры по эллиптическому контуру. В зонах невысокой и средней степени выбросоопасности бурение отбойных шпуров в передовом забое по эллиптическому контуру необязательно, число их может быть увеличено. В забое проектного сечения шпуры располагают в один ряд на расстоянии не более 0,6 м от стенок опережающего забоя выработки. Если одного ряда шпуров недостаточно для доведения выработки до проектных размеров, взрывание зарядов шпуров в отстающем забое производят в несколько очередей.

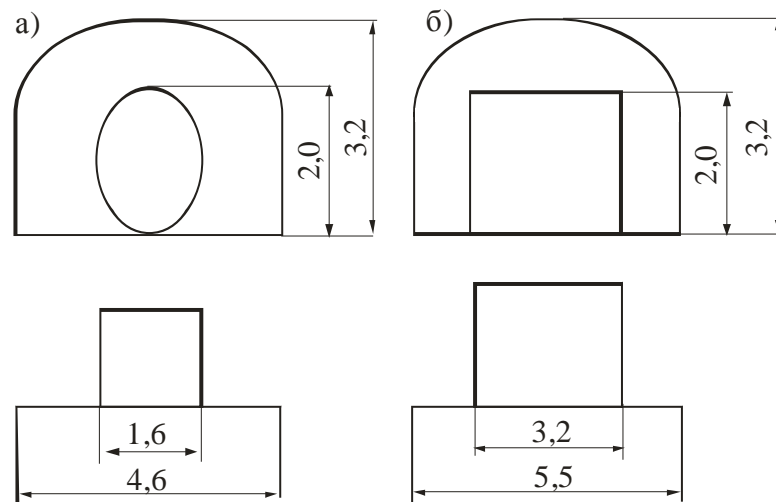


Рисунок 1.21 – Схема проведения выработок с опережающим забоем
а – в зонах высокой степени опасности; б – в зонах средней и невысокой степени опасности

Возведение заградительных перемычек в комплексе со специальными параметрами БВР. Способ заключается в том, что на определенном расстоянии от забоя устанавливают заградительную канатную перемычку, а взрывными работами разрушают только часть пород в сечении выработки. При этом взорванная и выносимая выбросом порода не отбрасывается, а заполняет пространство до

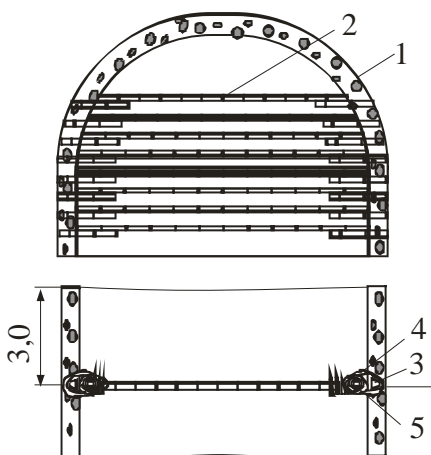


Рисунок 1.22 – Схема установки заградительной перемычки

1 – бетонная крепь; 2 – перемычный канат; 3 - арка; 4 – кольцо из каната; 5 – шпильчатый канат

перемычки, тормозя развитие выброса.

Для возведения заградительной перемычки кольца из канатов подводят под стойку арки в момент ее установки или подвязывают к ней после установки. При сборке опалубки кольца закрепляют на нужной высоте и в таком положении бетонируют. Перед заряджанием шпуров петли канатов накладывают на кольца и закрепляют шплинтовочным канатом большого диаметра (рис. 1.22).

Канатную перемычку устанавливают на расстоянии от забоя 3,0-3,5 м. Расстояние от почвы выработки до нижнего каната принимают 0,5-0,6 м, между канатами 0,15-0,2 м, а от верхнего каната до кровли выработки 0,6-0,8 м. Диаметр канатов для перемычки 22-25 мм, канатов для колец 18-20 мм, шплинтовочного каната 59 мм. Длина каната перемычки должна быть на 0,14 м больше ширины выработки.

Заградительные перемычки в комплексе со специальными параметрами буровзрывных работ применяют при проведении выработок в зонах высокой степени выбросоопасности. В случае необходимости перемычки могут быть установлены в несколько рядов.

Образование разгрузочных щелей. Разгрузочные щели в выбросоопасных породах могут быть плоскими (рис. 1.23, а) или расположенными по контуру выработки (рис. 1.23, б).

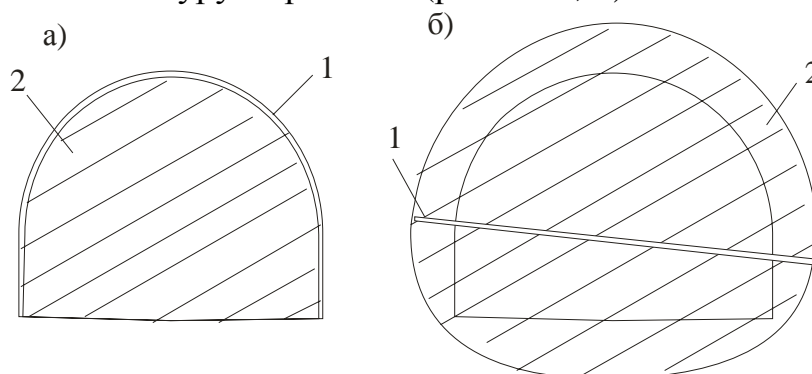


Рисунок 1.23 - Схема расположения разгрузочной щели по контуру выработки а) и плоской б)

1 – разгрузочная щель; 2 – защищенная зона в сечении выработки по длине щели)

Ширина щели должна быть не менее 20 мм. Глубина щели регламентируется технической характеристикой установки для образования щели и должна превышать величину цикла проведения выработки на величину неснижаемого опережения равного не менее 0,3 м. Плоская щель должна по длине выходить за контур выработки в обе стороны по 0,6 м.

После образования разгрузочной щели разрушение породного массива в пределах проектного сечения контура выработки может производиться механическим или буровзрывным способом.

Проведение выработок комбайнами со специальным исполнительным органом. Предотвращение выбросов при проведении выработок по выбросоопасным породам проходческими комбайнами

достигается за счет уменьшения скорости деформации упругого восстановления массива путем регулирования режима разрушения пород и снижения напряжений на контуре выработки приданием ей круглой, а забоя - полусферической формы. Разрушение породного массива осуществляют комбайнами со специальным исполнительным органом сферической формы.

Скорость проведения выработок по выбросоопасным породам определяется по формуле

$$v = 0,9 / l$$

где $l = 0,38ВД$ - глубина полусферы забоя при разрушении пород; В - показатель выбросоопасности пород; Д - диаметр выработки, м.

При высокой степени выбросоопасности пород скорость проведения выработки не должна превышать 0,5 м/ч, а при средней - 1 м/ч. Контроль режима работы комбайна производят по данным акустического прогноза выбросоопасности пород.

Изложенные требования распространяются и на проведение вертикальных стволов стволопроходческими комбайнами.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Предотвращение газодинамических явлений	3
1.1 Общие сведения	3
1.2 Современные представления о природе и механизме выбросов угля и газа	15
1.3 Основные требования и порядок применения комплекса мер при разработке выбросоопасных и угрожаемых шахтопластов	22
1.4 Общая организация работ по борьбе с внезапными выбросами угля, породы и газа	26
1.5 Способы прогноза выбросоопасности	28
1.6 Опережающая отработка защитных пластов	34
1.7 Региональные способы предотвращения выбросов угля и газа	43
1.8 Способы предотвращения выбросов угля и газа при вскрытии угольных пластов	46
1.9 Локальные способы предотвращения выбросов угля и газа	52
1.10 Контроль эффективности способов предотвращения выбросов угля и газа	60
1.11 Безопасное проведение выработок по выбросоопасным породам	63