

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
Донецкий национальный технический университет
ДонНТУ
Кафедра охраны труда и аэрология**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
по учебной дисциплине

**ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОЙ РАЗРАБОТКИ ВЫБРОСООПАСНЫХ
ПЛАСТОВ**

Направление подготовки – 6.050301 «Горное дело»

- 8.05030101 Разработка месторождений и добыча полезных ископаемых (РПМ),
Разработка месторождений и добыча полезных ископаемых.
Специализация – Охрана труда в горном производстве (ОТ),
Разработка месторождений и добыча полезных ископаемых.
Специализация – Управление горными предприятиями (УГП),
8.05030102 Шахтное и подземное строительство (Ш).

Горный факультет (ГФ)

РАССМОТРЕНО
на Заседании кафедры
охраны труда и аэрологии
протокол № 4 от 16.11. 2015 г.

УТВЕРЖДЕНО
на Заседании учебно-издательского
совета ДонНТУ
протокол № 4 от 10.12.2015 г.

Донецк - 2015

УДК 328.831.322

Курс лекций по дисциплине «Проблемы безопасной разработки выбросоопасных пластов» для студентов специальностей 8.05030101 (РПМ, ОТ, УГП, Ш), 8.05030102 (Ш) дневной и заочной форм обучения, подготовлен в соответствии с учебной программой, утвержденной министерством образования и науки ДНР, в соответствии с решением учебно-издательского Совета ДонНТУ. Курс лекций предназначен для студентов горных специальностей дневной и заочной форм обучения.

Составители: Булгаков Ю.Ф., Овчаренко В.Л. – Донецк, ДонНТУ, 2015г. – 84с.

В Разделе I «Введение к курсу лекций «Проблемы безопасной разработки выбросоопасных пластов» излагаются общие сведения о газодинамических явлениях в шахтах при разработке угольных пластов, современные представления о природе и механизме выбросов угля и газа.

В Разделе II «Общие положения» приводятся характеристики газодинамических явлений, разделение угольных пластов на категории опасности по газодинамическим явлениям, порядок отработки пластов, склонных к ГДЯ, рассматриваются вопросы организации работ по борьбе с газодинамическими явлениями, их расследования и учета.

В Разделе III «Прогноз выбросоопасности угольных пластов и пород» рассматриваются вопросы прогнозирования выбросоопасности угольных пластов, горных пород, горных ударов, безопасной технологии ведения горных работ на пластах, склонных к ГДЯ, предотвращения газодинамических явлений при вскрытии угольных пластов, организации работ по борьбе с газодинамическими явлениями.

В Разделе IV «Способы предотвращения газодинамических явлений» приводятся региональные и локальные способы снижения выбросоопасности угольных пластов, технологические схемы выемки угля в очистных и подготовительных забоях, способы управления кровлей.

В Разделе V. «Мероприятия по обеспечению безопасности работающих» в качестве координальных мер по обеспечению безопасности работающих на выбросоопасных пластах приводятся: метод ведения горных работ в режиме сотрясательное взрывания; требования соблюдения последовательности выполнения технологических процессов и противовыбросных мероприятий; требования, предъявляемые к машинам и механизмам; устройству и использованию индивидуальных и групповых средств жизнеобеспечения; действиям работников в аварийных ситуациях.

Представленный курс лекций поможет повысить качество подготовки студентов горных специальностей дневной и заочной форм обучения в области безопасности и охраны труда, способствовать хорошему усвоению, изложенного в лекциях материала.

Составители:	Ю.Ф. Булгаков, проф., д.т.н. В.Л. Овчаренко, к.т.н., доц.
Рецензенты:	В.В. Яйло, доц., к.т.н.
Ответственный за выпуск	Ю.Ф.Булгаков, проф. д.т.н.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел I. Введение	4
Лекция 1. Общие сведения о газодинамических явлениях	4
Лекция 2. Современные представления о природе и механизме выбросов угля и газа	12
Раздел II. Общие положения	20
Лекция 3. Газодинамические явления, их характеристика. Разделение пластов на категории опасности по газодинамическим явлениям (ГДЯ). Порядок отработки пластов, склонных к ГДЯ	20
Лекция 4. Организация работ по борьбе с ГДЯ. Расследование и учет ГДЯ	23
Раздел III. Прогноз выбросоопасности угольных пластов и пород	29
Лекция 5. Прогноз выбросоопасности угольных пластов	29
Лекция 6. Прогноз выбросоопасности горных пород. Способы борьбы с выбросоопасностью пород	36
Лекция 7. Прогноз удароопасности горных пород. Способы борьбы с удароопасностью горных пород. Безопасная технология ведения горных работ	41
Лекция 8. Предотвращение газодинамических явлений при вскрытии угольных пластов	43
Лекция 9. Организация работ по борьбе с ГДЯ на предприятии	49
Раздел IV. Способы предотвращения газодинамических явлений	54
Лекция 10. Региональные и локальные способы снижения выбросоопасности угольных пластов	54
Лекция 11. Локальные способы предотвращения газодинамических явлений	71
Лекция 12. Технологические схемы выемки угля в очистных забоях, управление кровлей	74
Раздел V. Мероприятия по обеспечению безопасности работающих	76
Лекция 13. Сотрясательное взрывание. Инструкция по сотрясательному взрыванию	76
Лекция 14. Последовательность выполнения технологических процессов и противовыбросных мероприятий	79
Лекция 15. Требования к машинам и механизмам. Индивидуальные и групповые средства жизнеобеспечения. Действия работников в аварийных ситуациях	82
Литература	84

Раздел I. Введение

Лекция 1. Общие сведения о газодинамических явлениях

Газодинамические явления (ГДЯ), происходящие при строительстве и эксплуатации шахт, оказывают негативное влияние на ведение технологических процессов проведения выработок и добычи угля и являются причиной травматизма со смертельным исходом.

Газодинамические явления связаны с понятием «внезапные выбросы», уходящим в историю, в те времена, когда это неожиданное и необычное по своей природе явление происходило внезапно. Вплоть до 1948 г оно характеризовались специалистами Франции, Бельгии, Германии и других стран, в том числе России и СССР как внезапные выделения газа – метана. Такая трактовка явления исходила из отсутствия знаний о его природе, неизученности этого явления и отсутствия мер по его предупреждению [1, 5].

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, 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. Сведения о выбросах угля и газа в Донецком бассейне в 1946-1987 г. по геолого-промышленным районам приведены в табл. 1.

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.

С 1993 г. общее руководство проблемой, координацией и контролем за выполнением научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ и ряд других функций было поручено Центральной комиссии по борьбе с газодинамическими явлениями в шахтах угольной промышленности Украины.

Таблица 1. Сведения о выбросах угля и газа в Донецком бассейне в 1946-1987 г. по геолого-промышленным районам

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

Профилактика газодинамических явлений может быть эффективной только при условии строгого соблюдения правил безопасности при ведении работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям.

Газодинамические явления обусловлены изменением (перераспределением) ряда факторов: напряжённо - деформированного и газодинамического состояния угольных пластов и вмещающих пород при ведении горных работ; наличием в пластах и породах газа, находящегося под давлением в сотни атмосфер; особенностями структуры и физико-механических свойств угля и пород. Они отличаются между собой степенью их участия в подготовке и протекании процессов в угольно-породном массиве. Эти факторы 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; геомеханические, характеризующие изменение напряженно-деформированного и газодинамического состояния угленосной толщи в зависимости от пространственно - временных соотношений развития горных работ на разрабатываемом и соседних пластах. Их сочетание обуславливают разнообразие газодинамических явлений, к которым согласно «Правилам ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям» (СОУ 10.1.00174088.011-2005), разработанных Макеевским научно-исследовательским институтом безопасности работ в горной промышленности (МакНИИ), относятся: внезапные выбросы угля и газа; обрушения (высыпания) угля; выдавливания (отжимы) угля; горные удары; выбросы породы и газа; прорывы газа из почвы выработок. Обрушения угля относятся к этой группе неправомерно, так как основной причиной обрушения (высыпания)

угля является несвоевременное или некачественное крепление нависающего газоносного угольного массива, т.е. спровоцированное нарушением технологии крепления, предусмотренной паспортом ведения очистных работ.

Наиболее многочисленные выбросы угля и газа, происходящие при производстве сотрясательного взрывания, безлюдной выемке угля и т. п., фактически не относятся к категории внезапных, так как возможность их возникновения предусматривается технологией ведения горных работ

подавляющее число выбросов пород на шахтах Донбасса, до настоящего времени, происходили только при взрывных работах, производимых в режиме сотрясательного взрывания, и не сопровождались травматизмом.

Выброс угля и газа можно определить как быстропротекающее разрушение призабойной части пласта, возникающее при перераспределении в нём напряжений, распространяющихся от забоя выработки (скважины) в глубину массива, сопровождающееся отбросом (выбросом) угленосной массы (иногда на сотни метров), характеризующееся повышенным, по сравнению с обычным, газовыделением и образованием в угольном пласте характерной полости 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. В выбросоопасных зонах, обусловленных локальной природной 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.

Установлено, что выбросоопасные зоны составляют 1-5% площади шахтопласта. В большинстве случаев выбросоопасные зоны приурочены к так называемым активным геологическим нарушениям с препарированным углем. Выбросоопасность этих зон воз-

растает 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 60 – 100 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 32с было выброшено 14000 т угля, засыпано 800м квершлага, из разрушенного угля и стенок полости выброса выделилось (десорбировалось) свыше 250 000 м³ газа. Под действием распространяющегося газоугольного 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 газоугольном 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.

Поражающими факторами при выбросах угля и газа являются механическое воздействие разрушенного угля, воздушная ударная волна, удушающее и отравляющее действие выделяющегося газа – гипоксия или кислородное голодание клеток головного мозга, происходящее при снижении содержания кислорода ниже 16% вследствие его замещения метаном и его гомологами. Локальное и случайное расположение зон выбросоопасности шахтопластов и относительная «мгновенность» возникновения и протекания выброса угля и газа придают особое значение знанию предупредительных признаков внезапных выбросов угля и газа, позволяющее работающим в забое своевременно покинуть его и та-

ким образом обеспечить свою безопасность. Это непосредственно относится к горным работам на пластах, склонных и опасных по ГДЯ, и проводимых без прогноза выбросоопасности.

Из предупредительных признаков наиболее информативными и достоверными являются:

- выдавливание угля призабойной части пласта, создающее эффект движения забоя на работающего;

- отскакивание мелких кусочков угля от забоя (стреляние), создающее эффект шелушения и переливания забоя;

- повышенный выход штыба и газа при бурении скважин (шпуров), заклинивание бурового инструмента, 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 параллельно линии очистного забоя и глубина ее незначительна (всегда меньше длины и ширины). Выдавливание угля и газа, 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 [1].

При классификации газодинамических явлений в подготовительной выработке пологого пласта осложнения обычно не возникают, полости, как правило, выходят за проектный контур стенки выработки. 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_n , заполненное углем на полное сечение к общей длине отброса L_o , т. е.

$$B_r = L_n / L_o.$$

В случае $B \gamma \geq 0,3$ газодинамическое явление следует классифицировать как выброс угля и газа, при $B \gamma < 0,3$ – как обрушение.

При проведении мероприятий по предупреждению ГДЯ на крутых пластах необходимо учитывать особенности обрушений (высыпаний) угля на шахтах Центрального района Донбасса, так как неоправданное применение противовыбросных мероприятий может наоборот способствовать склонности пласта к обрушению.

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. Мощность 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 *gock burst*) могут происходить (и происходят) только начиная с определенной глубины ведения горных работ при достижении горным массивом предельного или критического напряжённого состояния. В этом главная (природная и технологическая) общность явлений.

По месту возникновения горные удары можно разделить на три группы.

Первая группа. Классические горные удары, происходящие в над-подштрековых и других охранных целиках, в том числе оставленных в выработанных пространствах.

Вторая группа. Горные удары характеризующиеся 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 принципиально от выбросов тем, что они непосредственно, в ряде случаев, могут быть не связаны с ведением работ по выемке угля в забое. Разрушение части угольного массива или целиков может происходить через продолжительный (иногда весьма значительный) период времени после проведения здесь выработки. На этих участках должна была произойти дегазация пласта и выбросов не должно быть. Однако этого не произошло. Это свидетельствует о том, что при ведении горных работ не произошла разрядка напряжённого состояния горного массива, а значит при разработке мероприятий по предупреждению ГДЯ не были учтены особенности напряжённо-

деформированного и газодинамического состояния угольных пластов и вмещающих пород.

Третья группа. Горные удары характеризуются разрушением краевой части пласта действующих забоев и классифицировать их следует с позиций рассмотрения основополагающих факторов, определяющих выбросо- и удароопасность. С учётом того, что природная газоносность наряду с напряжённостью массива является важнейшим критерием оценки выбросоопасности угольного пласта, она совершенно не рассматривается при оценке удароопасности, и это подчёркивает принципиальность различий двух форм опасных природно-техногенных явлений. Таким образом, газоносность, являющаяся важным участником создания природной (потенциальной) выбросоопасности, не участвует в формировании удароопасности.

Разработка удароопасных пластов с глубины 150 м ведётся 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 на глубинах 930-1150м. 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 надрабатываемом 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.

Весомость различных видов ГДЯ в структуре природно-техногенных явлений в шахтах Донбасса показывает, что выбросы угля и газа при сотрясательном взрывании по углю составляют – 59,3%; выбросы угля и газа - 18,2%; внезапные обрушения угля и газа с повышенным газовыделением – 3,2%; внезапные выдавливания угля с повышенным газовыделением - 4,3% и внезапные выбросы угля и газа 2,7%.

Наибольший вклад в теорию и практику проблемы выбросов внесли ученые: Н. Н. Черницын, Н. П. Соловьев, Л. Д. Шевяков, 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. Бож-

ко, В.В. Ходот, В.А. Шатилов, О.И.Чернов, В.Н. Пузырев, А.Е. Ольховиченко, Н.М.Проскураков, А.Э.Петросян, А.А. Агафонов, А.А. Рубинский и др. 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), дегазация пласта, бурение опережающих разгрузочно-дегазирующих скважин. 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.

Применение опережающей отработки защитных пластов для предотвращения выбросов угля породы и газа практически исчерпано в связи с отработкой сближенных пластов. Способ бурения опережающих скважин для разгрузки угольно-породного массива, хотя и является нормативным, практически не применяется из-за низкой эффективности и высокой вероятности внезапного выброса (при бурении разгрузочных скважин различного технологического назначения произошло 192 внезапных выброса угля и газа).

В последние десятилетия актуальность проблемы выбросов угля и газа в Донбассе несколько снизилась из-за кризисных явлений в угольной промышленности Украины и проводимой реструктуризации шахт, существенно сократилось число разрабатываемых выбросоопасных пластов.

Проблема выбросов пород и газа имеет место при ведении горных работ в других странах: в Германии и Польше – выбросы соли и газа песчаников; в Польше, Чехии и Японии – выбросы песчано-глинистых сланцев и нефтесодержащих песчаников; в Германии – выбросы песчано-медистых сланцев и песчаников. 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 г.г. впервые в мировой практике произошли выбросы изверженной породы (термометаморфизованных порфиритов) и углекислого газа при проведении в Армении тоннеля Арпа - Севан через Варденийский хребет на глубине около 600 м. Один из первых этих выбросов при применении огневого взрывания, отнесли к категории «внезапных», но последующие выбросы 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 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 оказались выбросоопасными . Из – за необходимости ликвидации последствий выбросов средние темпы проведения выработок составляли 10-15 м . Строительство шахты затянулось на несколько лет .

Проведенные исследования позволили практически, в основном, решить организационно и технически проблему выбросов пород (песчаников) и газа в Донбассе. Разработаны надежные способы прогноза выбросоопасности песчаников, в том числе и по геологоразведочным данным, позволяющие свести к минимуму проведение выработок по выбросоопасным пластам (слоям) песчаника.

Лекция 2. Современные представления о природе и механизме выбросов угля и газа

Теории (гипотезы) выбросов угля и газа следует рассматривать как совокупность знаний о природе формирования выбросоопасности и механизма возникновения и протекания выбросов. Знания о природе выбросоопасности являются научной основой разработки способов прогноза выбросоопасности, а знания о механизме возникновения и протекания выбросов - научной основой создания способов предотвращения выбросов [1].

На третьей Всесоюзной конференции по борьбе с внезапными выбросами (1955г.) акад. А.А.Скочинский предложил концепцию внезапных выбросов, 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.

На международном симпозиуме по выбросам угля, породы и газа (г. Донецк , 1974 г.) В. И. Николин (МакНИИ) предложил считать, что потенциальную выбросоопасность формируют в совокупности два фактора – горное давление и физико - механические свойства газоносного пласта. Дальнейшие исследования МакНИИ и ДонНТУ позволили разработать физическую модель выбросоопасного угольного пласта, которая совместно с установленными закономерностями связи выбросоопасности угольных пластов со степенью метаморфизма углей, является обоснованием единства механизма выбросов угля, породы и газа, и составляют основу современных представлений о природе формирования выбросоопасности и механизма 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, которые помогли понять не только причины нулевой проницаемости выбросоопасного массива и локальности выбросоопасности , но влияние метана на деформационные свойства угольного пласта, его повышенную склонность к разрушению при разгрузке

Экспериментально было доказано, что аналитическая (материнская) влажность угля в выбросоопасных зонах в два раза превосходит аналитическую влажность угля невыбросоопасных зон. Из этого был сделан вывод: **для наличия выбросоопасной зоны необходима не только более высокая природная газоносность, но и более высокая материнская влажность угля.** На основании результатов экспериментального изучения свойств воды, находящейся в капиллярах угольного пласта размером менее 7-10 мкм, был сделан вывод о том, что локальность проявления выбросов может быть объяснена с позиций наличия метана в них в квазитвердом состоянии. Особенность молекул воды, отличающая их от всех других твёрдых тел и жидкостей, заключается в их дипольности.

Вода и метан, находящиеся в капиллярах размером менее 7 – 10 мкм, 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 позволяет:

- во - первых, объяснить локальность выбросоопасности, так как молекулы метана, оказавшиеся в «плёну» аномально жёстких дипольных молекул воды, не смогут уравнивать природную газоносность;

- во – вторых, 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, последствий и обратной ползучести, являющихся по своей сущности деформациями растяжения;

- в третьих, такая трактовка физической модели хорошо объясняет инструментально установленные задержки деформаций (сближения пород почвы и кровли пластов) в лавах крутых пластов перед выбросами.

Первые доказательства зависимости 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 рис. 1.

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, и глубина, на которой могут происходить первые выбросы.

Природное формирование выбросоопасности угольных пластов закономерно и 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 них приходится на $V_{daf} = 22\%$.

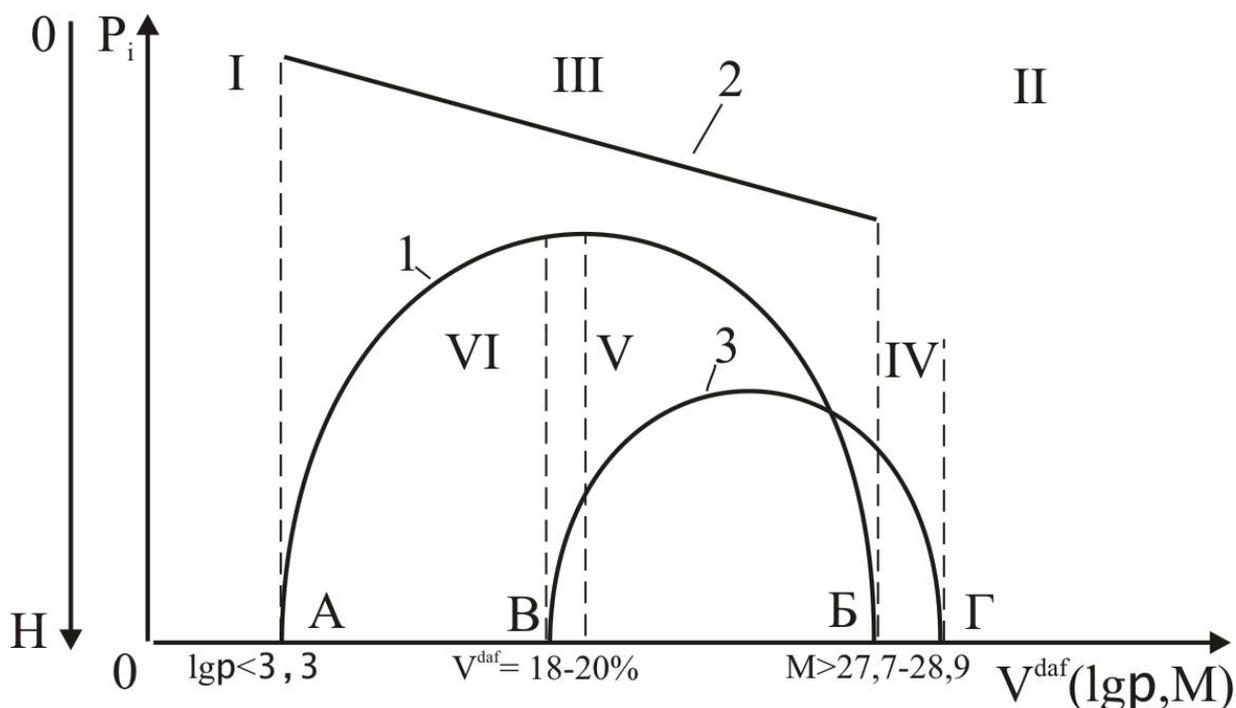


Рис.1. Графики зависимости от степени метаморфизма углей выбросоопасности угольных пластов 1, минимальной глубины первых выбросов 2 и выбросоопасности пластов (слоев) песчаников 3; P_i - вероятность возникновения выбросов угля и песчаников; H - глубина разработки; V_{daf} (lgr, M) - показатели степени метаморфизма углей.

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 $V_{daf} \approx 19-21\%$.

По мере роста степени метаморфизма углей, метан и его гомологи не генерируются, а «расходятся», а их физико-химическое взаимодействие с углем (органическими и неорганическими соединениями) при наличии материнской влаги, приводит к росту пористости. При этом каменный уголь марок Ж и К из низкопористого и малопрочного превращаются в прочный, хотя и высокопористый, практически негазоносный антрацит [1].

Для доказательства природной закономерности выбросоопасности, требуется уточнение степени метаморфизма углей в окрестностях предельных точек А и Б на оси абсцисс (рис.2), в которых зарождается, а затем и вырождается выбросоопасность.

Показатель V_{daf} , % . недостаточно надёжно оценивает степень метаморфизма антрацитов при $V_{daf} < 8\%$ и каменных углей при $V_{daf} > 25\%$. Для более надёжной оценки степени метаморфизма антрацитов может быть использован показатель lgr (логарифм

удельного электросопротивления антрацитов), а для каменных углей – комплексный критерий метаморфизма

$$M = f(V_{daf}, y), \text{ у. е.},$$

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

Точке А (рис.2) на оси абсцисс соответствует показатель $I_g = 3,3$, в точке Б - показатель $M = 27,7$ у. е. Они соответствуют крайним значениям образования зон выбросоопасности при разработке угольных пластов. Следовательно, при $I_g < 3,3$ и $M > 27,7$ у. е. выбросоопасность не формируется.

Выбросы песчаников и газа происходят на шахтах, на которых 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.

Закономерно возникает вопрос о наличии газа в песчаниках при природной газоносности выбросоопасных песчаников $(2,6 \pm 0,4) 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{кг}$, невыбросоопасных - $(2,6 \pm 0,4) 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{кг}$. Для получения ответа на этот вопрос был выполнен значительный объем неординарных шахтных и лабораторных экспериментов, включающих:

- измерения степени метаморфизма углей пластообразных залежей (пластов), угольных включений и мелкорассеянной органики (размер вкраплений менее 3 мм) в песчаниках, алевролитах и аргиллитах;
- измерения давления газов в выбросоопасных слоях песчаников и в угольных пластах, залегающих над или - под ним 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.

Было установлено, 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 со-

держание 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 3мм 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.2) в интервале от $V_{daf} > 18\%$ до $M = 28,9$ у. е. Это 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.

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 $\sigma_r = 12,3$ МПа, модуль упругости $E_y = 1,05 \cdot 10^4$ МПа. Для невыбросоопасных песчаников $\sigma_{сж} = 117$ МПа, $\sigma_r = 12,3$ 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 пятидесятых годов. В начале пятидесятых 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 измельченного 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 следующим образом. Во время отбойки угля (породы) имеет место перераспределение напряжений, сопровождающееся деформациями упругого восстановления, упругого последействия и обратной ползучести в направлении произведенной выемки, являющимися по своей природе деформациями растяжения. Если эти деформации по величине превосходят предельные значения, произойдет 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 объема 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 газоугольного псевдооживленного потока, движущегося по выработанному пространству забоя и примыкающим выработкам.

Раздел II. Общие положения

Лекция 3. Газодинамические явления, их характеристика. Разделение пластов на категории опасности по газодинамическим явлениям (ГДЯ). Порядок обработки пластов, склонных к ГДЯ

3.1. Понятие о газодинамических явлениях, их признаки и виды.

Газодинамические явления являются сложнейшими природно-технологическими явлениями в подземных выработках угольных шахт. Это одна из форм газосиловых явлений, в которых участвуют упругие силы предельно напряжённых горных пород, сжатого газа и силы тяжести. К ним относятся внезапные выбросы угля и газа, породы и газа, обрушения угля, отжим угля, горные удары, прорывы газа из почвы выработок. Характерным и обязательным условием газодинамических явлений является выделение большого количества газа метана [1, 2].

Угольные пласты и породы, на которых происходили или могут произойти ГДЯ, относятся к склонным к газодинамическим явлениям. Горные выработки, в которых происходили или могут произойти внезапные прорывы газа из почвы этих выработок, относятся к опасным по прорывам газа. Шахты, ведущие горные работы на выбросоопасных угольных пластах и породах, относятся к категории опасных по внезапным выбросам угля породы и газа. Угольные пласты, склонные к внезапным выбросам угля и газа, внезапным обрушениям (высыпаниям) угля, внезапным выдавливаниям угля (отжимам) угля и к горным ударам подразделяются на опасные и угрожаемые по этим видам ГДЯ. В отдельных случаях выделяют особо выбросоопасные шахтопласты или участки шахтопластов.

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 .

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 .

При этажном способе подготовки шахтного поля границы выбросоопасности устанавливаются с изогипсы, расположенной на 100м 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 .

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

Выбросоопасность угольных пластов зависит от содержания летучих веществ в угле (%), давления газа в массиве угля (сотни атмосфер). В пластах угля при его разработке выделяют зоны выбросоопасности. Они определяются опытным путём, проведением замеров газоносности пласта, лабораторными определениями содержания летучих веществ (включения нефтепродуктов, смол, галогенов), прочности угля.

3.2. Краткие характеристики ГДЯ

3.2.1 Внезапный выброс угля и газа.

Выброс угля и газа – это явление скачкообразного перехода упругой энергии предельно напряженного массива вокруг горной выработки и сжатого газа, в результате его мгновенного расширения, в работу сдвижения и разрушения горных пород. Это происходит в результате нарушения неустойчивого равновесия массива под воздействием внешних (удар инструментом, бурение, нагнетание воды и т. д.) или внутренних (сдвижение, колебание толщи горных пород и т. д.) сил, обусловленных геологической историей месторождения (природа) и ведением горных работ (технология). Выбросу предшествуют предупредительные явления: удары, треск различной силы и частоты в массиве; отскакивание кусочков породы (угля), шелушение; усиление давления на крепь, прогиб пород кровли; изменение скорости газовыделения; зажатие бурового инструмента и т. д. Перед выбросом угля и газа характерны: появление пылевого облака, выдавливание угля из забоя, зажатие бурового инструмента, выбрасывание штыба из буровой скважины. Для выброса характерно: отброс породы, угля за пределы угла естественного откоса; тонкое измельчение угольно-породной массы; повышенное газовыделение; образование характерной полости, а для пород – увеличение площади сечения выработки.

3.2.2. Внезапное обрушение угля.

Внезапное обрушение угля - это быстро протекающее разрушение нависающего угольного массива; полость ориентирована по восстанию пласта; разрушенный уголь рас-

полагается под углом, близким к углу естественного откоса; относительное газовыделение меньше разности между природной и остаточной газоносностью обрушившегося угля. Поражающий фактор – механическое воздействие обрушившегося угля.

3.2.3. Выброс породы и газа

Выброс породы и газа – это быстропротекающее разрушение призабойной части породного массива, заключающееся в разрушении горных пород вследствие нарушения неустойчивого равновесия предельно напряжённого породного массива под воздействием технологических факторов (удар инструментом, бурение, взрыв и т.д.), природных сил (сейсмоколебания, гравитация и т.д.). Выброс породы и газа сопровождается отбросом в выработки породы, часть которой раздроблена до размеров крупнозернистого песка. Размещается порода под углом откоса меньше естественного с образованием полости, оконтуренной чешуеобразными пластинами. При выбросе выделяется большое количество метана.

3.2.4. Внезапное выдавливание угля.

Внезапное выдавливание угля – это быстропротекающее смещение угольного массива в выработку без отброса угля, образование полости, заполненной крупнокусковатым углём, глубина которой меньше её ширины, наличие пустот, зияющих трещин и щели между кровлей и пластом, относительное газовыделение меньше разности между природной и остаточной газоносностью выдавленного угля. Поражающим фактором является механическое воздействие отжатого угля. Влияющие факторы – горное давление и физико-механические свойства угля и вмещающих пород. Условия возникновения – зоны ПГД от целиков на соседних пластах, зоны влияния геологических нарушений, участки зависания кровли. Предупредительные признаки отсутствуют, в отдельных случаях наблюдается повышенное давление на призабойную крепь, звуковые эффекты в массиве, зажатие бурового инструмента.

3.2.5. Внезапный прорыв газа из почвы выработок.

Внезапный прорыв газа из почвы выработок – это быстропротекающее разрушение почвы выработки, заключающееся в разрушении горных пород вследствие разрушения породного массива между почвой выработки и газоносными пластами (прослойками) угля или углистого сланца. Источниками газовыделения, которые могут вызвать внезап-

ные прорывы газа в горные выработки из почвы, являются зоны дизъюнктивных геологических нарушений протяженностью до 110м по нормали от плоскости смесителя и газоносные пласты (прослойки) угля или углистого сланца, расположенные в почве выработок на расстоянии 25м по нормали к наслоению пород.

Лекция 4. Организация работ по борьбе с ГДЯ. Расследование и учет ГДЯ

4.1. Общая организация работ по борьбе с газодинамическими явлениями

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 нормативными документами 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 [2, 6].

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. Для выполнения локальных способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа и сотрясательного взрывания на шахте выделяется специальная смена.

Проекты строительства и реконструкции шахт и подготовки новых горизонтов с выбросоопасными и угрожаемыми пластами, а также с выбросоопасными породами долж-

ны 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).

Осуществляется технический директор, главный инженер предприятия, главные горняки. Работы на шахтах по предупреждению ГДЯ и контролю за проведением мероприятий проводят специальные службы подчиняющиеся непосредственно главному инженеру. На шахтах создаются службы прогноза. При использовании на шахте прогноза по акустической эмиссии горного массива в состав службы прогноза входят операторы и слесари сесмопрогноза. На службе ведётся планшет с нанесением положений забоев, отмечаются наряд-путёвки горных мастеров о выполнении мероприятий. Мероприятия выпол-

няются участками профилактических работ. Разрабатывается комплекс мер, который согласуется с МакНИИ и утверждается главным инженером шахты.

Статистика травматизма: за период с 1991 по 2000 годы произошло 1398 случаев внезапных выбросов (по 140 выб./год), всего погибших – 53 чел., по 5 чел./год.

4.2. Порядок отработки пластов, склонных к ГДЯ.

Ежегодно, до утверждения планов развития горных работ Центральная комиссия по вопросам вентиляции, дегазации и борьбы с ГДЯ под председательством технического директора объединения в составе представителей Госпромгормнадзора и отраслевых институтов по охране труда по представлению шахт рассматривает перечень и порядок отработки угрожаемых, опасных и особоопасных по ГДЯ угольных пластов (участков), выбросоопасных песчаников, выработок, опасных по внезапным прорывам газа из почвы, защитных пластов, а также места заложения разрезных печей (гезенков) на незащищённых опасных по ГДЯ пластах. Документы утверждаются совместным приказом объединения, теруправления Госпромгорнадзора.

4.3. Системы разработки и технологии ведения горных работ, исключаящие или уменьшающие опасность возникновения газодинамических явлений.

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 сотрясательно-го 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.

Незащищенные выбросоопасные угольных шахтопласты должны отрабатываться с применением прогноза и способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа.

4.4. Способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа

Способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа разделяются на региональные и локальные. При этом в категории локальных способов, отдельно следует выделять способы предотвращения выбросов угля и газа при вскрытии пластов [1, 2, 7].

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, образование разгрузочной щели по длине очистного забоя, вибрационное воздействие на призабойную часть 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 (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 дре-

нажных скважин , нагнетание воды в режиме гидрорыхления , возведение каркасной крепи , гидровывывание угля .

4.5. Примеры внезапных выбросов и их последствия.

01.10.1998г. в откаточном штреке пл. №3 «Мазурка» шахты «Булавинская» ПО «Оржоникидзеуголь» на гор. 530м произошёл внезапный выброс угля и газа, погибло 4 проходчика ШСУ №3. Расследованием установлено, что выброс был спровоцирован работой отбойного молотка при выдолбывании лунки под ножку арочного крепления. Выброс угля и газа произошёл через 9,5 часа после проведения сотрясательного взрывания. В соответствии с п. 2.5, «Инструкции по применению сотрясательного взрывания на угольных шахтах Украины» (МакНИИ, 1994 г.) запрещается работа ударными инструментами по пласту и вмещающим породам. Проходчики не были проинструктированы по этому вопросу.

06.04.1999 г. на шахте им. Карла Маркса в потолкоуступном забое при выемке угля отбойным молотком в 3-м уступе произошел внезапный выброс угля и газа. Погибло 7 забойщиков. Выемка угля в уступе производилась без предварительной разделки разгрузочной щели, с невыполнением противовыбросных мероприятий по выемке разгрузочного паза по кровле уступа и нарушением технологической дисциплины.

30.01.2000 г. на шахте им. А.А. Скочинского произошёл внезапный выброс угля и газа в верхней части лавы пл. №6 гор. 1200 м при выемке угля отбойным молотком в верхней нише лавы. В соответствии с техдокументацией в нише должно было производиться сотрясательное взрывание. Вместо этого в нише, по непонятным причинам, была произведена выемка угля отбойным молотком. В результате был спровоцирован внезапный выброс угля и газа, погибло 5 проходчиков, направленных на выемку ниши. Причина выброса: невыполнение противовыбросных мероприятий; работа отбойным молотком в опасной по ГДЯ зоне.

21.11.2001 г. на шахте им. А.А. Скочинского произошёл внезапный выброс угля и газа в подготовительной выработке, погибло 5 человек. Выброс спровоцирован воздействием на пласт ручным ударным инструментом. Причина выброса: нарушение технологии ведения горных работ; низкий уровень производственной дисциплины.

15.10.2010 г. на шахте им. А.И. Гайевого произошёл внезапный выброс угля и газа при производстве взрывных работ в обычном режиме вместо сотрясательного взрывания, погибло 7 человек. Причина выброса: нарушение технологии ведения ВР на выбросоопасном пласте; нахождение людей в опасной зоне.

4.6. Порядок расследования, учёт и документация по ГДЯ.

О каждом ГДЯ руководитель предприятия сообщает руководителю объединения, Госпрогорнадзор, МакНИИ, ОВГСО. Расследование производится комиссиями в согласно «Порядка расследования и ведения учёта несчастных случаев, профзаболеваний и аварий на производстве». На каждое ГДЯ составляется акт расследования в 5 экземплярах, который рассылается объединению, Госнадзору, МакНИИ, Центральной комиссии. На шахтах ведётся журнал учёта ГДЯ (на участке ВТБ). Это официальные документы, для определения затрат и порядка ведения работ, должны храниться всего времени существования шахты.

Раздел III. Прогноз выбросоопасности угольных пластов и пород

Лекция 5. Прогноз выбросоопасности угольных пластов

5.1. Номенклатура нормативных способов прогноза [1, 3, 7].

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.

Нормативными являются 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, позволявший 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).

5.2. Виды прогноза

На пластах склонных к ГДЯ применяют следующие методы текущего прогноза выбросоопасности: по начальной скорости газовыделения из шпуров, прочности угольного пласта, акустической эмиссии (АЭ) горного массива с использованием аппаратуры ЗУА (звукоулавливающая аппаратура), по параметрам акустического сигнала (АПСС), амплитудно-частотным характеристикам (АЧХ) акустического сигнала и т.д. Допускается применение этого метода в сочетании с другими методами прогноза для уточнения границ выбросоопасных зон по длине очистного забоя. Область, условия применения, параметры и алгоритм методов прогноза указывают в паспорте ведения горных работ.

5.2.1. Прогноз выбросоопасности при вскрытии угольных пластов.

Перед вскрытием угрожаемых и опасных по выбросам угля и газа пластов квершлагами, стволами и другими выработками должен применяться прогноз выбросоопасности в местах вскрытия по данным начальной скорости газовыделения, иодному показателю и коэффициенту крепости угля.

Прогноз выбросоопасности участка шахтопласта в месте вскрытия его полевой выработкой 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 расстояние не менее 3м по нормали к пласту бурят две скважины для измерения начальной скорости газовыделения при условии пересечения пласта за контур от 1,0 до 1,5м.

С помощью механического газозатвора ЗГ-1 или пневматического типа ПГШ -1 и прибора ПГ -2 м измеряют скорость газовыделения q , а с помощью керноборника или колонковой трубы отбирают пробы угля для определения крепости угля f и иодного показателя ΔJ . Пробы отбирают с каждой угольной пачки или отбирают общую пробу по мощности пласта. Определение иодного показателя (мг/г) и коэффициента крепости угля по шкале М. Протодьяконова производят в МакНИИ.

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 оценивается как опасная и вскрытие пласта (пропластка) осуществляется при прогнозе « опасно ».

При наличии предупредительных признаков выбросоопасности бурение прекращают и выдают прогноз «опасно».

5.2.2. Прогноз выбросоопасности по начальной скорости газовыделения.

Измерение начальной скорости газовыделения для текущего прогноза выбросоопасных зон в подготовительных и очистных забоях производят контрольными шпурами \varnothing 42-43мм на интервалах бурения 1,5м, 2,5м, 3,5м при длине измерительной камеры 0,5м по методике с помощью технических средств – расходомера газа ПГ-2МА, газозатвора ЗГ-1 или ГШМ. Результаты заносят в журнал. Шпуры бурят: в подготовительных забоях, нишах лав, нижних просеках (печах) крутых пластов на расстоянии 0,5м от кутков или от стенок выработки через 2м, а в очистных забоях не более чем через 2,7м их подвигания. В очистных забоях шпуры бурят на расстоянии не более чем через 10м друг от друга по длине забоя; в потолкоуступных забоях крутых пластов шпуры бурят по простиранию пласта в нижнем просеке (печи) в уступах на расстоянии 0,5м от кутков, а в щитовых лавах – на расстоянии 0,5м от кутков монтажной печи и лавы. Зону относят к опасной, если хотя бы в одном из интервалов шпура измеренная начальная скорость газовыделения в литрах за минуту равна или более критической, которая в зависимости от выхода летучих веществ (%) принимается равной – при 15% и более – 4,5л/мин, а при выходе летучих менее 15% - 5л/мин. Выход летучих определяют по геологическим пробам или как среднее из 10 измерений проб угля отобранным в забоях. Размер опасной зоны по длине очистного забоя ограничивают соседними шпурами, в которых измеренная начальная скорость газовыделения менее критической.

5.2.3. Прогноз выбросоопасности угольных пластов по прочности угольного пласта.

Прочность угля определяется прочностемером П-1: производится зачистка пласта на 5 – 30см; торец ствола прочностемера прижимают к поверхности забоя и с помощью спускового рычага пружинного механизма ударяют по конусному пуансону, глубину внедрения которого в угольный пласт определяют по шкале указателя перемещения его от исходного положения. Среднеарифметическое из 5-ти измерений для каждой пачки угля на расстоянии от 5 до 10см друг от друга. Относительный показатель прочности угольной пачки в условных единицах определяется из разности 100 минус среднеарифметическое из 5-ти измерений. При условной прочности меньше 60 у.е. в этих пунктах измерений и на прилегающих к ним 10 - метровых участках лавы дополнительно производят прогноз по начальной скорости газовыделения из шпуров и на основании полученных результатов делают заключение о выбросоопасности.

5.2.4. Прогноз выбросоопасности по акустической эмиссии горного массива.

Прогноз выбросоопасности по акустической эмиссии (АЭ) горного массива производят с помощью звукоулавливающей аппаратуры ЗУА. Сущность метода состоит в следующем: механические колебания звуковой частоты, возникающие в горном массиве вследствие перераспределения напряжений в процессе ведения горных работ, с помощью сейсмоприёмника (подземного блока), установленного в выработке преобразуется в электрические колебания, которые по проводной линии связи передаются на поверхность и регистрируются на магнитный носитель. Информативный показатель – количество импульсов зарегистрированных ЗУА за интервал времени 10 мин. Вычисляются среднеарифметические значения активности. Прогноз «опасно» выдают по правилу «двух точек» или по правилу «критического превышения». Прогноз «опасно» по правилу 2-х точек выдают при увеличении значений среднеарифметической активности АЭ в двух последовательных опорных интервалах осреднения. Если разность равна 5% импульсов – прогноз «опасно» при критическом значении 10 имп/ч (имп/сут) и более. Если разность равна 10% - «опасно» при критическом значении меньше 10 имп/ч (имп/сут). По правилу «критического превышения» прогноз «опасно» выдают, если сумма импульсов в пределах интервала времени определения активности достигает критического значения, определяемого по формуле, учитывающей среднеарифметическую активность на опорном интервале осреднения при условии, если её величина более 2 имп/ч. При значении меньшем 2 имп/ч правило 2-х точек не действует.

5.2.5. Прогноз выбросоопасности угольных пластов АЧХ акустического сигнала.

Прогноз выбросоопасности по амплитудно-частотным характеристикам (АЧХ) акустического сигнала возбуждаемого технологическим воздействием на угольный пласт добычных и проходческих машин и механизмов, осуществляется с помощью аппаратуры типа АК-1, которая устанавливается на поверхности и подключается к линии связи с подземным блоком аппаратуры ЗУА, применяемой для прогноза по АЭ массива. Прогностическим показателем выбросоопасности по АЧХ является безразмерный коэффициент, определяемый отношением амплитуды высокочастотной составляющей спектра акустического сигнала к амплитуде низкочастотной составляющей. Если величина коэффициента больше или равна трём - прогноз «опасно». Выход из зоны и прогноз «неопасно» при коэффициенте меньше трёх и поджигании выработки на величину «зона запаса» не менее 6м. Если будет выдан прогноз «опасно», то отсчёт новой «зоны запаса» соответственно сдвигается.

5.2.6. Прогноз выбросоопасности угольных пластов по параметрам акустического сигнала (АПСС).

Он заключается в регистрации, обработке и анализе спектра сигнала, возбуждаемого в горном массиве технологическим воздействием на него очистных, проходческих или буровых машин и механизмов. Прогноз осуществляется с помощью аппаратуры передачи сейсмоакустического сигнала (АПСС) и программно – вычислительного комплекса. АПСС состоит из подземного блока, содержащего сейсмоприемник, и наземного блока. Программно – вычислительный комплекс представляет собой персональный компьютер с принтером и предназначен для регистрации, обработки и анализа параметров акустического сигнала по специальной программе и выдаче заключения о результатах прогноза.

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 поджигании 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.

Основным прогностическим показателем акустического сигнала является коэффициент выбросоопасности, равный отношению верхней к нижней амплитуде высокочастотной и низкочастотной составляющих. Текущие значения коэффициента выбросоопасности сравниваются с их критическими значениями. Критические значения прогностических параметров определяются по выборке разведочных наблюдений в 30 циклах подвигания забоя выработки в неопасной по выбросам зоне. Прогноз выбросоопасности осуществляется автоматически компьютером путём сравнения текущих значений прогностических параметров акустических сигналов с их критическими значениями. Прогноз «опасно» выдаётся, если в 6 циклах подвигания забоя, не менее чем в 2-х из них текущие значения прогностических параметров акустических сигналов превышают критические.

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_v в во временных интервалах и определение положения интервала с максимальным значением K_v по формуле

$$C_m = C_n + (C_k - C_n) n/N,$$

где C_m - номер секции крепи с максимальным значением K_v ; C_n - номер секции крепи начала движения комбайна ;

C_k - номер секции крепи остановки комбайна;

N - общее количество набранных интервалов K_v ;

n - номер интервала с максимальным значением K_v .

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 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 10м контрольных шпуров и определения величины зоны разгрузки призабойной части пласта по динамике начальной скорости газовыделения .

5.2.7. Прогноз внезапных вылавлываний угля

Прогноз опасности внезапных выдавливания (отжимов) угля производится по параметрам акустического сигнала, возбуждаемого технологическим воздействием добычных и проходческих машин и механизмов на угольный пласт, с помощью аппаратуры АПСС и программно-вычислительного комплекса (компьютера). В очистных и подготовительных выработках размещаются сейсмоприёмники подземного блока АПСС. Прогноз опасности выражается показателем в условных единицах, определяемому согласно программе по формуле. Прогноз «опасно» выдаётся компьютером, если текущее значение показателя равно или превышает его критическую величину, установленную на стадии разведочных наблюдений по методике и программе МакНИИ. Критическое значение показателя вносят в паспорта выемочного или проходческого участка.

5.2.8. Прогноз внезапных обрушений (высыпаний) угля

Прогноз внезапных обрушений (высыпаний) угля производится по акустической эмиссии горного массива использованием аппаратуры ЗУА (звукоулавливающая аппаратура) на основе персонального компьютера с соответствующим программным обеспечением. Для прогноза обрушений угля рассчитывают характеристики АЭ (акустической эмиссии). Прогноз «опасно по обрушению угля» определяют по правилу «двух точек» и выдают в случае снижения суточной активности до критических значений или устойчивого снижения среднесуточных активностей в течение двух суток подряд по мере продвижения забоя на 20% и более при 10имп/сут и меньше или на 10% и более при 10 имп/сут и больше.

5.2.9. Прогноз внезапных прорывов газа из почвы выработок.

Источниками газовыделения, которые могут вызывать внезапные прорывы газа в горные выработки, являются зоны дизъюнктивных геологических нарушений протяженно-

стью до 110м по нормали от плоскости смесителя и газоносные пласты (прослойки) угля или углистого сланца, расположенные в почве выработки на расстоянии до 25м по нормали к наложению пород.

Прогноз выполняют с помощью компьютерной программы: определяют два казателя – глубину разрушения пород в почве выработки и расстояние до источника газовыделения. Если глубина разрушения пород (м) равна или больше расстояния до источника газовыделения (м), то выработку относят к опасной по внезапным прорывам газа и проведение её осуществляют с текущим прогнозом опасности прорыва газа и применения способов предотвращения этих явлений.

Текущий прогноз опасности внезапных прорывов метана из почвы выработок осуществляют также по параметрам акустического сигнала, возбуждаемого ударами молотка по подошве выработке. С помощью подземного блока аппаратуры АПСС, закрепляемого в породах почвы, акустический сигнал передаётся на поверхность и обрабатывается на компьютере по специальной программе.

В очистном забое акустический сигнал возбуждают в пунктах, расположенных через каждые 10м по длине забоя, в подготовительных выработках – на расстоянии 3м от забоя.

Акустические наблюдения производятся в очистных и подготовительных выработках не более чем через 5м подвигания забоя, текущий прогноз при отходе выработок не менее чем на 20м от разрезной печи или от устья проводимой выработки. Расстояние до источника прорыва газа определяется по резонансной частоте спектра акустического сигнала или из отношения 2500 м/с (скорость распространения сейсмоколебаний в породном массиве) к величине максимальной резонансной частоты, а также по выходу буровой мелочи.

Прогноз «опасно» выдаётся в том случае, если не менее чем в трёх пунктах наблюдений подряд в очистной выработке или в двух пунктах в подготовительной выработке расстояние до источника газовыделения $h_{и}$ будет равно или менее критического значения $h_{кр}$ глубины разрушения пород в почве выработки, т.е. $h_{и} \leq h_{кр}$, а прогноз «неопасно» - при условии $h_{и} > h_{кр}$. Результаты прогноза заносятся в журнал и сообщаются руководителю службы прогноза и диспетчеру шахты.

Лекция 6. Прогноз выбросоопасности горных пород. Способы борьбы с выбросоопасностью пород.

6.1. Механизм явления выброса горных пород.

Низкая прочность и высокая газоносность горных пород в сочетании с низкой проницаемостью способствует сохранению в массиве зон с аномально высоким пластовым

давлением. Такими особенностями обладают песчаники (низкая прочность, высокая газоносность).

В очистных забоях при увеличении скорости подвигания происходит перераспределение сил, определяющих состояние призабойной зоны и влияющих на свойства горных пород – проницаемость и пористость. При этом, в призабойной зоне, под действием сжимающих напряжений, в песчанике смыкаются наиболее широкие трещины, снижается проницаемость песчаника более чем в 100 раз, резко повышается вероятность создания выбросоопасной обстановки за счёт роста выбросных сил. При достижении напряжениями критического уровня происходит их разрядка в виде выброса породы в выработанное пространство.

При проведении взрывных работ в песчаниках возникает процесс его хрупкого послойного разрушения с перемещением разрушенной массы в выработку. При встрече прочного прослоя или преграды процесс выброса затухает.

6.2. Разработка пластов, склонных к проявлению выбросов горных пород и газа.

Разработка упомянутых пластов производится с использованием методов, обеспечивающих безопасность работ, а именно: с предварительной отработкой защитного пласта. В этом случае выработку по выбросоопасному песчанику можно проводить без применения дополнительных мероприятий по борьбе с выбросами. При этом, опережение очистным забоем забоя подготовительной выработки должно быть не менее мощности пород междупластья. Вторым методом является – ограничение объёма выбросов за счёт уменьшения сечения выработок с последующим увеличением, применения оптимальных параметров БВР, возведения заградительных перемычек из металлических балок, образования разгрузочных щелей, пазов (бурение скважин по периметру выработки, а при комбайновой проходке – вырубывания щели высотой 0,4м выше пласта на 0,4м и шире поперечного сечения выработки на 0,4м с обеих сторон). Глубина разгрузочной щели не менее 2м. Неснижаемое опережение не менее 1м.

6.3. Прогноз выбросоопасности горных пород.

Прогноз выбросоопасности горных пород осуществляется на стадии геологоразведочных работ и при проведении горных выработок. Прогноз выбросоопасности производится по делению кернов на диски. Выбросоопасность пород определяют на основании анализа кернового материала при бурении скважин Ø 59-76мм, при условии обеспечения неснижаемого опережения забоя выработки - не менее 2м. Критерий выбросоопасности – 30 – 40 и более выпукло-вогнутых дисков в 1м керна – степень выбросоопасности высо-

кая, при 30 и менее – степень выбросоопасности средняя, при выходе кернов длиной 150 – 200мм и более, опоясанных кольцевыми и перемежающимися единичными дисками – степень выбросоопасности низкая, при отсутствии дисков и кольцевых трещин песчаник относят к невыбросоопасным. Вместе вскрытия прогноз производят с расстояния не менее 3м от забоя выработки до песчаника.

6.4. Прогноз выбросоопасности горных пород по анализу кернового материала

Прогноз выбросоопасности горных пород осуществляется на стадии геологоразведочных работ и при проведении горных выработок. Прогноз выбросоопасности производится по делению кернов на диски. Выбросоопасность пород определяют на основании анализа кернового материала при бурении скважин Ø 59-76мм, при условии обеспечения неснижаемого опережения забоя выработки - не менее 2м. Критерий выбросоопасности – 30 – 40 и более выпукло-вогнутых дисков в 1м керна – степень выбросоопасности высокая, при 30 и менее – степень выбросоопасности средняя, при выходе кернов длиной 150 – 200мм и более, опоясанных кольцевыми и перемежающимися единичными дисками – степень выбросоопасности низкая, при отсутствии дисков и кольцевых трещин песчаник относят к невыбросоопасным. Вместе вскрытия прогноз производят с расстояния не менее 3м от забоя выработки до песчаника по нормали.

6.5. Способы прогноза по эффективной поверхностной энергии (ЭПЭ).

Для прогноза по эффективной поверхностной энергии (ЭПЭ) отбирают пробы из части керна не менее 200мм на участке деления его на диски или наличия кольцевых и из участка, где диски и кольцевые трещины отсутствуют. Из каждой пробы изготавливают не менее 3-х образцов для определения ЭПЭ и вычисляют средние значения для каждой пробы. Прогноз выбросоопасности песчаника определяют по безразмерному показателю $V_{\text{эпэ}}$ по формуле

$$V_{\text{эпэ}} = (3\rho_n g_{\text{сп}} H)^2 \square A_n E \gamma_1 - \gamma_2 \square \gamma_2,$$

с учётом ряда геологических и физических показателей (данных керна, модуля упругости песчаника, глубины залегания пород H , ускорение свободного падения $g_{\text{сп}}$, объёмного веса вышележащих пород ρ_n , удельной поверхности разрушенного материала A_n , модуля упругости песчаника на участках деления керна E , т/м; средних значений ЭПЭ по пробам керна γ_1 и γ_2 . Критерий выбросоопасности – $V_{\text{эпэ}} > 1$ – песчаник выбросоопасный, $V_{\text{эпэ}} < 1$ – песчаник невыбросоопасный.

Для прогноза выбросоопасности по геолого-геофизическим данным в забое выработки отбирают пробы из каждого однородного по структурно-текстурным признакам слоя песчаника мощностью более 1 м. Если песчаник однородный по всей мощности, то отби-

рают одну пробу. Из этих проб изготавливают образцы, по которым в лабораторных условиях определяют прогностические показатели выбросоопасности согласно Руководства по применению метода локального прогноза выбросоопасности горных пород по геолого-геофизическим данным. Нормированные величины этих показателей дифференцируют по рангам выбросоопасности, с помощью которых по фактической величинам каждого показателя определяют ранг выбросоопасности. Выбросоопасность песчаника (слоя) устанавливают по безразмерному комплексному критерию, который рассчитывается по сумме рангов всех показателей по формуле

$$B = (B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 + B_7) / 12 + B_6 / 2,$$

где $B_1 \dots B_7$ - ранги прогностических показателей выбросоопасности.

При $B \leq 0,35$ песчаник относят к невыбросоопасным. Если $B = 0,36 \dots 0,39$, то необходимо дополнительное опробование. При $B \geq 0,4$ песчаник относят к выбросоопасным.

Заключение о результатах прогноза выбросоопасности пород подписывают геолог и руководитель службы прогноза шахты, согласовывают с соответствующим разработчиком способа прогноза и утверждают главным инженером шахты.

6.6. Прогноз выбросоопасности угольных пластов и пород по геолого-физическим данным

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

В остальных случаях с глубины, определяемой данными табл. 3, осуществляется прогноз выбросоопасности шахтопластов.

Шахтопласт относится к невыбросоопасным независимо от глубины разработки и природной газоносности, если комплексный показатель степени метаморфизма $M > 27,7$ у. е. или $\lg \rho < 3,3$, а также, значений, указанных в табл. 3. Расчет комплексного показателя для углей конкретной степени метаморфизма природная газоносность или глубина разработки меньше еля M производится при $V_{daf} = 9-29\%$ по формуле $M = V_{daf} - 0,16$ 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 $y = 0$).

Таблица 2. Показатели отнесения пластов к выбросоопасным или невыбросоопасным, разрабатывающихся с прогнозом выбросоопасности

Выход летучих веществ V^{daf} , %	Предельные значения комплексного показателя степени метаморфизма М, у. е.	Критическая природная газоносность, м ³ /т с.б.м.	Критическая глубина разрабтки, м
Более 29	26,3 - 27	8 и более	400
	24,5 – 26,2	9 и более	380
	23,7 – 27,6	9 и более	380
9 - 29	17,6 – 23,6	11 и более	320
	13,5 – 17,5	12 и более	270
	≤ 13,4	13 и более	320
Менее 9 (при $l_{gr} > 3.3$)		15 и более	150

При ведении геологоразведочных работ геологоразведочные организации осуществляют прогноз выбросоопасности угольных пластов и пород (песчаников) на основании анализа проб, отбираемых из кернов на участках пересечения геологоразведочными скважинами угольных пластов с глубин 150 – 400м, а песчаников – с глубин не менее 600м.

Прогноз выбросоопасности песчаника по геолого-физическим данным производят по пробам, отобранным из однородного слоя песчаника, изготавливают образцы и по специальным таблицам определяют ранг выбросоопасности песчаника.

Выбросоопасность определяют по безразмерному комплексному критерию В, который рассчитывается по сумме рангов всех показателей по эмпирической формуле. При $V \leq 0,35$ песчаник невыбросоопасный, $V = 0,36 \dots 0,39$ – дополнительное опробование, $V \geq 0,4$ – песчаник выбросоопасный.

Заключение о выбросоопасности пород подписывают геолог, начальник службы прогноза шахты, согласуют с разработчиком прогноза и утверждают гл. инженером шахты.

6.7. Предотвращение и локализация внезапных выбросов породы и газа.

Проведение полевых выработок по выбросоопасным песчаникам без применения дополнительных мероприятий допускается при условии опережения забоем отработываемого защитного угольного пласта забоя полевой выработки на величину не менее мощности пород междупластья.

В незащищённых зонах – проведение выработок уменьшенным сечением с последующим увеличением его до проектного, использования оптимальных параметров БВР, возведение заградительных перемычек, образование разгрузочных пазов (щелей). Эти мероприятия предотвращают, локализируют и ограничивают объём выбрасываемых песчанников.

Лекция 7. Прогноз удароопасности горных пород. Способы борьбы с удароопасностью горных пород. Безопасная технология ведения горных работ.

7.1. Понятие о горном ударе. Механизм горных ударов [1, 3].

Собственно горный удар – это мгновенное хрупкое разрушение целика или краевой части массива угля с отбросом или без выноса угля в выработку; образование или отсутствие полости; при образовании полости – ширина больше глубины; преобладание в разрушенном угле крупных кусков; наличие щели между пластом и кровлей. Сопровождается резким звуком, сотрясением массива, образованием пыли и ударной воздушной волны; на газоносных пластах – повышенным газовыделением. Горные удары подразделяются на собственно горные удары, микроудары, толчки и стреляния. Поражающими факторами являются механическое воздействие разрушенного угля и ударная волна. Влияющими факторами являются: напряжённое состояние горных пород; высокие прочностные и деформационные свойства угля и боковых пород. Условиями способствующими возникновению горных ударов являются: отработка оставленных целиков угля; ведение горных работ встречными и догоняющими забоями; проведение выработок в зонах влияния очистных забоев, зонах ПГД и в зонах влияния геологических нарушений. Предупредительными признаками являются: толчки в углепородном массиве; отскакивание кусочков угля, породы; повышенное горное давление; повышенный выход буровой мелочи и зажатие бурового инструмента.

7.2. Прогноз удароопасности горных пород.

Прогноз удароопасности участков осуществляют по выходу буровой мелочи (л/м, кг/м) при бурении контрольных шпуров Ø42-43 мм по угольному пласту в забоях подготовительных и очистных выработок. Данные заносятся в журнал. Степень удароопасности определяется по номограмме, разделённой на 3 участка: I – участок повышенной опасности; II – участок опасный; III – участок неопасный.

Периодичность прогноза: в очистных забоях – через каждые 25м подвигания, в подготовительных забоях – через каждые 75м, в зонах осложнённых тектоническими нарушениями (I, II категория) – не более чем через 2м подвигания забоя.

В горизонтальных и восстающих выработках шпур бурят на расстоянии 0,5 – 0,7 м от кутков в направлении подвигания забоя, а также в стенки выработок перпендикулярно к ним в 1,0 -1,5 м от забоя, а в выработках проводимых сверху вниз только в их стенки. В прямолинейных очистных забоях удароопасность оценивается на концевых участках и посередине. В подготовительных выработках впереди действующих очистных забоев прогноз осуществляют на участке длиной равной ширине зоны опорного давления от лавы в обеих стенках выработки. С каждой стороны бурят не менее 3-х шпуров.

7.3. Порядок вскрытия подготовки и отработки удароопасных пластов.

Вскрытие опасных и угрожаемых по горным ударам пластов производят по породам или неопасным пластам. Полевые штреки и квершлагги проводят в разгруженной зоне с отставанием от очистных работ. Подготовка шахтного поля должна обеспечивать отработку пластов без оставления целиков. В этих условиях выработки проводятся широким ходом с выкладкой бутовых полос, с минимальным числом опережающих выработок. В качестве способа управления кровлей рекомендуется полное или частичное обрушение и закладка. В зоне геологических нарушений осуществляют меры предупреждения горных ударов.

7.4. Системы разработки удароопасных пластов. Управление кровлей.

При разработке удароопасных пластов рекомендуется применять системы разработки, при которых не проходятся наклонные выработки по пласту впереди очистных забоев. Эти выработки следует располагать по породе или по неудароопасному пласту. Не применяются системы разработки с встречными и догоняющими забоями. Пласты, опасные по горным ударам, рекомендуется отрабатывать прямолинейными забоями. На крутых пластах как исключение допускается потолкоуступная форма очистного забоя. Управление кровлей рекомендуется полным или частичным обрушением. На пологих и наклонных пластах следует применять металлическую органную крепь с повышенным сопротивлением, а при посадке кровли крепь из выработанного пространства должна извлекаться полностью, что предотвращает зависание кровли и предохраняет угольный массив в забое от высоких напряжений.

7.5. Механизация выемки угля на удароопасных пластах, меры безопасности

Пласты, опасные по горным ударам, рекомендуется отрабатывать прямолинейными забоями. На крутых пластах как исключение допускается потолкоуступная форма очистного забоя. Управлять комбайнами необходимо с применением дистанционного включения и

выключения с расстояния не менее 15м. Не допускается нахождение людей у работающих машин. Запрещается применять ручные инструменты для выемки угля

7.6. Порядок вскрытия, подготовки и отработки удароопасных пластов.

Вскрытие опасных и угрожаемых по горным ударам пластов производят по породам или неопасным пластам. Полевые штреки и квершлагги проводят в разгруженной зоне с отставанием от очистных работ. Подготовка шахтного поля должна обеспечивать отработку пластов без оставления целиков. В этих условиях выработки проводятся широким ходом с выкладкой буттовых полос, с минимальным числом опережающих выработок. В качестве способа управления кровлей рекомендуется полное или частичное обрушение и закладка. В зоне геологических нарушений осуществляют меры предупреждения горных ударов.

Лекция 8. Предотвращение газодинамических явлений при вскрытии угольных пластов

8.1. Предварительные замечания

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 [1, 3]:

- 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 помощью 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 сбояки 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.

8.2. 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.

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 устранения 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, 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 .

8.3. 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 утановки крепи и его ограждение снижает вероятность возникновения и развития выброса угля и газа.

8.4. 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 нагнетания воды.

Герметизацию скважин осуществляют цементным раствором на величину породной пробки. Нагнетание воды производят последовательно в каждую скважину под давлением $p_n = 0,75-2,0$ МПа 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.

8.5. 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 выходов 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 .

8.6. 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 (компенсационную) скважину диаметром 100 мм.

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.

Нагнетание воды производят последовательно в каждую скважину под давлением $p_n = 0,75-2,0$ МПа 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.

8.7. 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 гидровывывании 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. Гидровывывание 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 гидровывывания. Гидровывывание осуществляется при давлении воды у насадки 40-70 кгс/см^2 и при расходе ее не менее $18 \text{ м}^3/\text{ч}$. Гидровывывание осуществляется непрерыв-

но 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 тампонирующим 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.

8.8. 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.

8.9. 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.

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

Лекция 9. Организация работ по борьбе с ГДЯ на предприятии

9.1. Организация службы прогноза на предприятии

Осуществляется техническими директорами, главными инженерами предприятий, главные горняки. Работы на шахтах по предупреждению ГДЯ и контролю за проведением мероприятий проводят специальные службы подчиняющиеся непосредственно главному инженеру. На шахтах создаются службы прогноза. При использовании на шахте прогноза по акустической эмиссии горного массива в состав службы прогноза входят операторы и слесари сесмопрогноза. На службе ведётся планшет с нанесением положений забоев, отмечаются наряд-путёвки горных мастеров о выполнении мероприятий. Мероприятия выполняются участками профилактических работ. Разрабатывается комплекс мер, который согласуется с МакНИИ и утверждается главным инженером шахты.

9.2. Техническая документация

Техническая проектная документация участков должна иметь раздел «Противоаварийная защита», которая содержит комплекс мероприятий, включающий в себя предупреждение газодинамических явлений (ГДЯ) и в особенности мероприятий по борьбе с внезапными выбросами угля породы и газа. Он содержит прогноз опасности возникновения ГДЯ, региональные и локальные способы предупреждения ГДЯ и контроль их эффективности, применения систем разработки и технологий ведения горных работ, исключающих опасность возникновения ГДЯ, проведения организационно-технических мероприятий и использования средств защиты работающих от воздействия поражающих факторов.

9.3. Контроль эффективности способов предотвращения газодинамических явлений.

Все способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа (кроме опережающей отработки 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 их 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.

9.4. 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 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 15-40м;

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;

- 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 устанавливается 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_b), 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 про-

грамме 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_v в во временных интервалах и определение положения интервала с максимальным значением K_v по формуле

$$C_m = C_n + (C_k - C_n) n/N,$$

где C_m - номер секции крепи с максимальным значением K_v ;

C_n - номер секции крепи начала движения комбайна ;

C_k - номер секции крепи остановки комбайна ;

N - общее количество набранных интервалов K_v ;

n - номер интервала с максимальным значением K_v .

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 10м контрольных шпуров и определения величины зоны разгрузки призабойной части пласта по динамике начальной скорости газовыделения .

9.5. 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 сдвижения 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.

$$L_{p2} = 17,2 - 10/T \text{ ---- для ---- } H \leq 800 \text{ м.}$$

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

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

9.6. 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 изменении 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 последствий процесса (предварительно установленное время реакции пласта на прекращение работ), если активность не достигла критического значения.

Раздел IV. Способы предотвращения газодинамических явлений

Лекция 10. Региональные и локальные способы снижения выбросоопасности угольных пластов

10.1. Региональные способы предотвращения газодинамических явлений [3].

Региональные способы предотвращения газодинамических явлений выполняются заблаговременно или предварительно до начала очистных и подготовительных работ, локальные выполняются в забоях во время их эксплуатации. К региональным способам относятся: опережающая отработка защитных пластов; дегазация надрабатываемых крутых выбросоопасных пластов в зонах разгрузки; увлажнения угольных пластов; передовое торпедирование пород кровли пласта; гидродинамическое воздействие на угольный пласт.

10.2. Опережающая отработка защитных пластов.

Применение опережающей разработки защитных пластов является обязательным и первоочередным требованием предотвращения внезапных выбросов. По сути, отработ-

ка 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.

Защитным считается пласт, опережающая отработка которого обеспечивает полную безопасность горных работ на опасном по ГДЯ пласте, или частичную разгрузку его от горного и газового давления. Защите подлежат пласты опасные и угрожаемые по ГДЯ и слои выбросоопасных пород. В свите пластов первоочередной отработке подлежит наименее опасный пласт.

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, 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, отрабатываемый 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. Поряд-

док разработки пластов в свите выбирают с таким расчетом , чтобы обеспечить эффективной защитой наибольшее число выбросоопасных и угрожаемых пластов(рис .2)

Защита пластов в пределах всего этажа (полная защита) надработкой при условии , что защитный пласт отработан на вышележащем горизонте (рис. 2, а); двойной защитой (рис . 2, б); подработкой при условии , что защитный пласт отрабатывают с опережением на один этаж и более (рис.2, в); восходящим порядком отработки этажей и пластов (рис . 2, г). В остальных случаях защита на всю высоту этажа не обеспечивается (рис . 2, д , е).

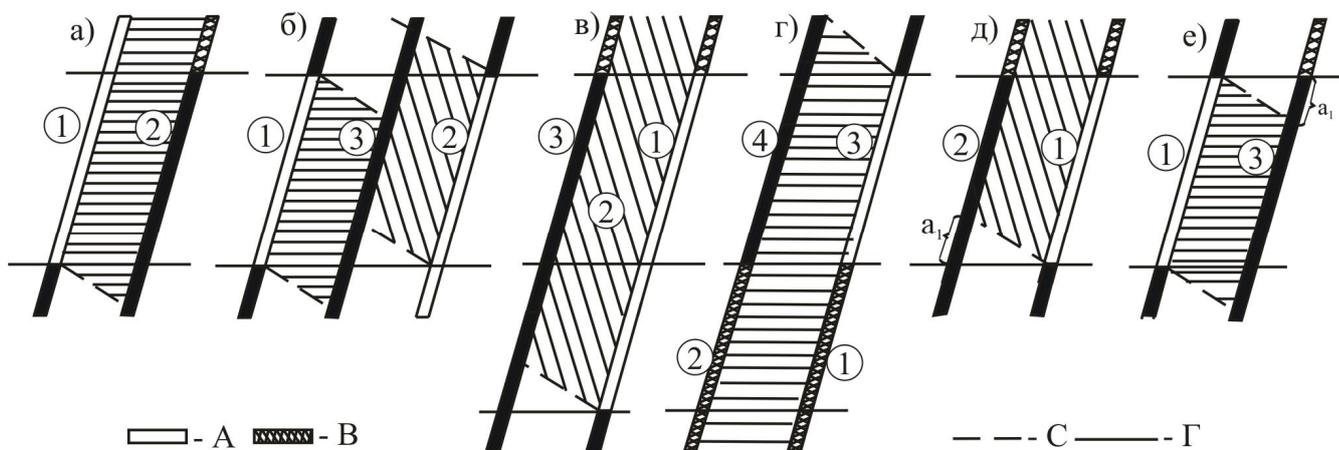


Рис. 2. Основные схемы использования защитных пластов

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

Участки (а 1), характеризуются повышенной опасностью по внезапным выбросам , в особенности в ситуации , показанной на рис .2, (д) . На крутых пластах запрещается ведение горных работ в незащищенной части этажа (частичной защиты) по схеме рис.2, (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

$$h_{min} \geq K \gamma m \cos \alpha \text{ при } \alpha < 60^\circ ;$$

$$h_{min} \geq K \gamma m \sin \alpha / 2 \text{ при } \alpha \geq 60^\circ ,$$

где m - мощность защитного пласта (слоя), м; α - угол падения, град;

$K \gamma$ - коэффициент, учитывающий геологические и горно – технические условия разработки защитного пласта ($K \gamma = 4$ при разработке защитного пласта с закладкой выработанного пространства; $K \gamma = 6$ при разработке тонких и средней мощности пластов с полным обрушением кровли; $K \gamma = 8$ при разработке мощного пласта щитовой системой с обрушением кровли при интенсивном перепуске пород с вышележащего горизонта; $K \gamma = 10$ 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 рис. 4 и рис. 5,

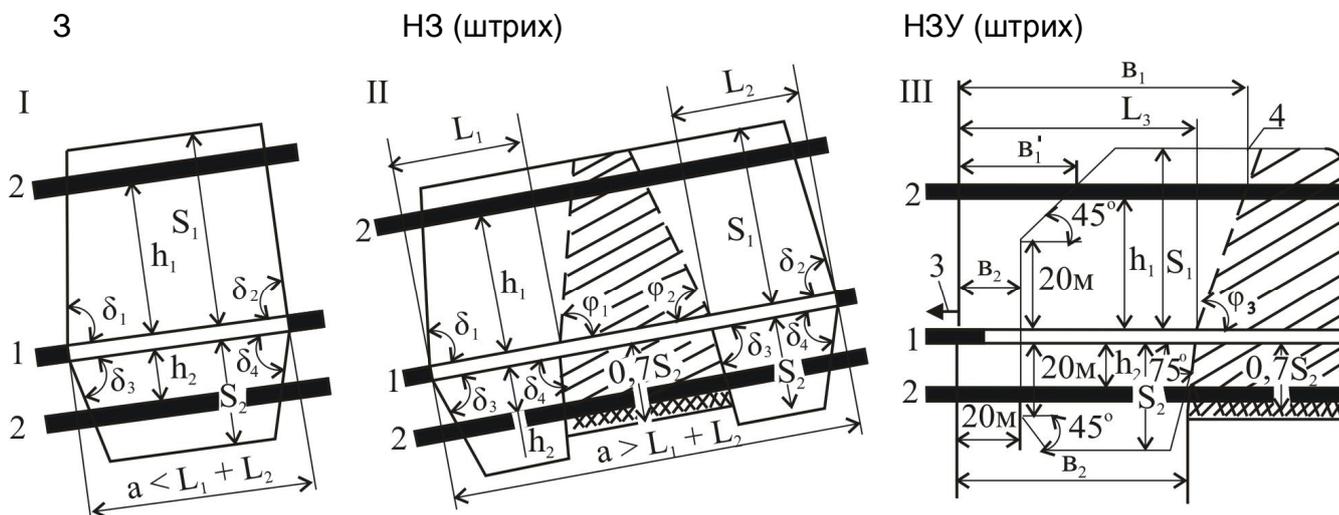


Рис. 3. Схема к построению защищенной зоны при отработке защитного пласта столбам по простиранию

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

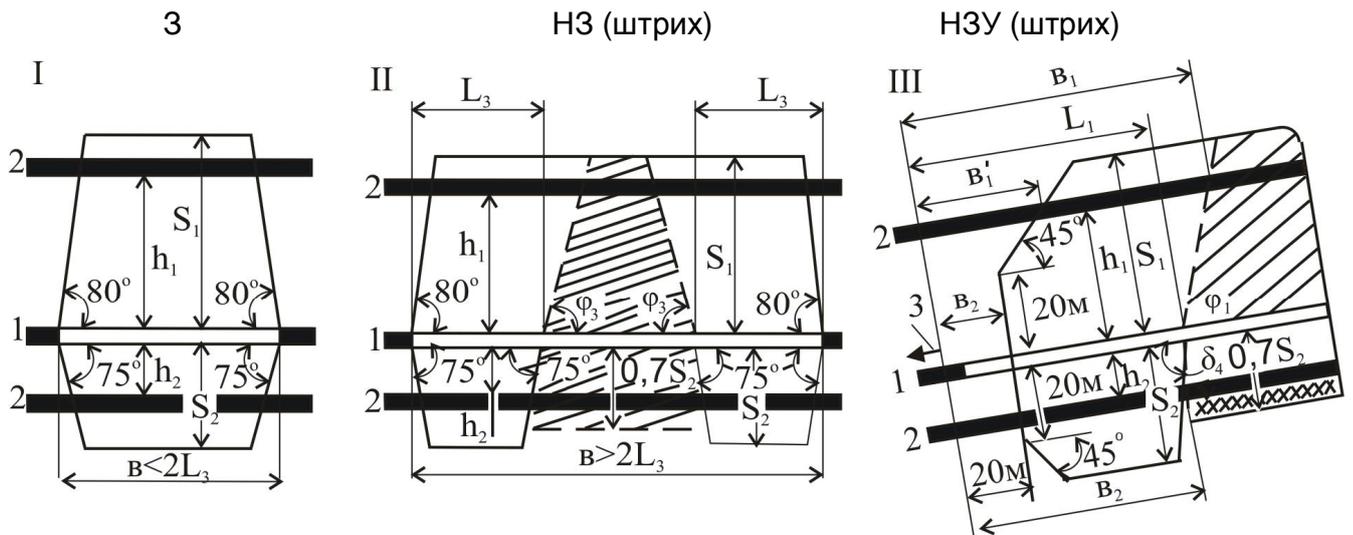


Рис. 4. Схема к построению защищенной зоны при отработке защитного пласта столбами по падению I – сечение по простиранию при $b < 2L_3$; II – тоже при $b > 2L_3$; III – сечение вкрест простиранию; 1 – защитный пласт; 2 – защищаемый пласт; 3 – направление подвигания очистного забоя защитного пласта; 3 - защищенная зона; H3 - область восстановления опасных нагрузок; H3У - незащищенный участок.

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).

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 рис. 2 и рис. 3.

Расчет производят по формулам

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

где значения S_1' и S_2' берут из таблиц 3 и 4 [1].

Таблица 3. Значения S_1' для различных глубин разработки

Глубина работ Н, м	Значения S_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 4. Значения S_2' для различных глубин разработки

глубина работ Н, м	Значения S_2' , 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

$$\beta_1 = m_{\text{эф}} / m_0 \leq 1,$$

где m_0 - критическое значение мощности защитного пласта, определяемое по номограмме рис.4.

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

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

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. рис.4 и рис.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 табл.3 [1].

Таблица 5. Значения углов защиты и давления для различных углов падения

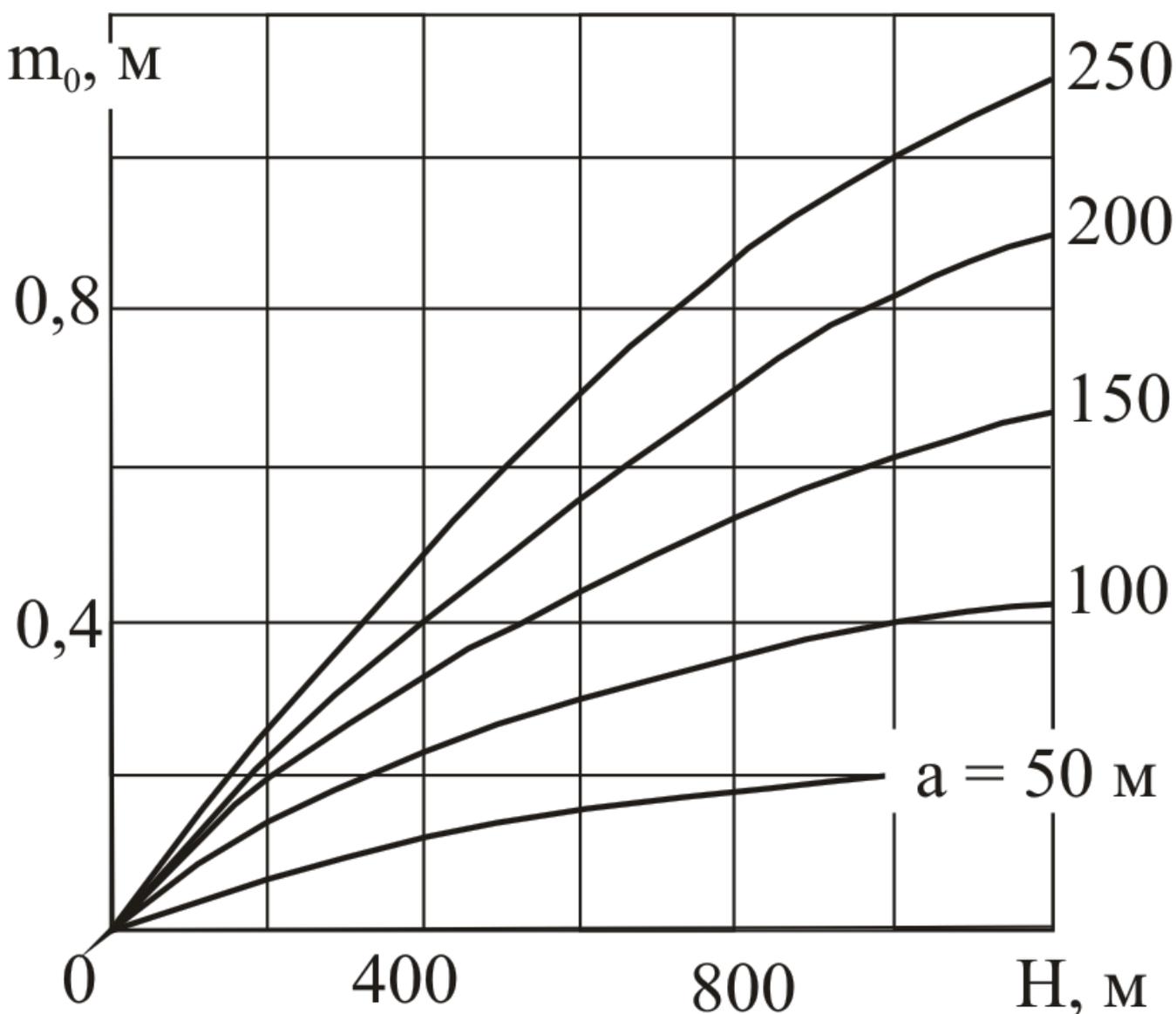
Угол падения α , град.	Угол защиты, град				Угол давления, град.		
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	φ_1	φ_2	φ_3
0	80	80	75	75	64	64	64
10	77	83	75	75	62	63	63
20	73	87	75	75	60	60	61
30	69	90	77	70	59	59	59
40	65	90	80	70	58	56	57
50	70	90	80	70	56	54	55
60	72	90	80	70	54	52	53
70	72	90	80	72	54	48	52
80	73	90	78	75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

Параметры L_1 ($i = 1, 2, 3$), используемые для построения защищенной зоны в надработанном массиве, рассчитываются по формуле

$$L_1 = \beta_1 L_1^1 (i = 1, 2, 3),$$

L_1^1 определяются по номограмме рис. 5.

Дальность эффективной защиты в почву в области восстановления опасных нагрузок составляет $0,7S_2$. Область восстановления опасных нагрузок включается в зону, защищенную от выбросов. В то же время, вследствие восстановления опасного уровня нагрузок, в этой области могут происходить горные удары, внезапные обрушения, выдавливания, высыпания угля и другие динамические проявления горного давления, не сопровождающиеся повышенным газовыделением. Значения допускаемых минимального и максимального опережений очистным забоем защитного пласта горных работ на защи-



щаемом пласте (см. рис.4 и рис.5) приведены в таблице 3.

Рис. 5. Номограмма для определения критической мощности защитного пласта m_0
 a – наименьший размер выработанного пространства выработки (если $a > 0,3H$, то при определении m_0 принимается $a = 0,3H$, но не более 250 м).

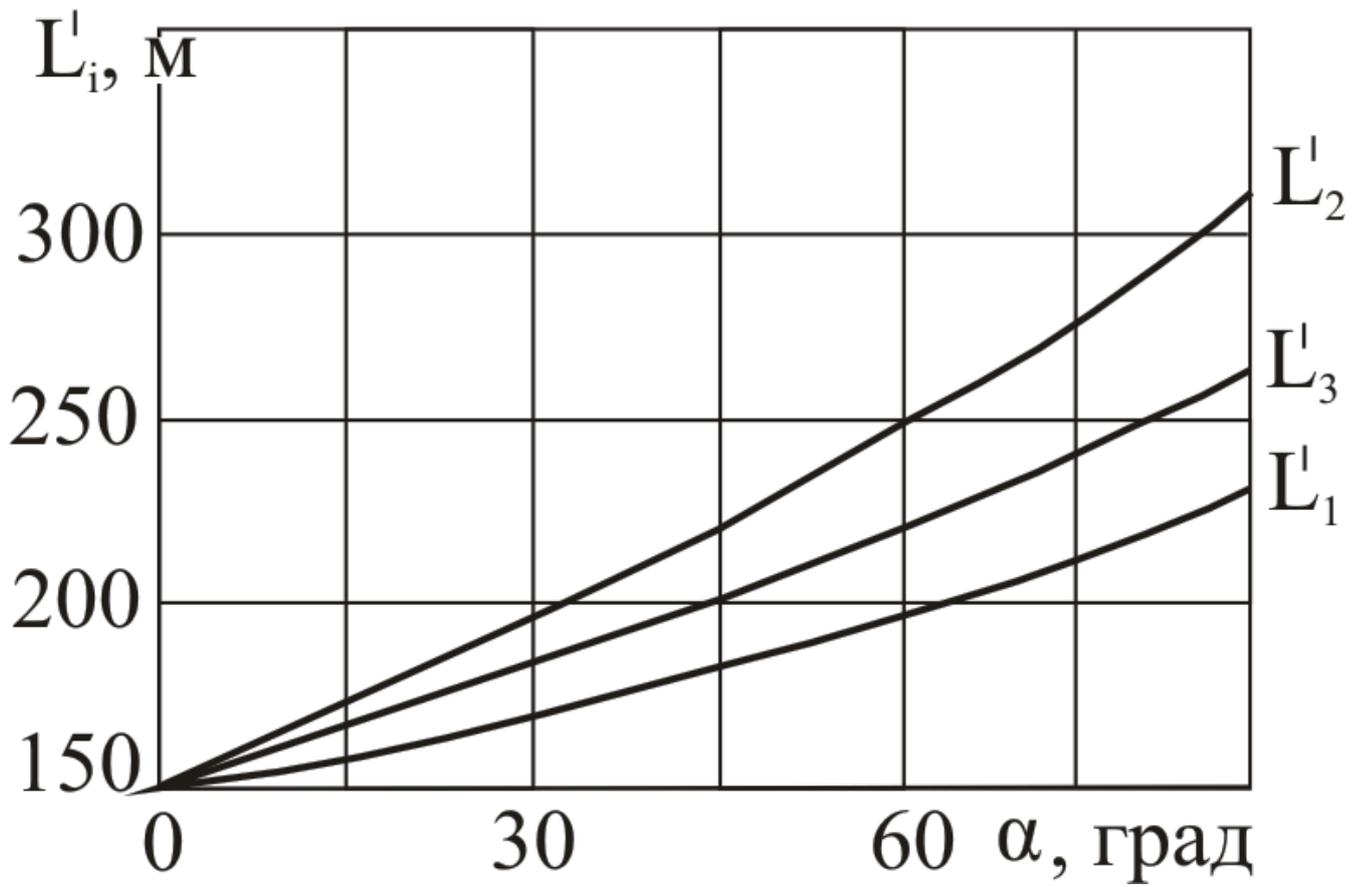


Рис.6. Номограмма для определения величин L_i ($i = 1, 2, 3$).

Таблица 3. Допускаемые опережения для различных условий разработки

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

Локальная выемка, т.е. отработка ограниченных участков защитных пластов, может применяться для предотвращения выбросов в забоях подготовительных выработок, проводимых по выбросоопасным песчаникам или выбросоопасным

пластам угля (рис.7, а), в местах вскрытия выбросоопасных пластов угля и выбросоопасных слоев песчаника кваршлагами (рис.7, б, в) и участков a_1 (рис.1, д) выбросоопасных пластов.

Параметры локальной выемки защитных пластов при надработке определяются в соответствии со схемами, показанными на рис.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 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 - зоны опорного давления, определяемая по номограмме (рис. 7).

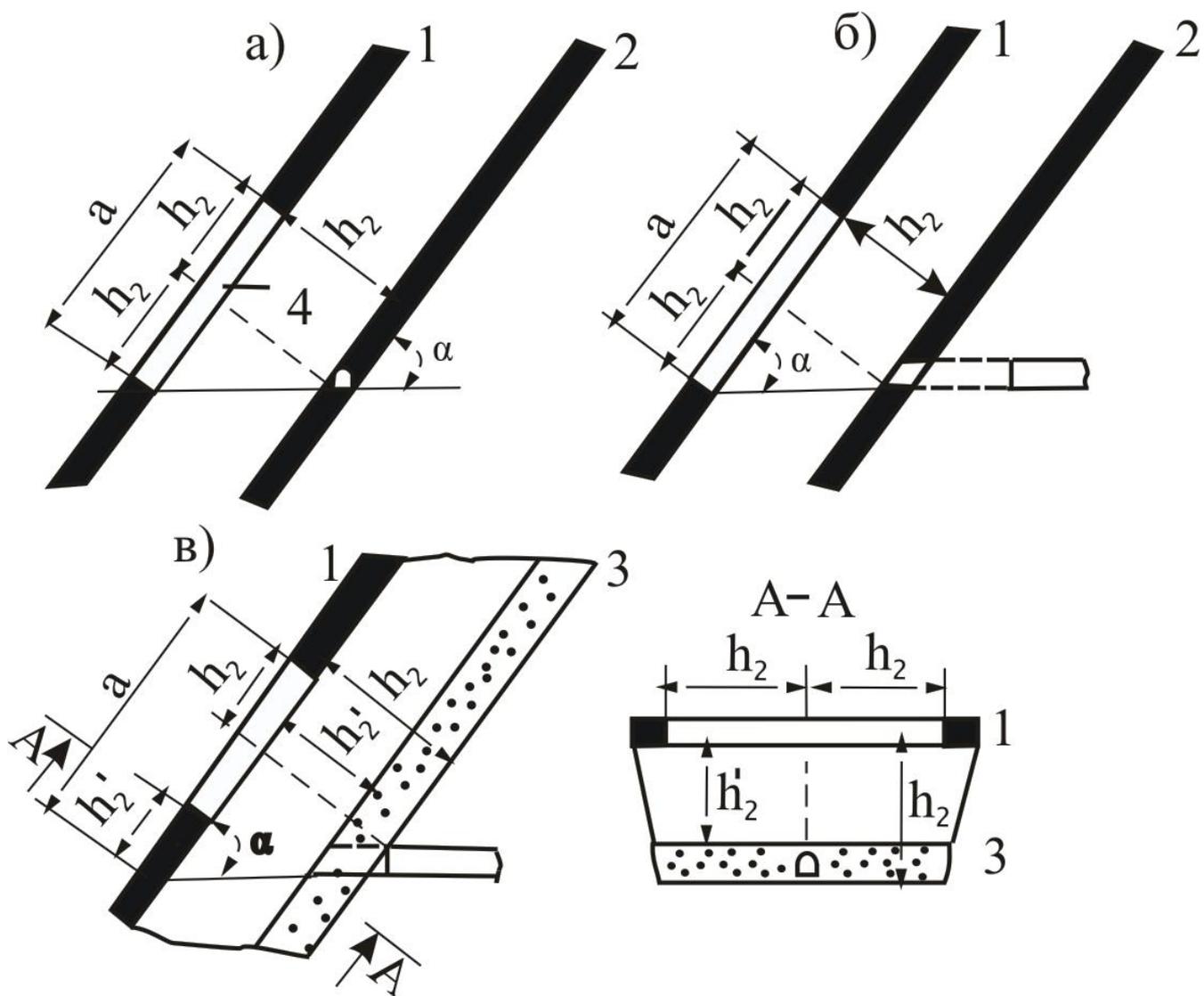


Рис. 7. Схема к определению параметров локальной защитной выемки пластов: 1 – защитный пласт; 2 – защищаемый пласт; 3 – выбросоопасный песчаник; 4 – квершлаг.

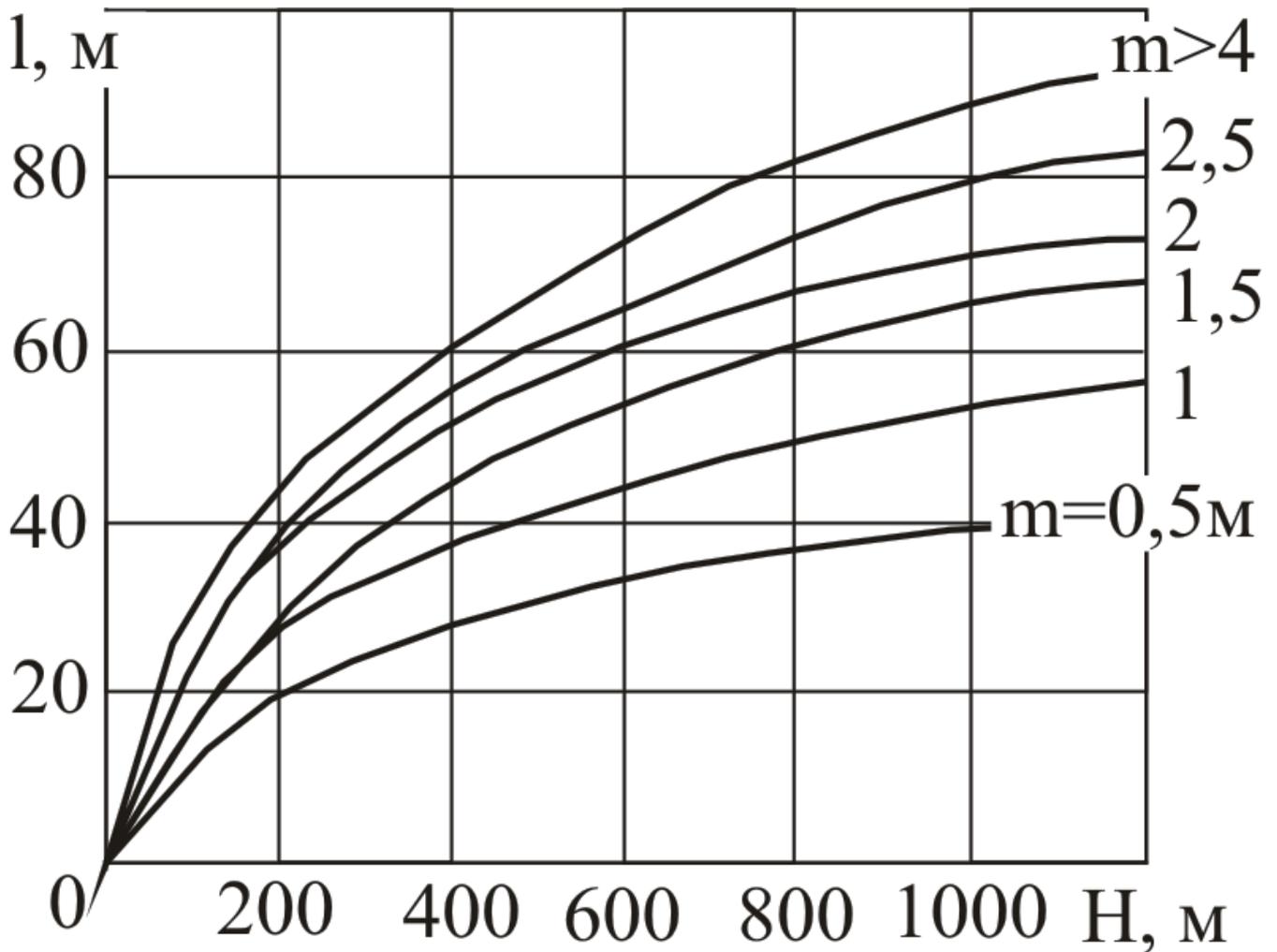


Рис. 8. Номограмма для определения ширины l зоны опорного давления
 m – мощность пласта, м; H – глубина разработки, м

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 рис.9. Размеры зон ПГД в кровлю d_1 и почву d_2 от краевой части (при $a > 2l$) определяют по табл. 8 в зависимости от размеров выработанного пространства и глубины разработки пласта, на котором оставлен целик, а значения углов $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ – по таблице 5 [1].

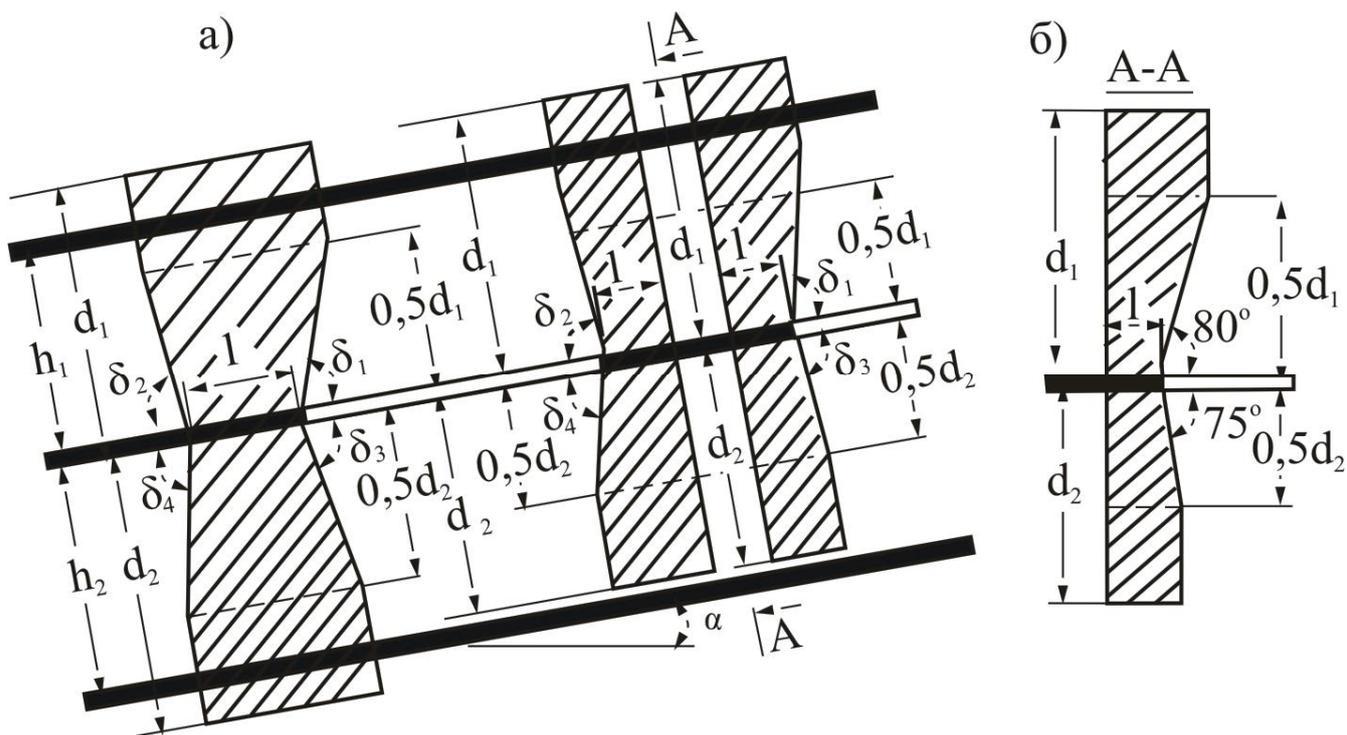


Рис. 9. Схема к построению зоны ПГДот краевой части пласта
 а – на разрезе вкрест простирания; б – на разрезе по простиранию;
 заштрихована - зона ПГД

При построении зон ПГД в сечении по простиранию углы δ_1 , (δ_2 ,) и δ_3 , (δ_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 выбросоопасным пластом $h_1 > S_1$ и $h_2 > S_2$;
- в зонах ПГД, надработанных или подработанных очистной выработкой третьего пласта, расположенного выше выбросоопасного пласта на расстоянии большем $0,4 S_2$ или ниже на расстоянии больше $0,6 S_1$;
- при надработке защитными пластами с эффективной мощностью $m_{эф} < 0,5$ м, за исключения случаев когда $h_2 < 0,7 S_2$;
- 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 $h_2 < 0,7 S_2$.

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.

Обработка защитных пластов производится без оставления целиков и участков пластов в выработанном пространстве. Целик, по размеру не превышающий $2l$ (l - ширина зоны опорного давления, м, определяется по номограмме). Если размер оставленного участка пласта больше $2l$ это краевая часть пласта (зона ПГД). Учёту подлежат целики, размер которых превышает $0,1l$.

Зона опорного давления увеличивается с глубиной разработки и мощности пласта: глубина – 200м, мощность пласта 0,5 – 2,5м, $l = 15...25$ м; глубина – 1400м, мощность пласта 0,5 – 2,5м, $l = 40...83$ м.

При разработке защитных пластов применяется управление кровлей полным обрушением или полным опусканием.

Величина защитной зоны уменьшается с глубиной разработки с 300м до 1400м в 2 – 2,5 раза (при длине очистного забоя на защитном пласте 250м и глубине разработки 300м защитная зона на защищаемом пласте – 220м, а при глубине разработке 1400м – 107м).

10.3. Дегазация надрабатываемых крутых выбросоопасных пластов в зонах разгрузки.

Дегазацию надрабатываемых крутых выбросоопасных пластов в зонах разгрузки применяют при расстоянии между защитным и опасным пластами, превышающем дальность защитного действия, но не более 100м. Дегазацию нарабатываемого пласта проводят скважинами, пробуренными из полевого штрека или откаточного штрека защитного пласта.

Скважины бурят впереди очистного забоя в три ряда. Они должны пересекать выбросоопасный пласт на расстоянии 5-8м выше будущего откаточного горизонта, второго ряда – не более 30м, а третьего ряда – не более 40м (рис. 10). 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, обеспечивающего разгрузку, на расстояние не менее 150м.

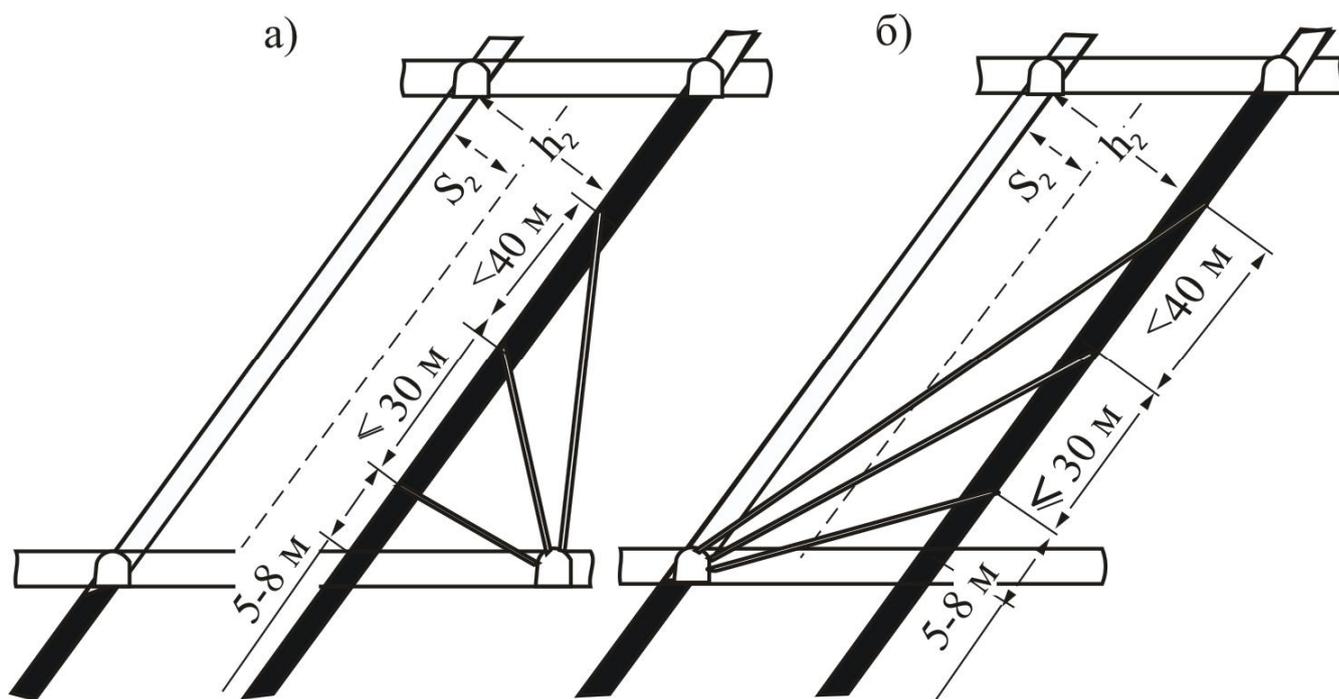


Рисунок 10. Схемы дегазации крутых надрабатываемых пластов

Контроль эффективности способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа в очистных и подготовительных выработках надрабатываемого пласта выполняют по динамике начальной скорости газовыделения из контрольных шпуров при определении зоны разгрузки призабойной части пласта. В отличие от прогноза по этому показателю при контроле эффективности измерения скорости выделения метана из контрольных шпуров производят через каждые 0,5 м длины шпура: 1 м, 2 м, 2,5 м, 3,0 м. Газовый затвор ЗГ-1 вводят в шпур при каждом измерении. При каждом замере измерительная камера должна быть не менее 0,2 м, герметизируют шпур специальным герметизатором. В случае неэффективности способа применяют локальные способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа.

10.4. Увлажнение угольных пластов.

Увлажнение угольного пласта производят нагнетанием воды через длинные скважины, пробуренные по пласту из пластовых подготовительных выработок впереди очистного забоя. Увлажнение применяется для предотвращения внезапных выбросов угля и газа, внезапных выдавливаний угля и горных ударов. Для повышения эффективности увлажнения применяют водные растворы с добавками ПАВ. Диаметр нагнетательных скважин принимают равным 80 – 110 мм. Длина скважин, пробуренных по угольному пласту, долж-

на быть на 8-10м меньше длины лавы (высоты этажа). Радиус эффективного увлажнения (м) определяют экспериментально. Расстояние между скважинами равно 1,8 радиуса эффективного увлажнения. Глубина герметизации принимается равной половине расстояния между скважинами, а в нарушенном массиве – не менее 10м.

Увлажнение пласта производят при давлении нагнетания из условия

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

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

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

$$s_y = l_n + v_b, \text{ м},$$

где l_n - неснижаемый запас увлажнения, необходимый для выдержки увлажненного участка в течение 30 суток, м;

v_b - скорость подвигания забоя, м/мес.

Пласт считают достаточно увлажненным, 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.

10.5. Цель передового торпедирования пород кровли пласта.

Данный способ применяется для предотвращения внезапных выбросов, выдавливаний угля и горных ударов путём торпедирования пород кровли скважинными зарядами Ø 43 – 45 мм заблаговременно до начала ведения очистных работ на тонких и весьма тонких пластах с труднообрушаемой кровлей и столбовой системе разработки. Не допускается передовое торпедирование в забоях с геологическими нарушениями, с перемятами породами и раскрытыми трещинами. При передовом торпедировании бурят скважины в кровле пласта, выбирают конструкцию заряда, проводят зарядание и взрывание в режиме сотрясательного взрывания, технология взрывания должна обеспечивать его камуфлетность (взрывание заряда ВВ во вмещающих пласт породах без выхода результатов взрыва в выработанное пространство). Контроль эффективности – по начальной скорости газовыделения, а для горных ударов – по методике и критериям прогноза ударо-

опасности. При неэффективности метода – применять локальные способы предотвращения ГДЯ.

10.6. Цель гидродинамического воздействия на угольный пласт.

Гидродинамическое воздействие применяется для предотвращения внезапных выбросов угля и газа, внезапных выдавливаний и горных ударов и заключается в многократном нагнетании и сбросе давления воды в скважине. Гидродинамическое воздействие на пласт производится через породную толщу не менее 3м. Диаметр скважины – 150 – 190мм, глубина герметизации – не менее 3м, угол наклона к горизонту – 10 град., расстояние между скважинами 15 – 20м, темп нагнетания воды в пласт 30 – 40л/мин, давление воды – больше пластового давления газа (80 – 120атм). Продолжительность времени открывания скважины для обратной фильтрации жидкости из массива составляет не более 1с. Гидродинамическое воздействие осуществляют при помощи УГВ (устройство гидродинамического воздействия), работающем на сжатом воздухе. Управление воздействием выполняется с пульта дистанционного управления, который располагают на свежей струе на расстоянии не менее 30м от нагнетательных скважин. Скважины обсаживаются металлической трубой. Гидродинамическое воздействие считается эффективным, если фактическое количество извлеченного угля из скважин не менее расчетной величины, а коэффициент дегазации $K_d > 0.45$.

Лекция 11. Локальные способы предотвращения газодинамических явлений.

Локальные способы предотвращения выбросоопасности выполняются в забоях во время их эксплуатации. К локальным способам относятся: гидрорыхление угольного пласта, гидроотжим призабойной части пласта, образование разгрузочных пазов, образование разгрузочной щели во вмещающих породах, бурение опережающих (разгрузочных) скважин, торпедирование угольного массива, образование разгрузочной щели по длине очистного забоя.

11.1. Гидрорыхление угольного пласта.

Гидрорыхление угольного пласта осуществляется путём высоконапорного нагнетания воды в угольный пласт через скважины, пробуренные из забоя горной выработки, и применяется для предотвращения внезапных выбросов угля и газа и горных ударов. Для конкретных условий применения гидрорыхления глубину герметизации, длину фильтрующей части, удельный расход воды, расстояние между скважинами определяют на основании опытных нагнетаний. Диаметр скважин для нагнетания воды – 42-43мм, $l = 4 – 8$ м,

глубина герметизации – 3 – 6м. Величина неснижаемого опережения равна длине фильтрующей скважины и составляет 1,0 – 2,0 м. Количество скважин должно быть не менее 2-х. При бурении скважин определяют величину зоны разгрузки призабойной части пласта по динамике начальной скорости газовыделения или по параметрам акустического сигнала. Нагнетание считается эффективным, если давление воды по показаниям манометра снизится не менее чем на 30% от максимального, зарегистрированного в процессе нагнетания, и выхода воды на забой выработки, что будет свидетельствовать о завершении процесса гидрорыхления. Контроль эффективности гидрорыхления для предотвращения внезапных выбросов угля и газа, а также выдавливания угля осуществляют по величине зоны разгрузки, а для предотвращения горных ударов – по методике и критериям прогноза удароопасности.

11.2. Гидроотжим призабойной части пласта.

Гидроотжим осуществляется путём высоконапорного нагнетания воды в призабойную часть угольного пласта через шпур, скважины и применяется для предотвращения внезапных выбросов угля и газа, горных ударов в очистных и подготовительных выработках за исключением восстающих выработок с углом наклона более 25° и очистных почвоуступных, потолкоуступных забоях на крутых и крутонаклонных пластах.

Глубина герметизации шпуров 2м – 5,5м, длина шпура должна быть на 0,3 м больше глубины герметизации (2,3м – 5,8м, расстояние между шпурами 1,8 длины шпура, расстояние от кутков – 1,0м, неснижаемое опережение – 0,7м для очистных и 1,0м для подготовительных забоев, в зонах геологических нарушений на 0,2м больше (7,5 – 12,0 МПа), темп нагнетания не менее 30 л/мин. Насосная установка устанавливается на расстоянии не менее чем 120м от подготовительного забоя и не менее 20м от очистного забоя.

Герметизация – рукавными гидрозатворами, рассчитанными на давление 20 – 40 МПа. Контроль эффективности по начальной скорости газовыделения, сейсмоакустике, выдвиганию забоев между шпурами (0,01 мш), нахождение людей от места нагнетания на расстоянии не менее 30м. Выемка угля после гидроотжима – не менее чем через 0,5 часа.

11.3. Образование разгрузочных пазов, щелей.

Разгрузочные пазы – это щелевидные полости, образованные в угольном пласте с помощью специальных механизмов с дистанционным управлением и применяются для предотвращения внезапных выбросов угля и газа, а в сочетании с опережающей крепью вводимой в паз (технологические пазы), для предотвращения внезапных обрушений угля на крутых пластах в подготовительных и в очистных выработках. Паз должен быть сплошным и располагаться по нормали к почве (кровле) пласта в 0,5 м от кутка, ширина паза 60

– 80 мм, глубина – не более 2,5 м, неснижаемое опережение – не менее – не менее 1 м. Выемка угля между пазы последовательными полосами шириной не более 0,8 м. На крутых пластах глубина паза не должна превышать 1 м плюс неснижаемое опережение 1 м. По мере образования паза угольный массив перекрывается на всю глубину опережающей крепью из обрезных досок толщиной не менее 40 мм, под свободный конец которых устанавливают стойки через 0,3 м. На пластах пологого падения паз в нише нарезается на расстоянии 0,5 м от стенок ниши.

Разгрузочные щели - это полости, образованные в пласте с помощью щеленарезной машины с исполнительным органом бурового типа. Разгрузочные щели нарезают по длине очистного забоя. Способ применяют в очистных забоях на пологих и наклонных пластах с устойчивыми кровлями. Высота разгрузочной щели – 70 – 120 мм. Глубина щели – ширина комбайновой полосы плюс неснижаемое опережение не менее 0,2 м. запрещается совмещать операции образования разгрузочной щели с выемкой угля комбайном. Управление щеленарезной машиной осуществляется машинистом дистанционно с расстояния 30 м со стороны свежей струи. Не допускается выполнение других работ и нахождение людей в лаве и по ходу исходящей струи до её подсвежения.

11.4. Бурение опережающих скважин.

Бурение опережающих скважин применяют для предотвращения внезапных выбросов угля и газа, выдавливания угля и горных ударов в подготовительных и очистных выработках на пластах любой мощности. Расстояние между шпурами – 0,5 м, \varnothing 43 – 45 мм, $l_{ш}$ = 5 – 7 м, n = 5 шт., герметизация – не менее – 2,0 м, измерительная камера l_k = 1,0 м, диаметр скважин 80 – 250 мм, неснижаемое опережение – 5 м.

Прогноз «опасно» производится при превышении эмпирического коэффициента, определяемого сейсмоакустическим методом, и «неопасно» при его снижении ниже критического уровня,. Прогноз «опасно» отменяется после отработки 3-х циклов в зоне запаса. Контроль эффективности – по критериям прогноза удароопасности – по выходу буровой мелочи из 1,0 м шпура (л/м, кг/м). Первый цикл бурения шпуры диаметром \varnothing 42 – 43 мм, затем разбуриваются до проектного сечения.

11.5. Понятие о торпедировании угольного массива.

Торпедируют угольный пласт путём взрывания зарядов ВВ в скважинах как без предварительного нагнетания воды в пласт, так и с нагнетанием воды. Данный метод применяют для предотвращения внезапных выбросов угля и газа, внезапных выдавливания угля и горных ударов: \varnothing скважин 50-60 мм; длина скважин в зависимости от величины зоны разгрузки: зона разгрузки – 1,0 м – 3,5 м, длина скважин – 8,5 – 13,5 м. Неснижаемое

опережение: в подготовительных забоях – не менее 5,0 м, в очистных – не менее 3,0 м. Скважины должны выходить за контур выработки не менее чем на 2 м, расстояние между скважинами – 2,0 – 2,5 м. Патроны досылаются в скважину свинчивающимися досыльниками (металлическими, деревянными). Взрывание – в один приём в режиме сотрясательного взрывания. Контроль эффективности торпедирования угольного пласта с целью предупреждения внезапных выбросов угля и газа – по начальной скорости газовыделения, предотвращения горных ударов – по методике и критериям прогноза удароопасности (по выходу буровой мелочи л/м, кг/м).

Лекция 12. Технологические схемы выемки угля в очистных забоях, управление кровлей

12.1. Разработка пластов, склонных к проявлению выбросов горных пород и газа.

Разработка упомянутых пластов производится с использованием методов, обеспечивающих безопасность работ [1, 3, 6].

Первый метод – метод с предварительной отработкой защитного пласта. В этом случае выработку по выбросоопасному песчанику можно проводить без применения дополнительных мероприятий по борьбе с выбросами. При этом, опережение очистным забоем забоя подготовительной выработки должно быть не менее мощности пород междупластья.

Вторым метод – метод ограничивающий объём выбросов за счет уменьшения сечения выработок с последующим увеличением, применения оптимальных параметров БВР, возведения заградительных перемычек из металлических балок, образования разгрузочных щелей, пазов. В этот перечень мероприятий входит: бурение скважин по периметру выработки, а при комбайновой проходке – вырубывания щели высотой 0,4м выше пласта на 0,4м и шире поперечного сечения выработки на 0,4м с обеих сторон. Глубина разгрузочной щели не менее 2м. Неснижаемое опережение не менее 1м.

12. 2. Выемка угля в нишах лав выбросоопасных пластов

При пересечении очистными забоями геологических нарушений необходимо применять: в нишах лав, отрабатываемых по системе «лава – штрек», торпедирование угольного пласта или сотрясательного взрывания; в нишах лав, отрабатываемых по столбовой системе противовыбросные мероприятия или прогноз, которые применялись при нормальных условиях залегания пласта (гидрорыхление, гидроотжим пласта, прогноз по начальной скорости газовыделения, по параметрам акустического сигнала (АПСС), по АЧХ

акустического сигнала), предусмотрев дополнительное количество шпуров для оценке эффективности мероприятий или прогноза (по начальной скорости газовыделения, по параметрам акустического сигнала).

12.3. Зона разгрузки. Краткая характеристика.

Величина выемки угля по простиранию угольного пласта определяется зоной разгрузки. Разгруженной зоной пласта является его призабойная часть до конца интервала, на котором увеличение начальной скорости газовыделения (если она по абсолютной величине не менее 0,8л/мин) сменяется уменьшением. При максимальной скорости газовыделения до 0,8л/мин величину зоны разгрузки считают равной длине шпура плюс 1м. Если скорость газовыделения равна или превышает 0,8л/мин и не происходит её снижение, то величину зоны разгрузки считают равной длине шпура плюс 0,5м. Способ предотвращения внезапных выбросов угля и газа считают эффективным, если после его выполнения величина зоны разгрузки превышает глубину вынимаемой полосы угля за цикл не менее чем на величину неснижаемого опережения равного 1,3м. Если глубина выемки за цикл больше величины зоны разгрузки или неснижаемое опережение меньше 1,3м, то работы по выемке угля в выработке не допускаются и могут быть разрешены только после отстоя забоя в течение не менее 1 часа и повторного контроля величины зоны разгрузки.

12. 4. Управление кровлей в очистных забоях выбросоопасных пластов.

Управление кровлей в очистных забоях на пластах, опасных по ГДЯ, должно производиться полным обрушением или полной закладкой выработанного пространства. Применение других способов управления кровлей с учётом рекомендаций специализированного отраслевого института в соответствии с выводами проведенных научно-исследовательских работ.

12.5. Ведение подготовительных работ на выбросоопасных пластах.

Ведение подготовительных работ на выбросоопасных пластах должно производиться с применением способов прогноза и предотвращения ГДЯ или буровзрывным способом в режиме сотрясательного взрывания. Заложение полевых выработок необходимо производить на расстоянии не менее 5м по нормали от пластов склонных к ГДЯ. При приближении к пласту на расстояние не менее 3м по нормали вводится режим сотрясательного взрывания. На незащищённых пластах, склонных к ГДЯ, подготовительные выработки с углами наклона выше 10 град. должны проходиться в направлении сверху вниз. В аврийных ситуациях разрешается проведение выработок с углами наклона свыше 10 град. в направлении снизу вверх отбойными молотками с применением способов предотвращения ГДЯ, с контролем их эффективности и мероприятий по обеспечению безопас-

ности работников. На защищенных пластах или участках (зонах) наклонные выработки могут проводиться снизу вверх при условии соблюдения требования безопасности для газовых шахт.

12. 6. Действия работающих при появлении признаков ГДЯ.

При появлении признаков, предшествующих ГДЯ, все работники должны быть немедленно выведены из выработок в безопасное место, а электроэнергия отключена. Возобновление работ может быть осуществлено по письменному допуску главного инженера или уполномоченного лица после оценки опасности возникновения этих явлений и применения мероприятий по их предотвращению.

Раздел V. 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 подсвечиванием 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.

Лекция 13. Сотрясательное взрывание. Инструкция по сотрясательному взрыванию

13.1. Понятие о сотрясательном взрывании [1, 4].

Сотрясательное взрывание – это особый вид взрывных работ проводимых на пластах опасных и угрожаемых по внезапным выбросам угля и газа, а также в выработках, проводимых по выбросоопасным породам, выполняемых в определенном режиме, направленном на защиту людей от последствий выбросов угля, породы и газа. Сотрясательное взрыва применяется для отбойки угольного массива на выбросоопасных пластах

независимо от результатов прогноза и эффективности выполненных противовыбросных мероприятий.

13.2. Режим сотрясательного взрывания на пластах опасных по ГДЯ.

Сотрясательное взрывание применяется для отбойки угольного массива на выбросоопасных пластах независимо от результатов прогноза эффективности выполненных противовыбросных мероприятий: на угрожаемых пластах в зонах, где текущим прогнозом получены значения «опасно»; при проведении выработок по выбросоопасным пластам; при вскрытии выбросоопасных пластов и пропластков; при вскрытии песчаников на глубине 600м и более, если прогнозом установлена его выбросоопасность; при проведении выработок по выбросоопасным песчаникам; при проведении выработок по углю горизонтальных, наклонных(сверху вниз) и восстающих выработок с углом наклона до 10 град. включительно; в очистных выработках на пологих и наклонных пластах; в щитовых забоях, в мотажных печах щитовых лав и комбайновых нишах на крутонаклонных и крутых пластах; при камуфлетном взрывании; при пластовом и внепластовом торпедировании, предназначенном для предотвращения внезапных выбросов угля и газа. Расстояние от забоя до места укрытия мастера-взрывника при взрывании не менее 600м на свежей струе воздуха и не менее 200м от сопряжения выработок со свежей струёй воздуха с выработками с исходящей струёй воздуха.

13.3. Меры безопасности при взрывных работах в режиме сотрясательного взрывания.

Выемочные участки и тупиковые выработки должны быть оснащены аппаратурой АКМ с передачей сигналов на поверхность (на стойки АГЗ или на КАГИ). Работники должны иметь метан-сигнализаторы совмещённые с головными светильниками. Параметры паспортов БВР, проводимых выбросоопасным угольным пластам и породам, должны обеспечивать полную отбойку угля (породы) по всему сечению выработки. Запрещается оформлять забой после сотрясательного взрывания машинами, механизмами или ручным инструментом ударного действия. Бурение шпуров по углю следует производить вращательным способом. В местах геологических нарушений взрывание по углю и по породе должно производиться одновременно. Сотрясательное взрывание проводят в специальную выделенную смену или в специальные междусменные перерывы. Во время ведения сотрясательного взрывания исключается выполнение других работ и нахождение людей в опасной зоне.

13. 4. Опасная зона при сотрясательном взрывании.

Для каждого забоя определяют опасную зону, в которую включают все выработки шахты, расположенные по ходу движения исходящей струи от места взрывания, а также выработки с поступающей струёй воздуха, которые могут быть загазированы при возможном выбросе. Границами опасной зоны по исходящей струе воздуха являются места выхода её из шахты, а по свежей струе – места, находящиеся на безопасных расстояниях от места взрывания. На границах опасной зоны выставляются посты, а при отсутствии постов – аншлаги (предупредительные знаки).

13. 5. Основные требования безопасности при вскрытии угольных пластов.

Вскрытие угольных пластов сотрясательным взрыванием, кроме мощных крутых пластов, разрешается проводить полным проектным сечением. Участок породной пробки непосредственно перед пластом необходимо ликвидировать за одно взрывание. Режим сотрясательного взрывания вводится с расстояния не более чем за 4 м и отменяется после выхода забоя выработки на расстояние не менее 4 м по нормали от угольного пласта.

13. 6. Инструкция по сотрясательному взрыванию.

Инструкция по применению сотрясательного взрывания является нормативным документом и предназначена для использования и руководства взрывными работами на выбросоопасных пластах и породах. Она определяет область применения, технологию, организацию производства и мероприятия по обеспечению безопасности взрывных работ на выбросоопасных и угрожаемых по внезапным выбросам угля и газа пластам, а также при проведении выработок по выбросоопасным породам.

13.7. Способы снижения выбросоопасности угля и газа при производстве взрывных работ в режиме сотрясательного взрывания.

Способы снижения интенсивности и частоты выбросов угля и газа – специальные способы ведения взрывных работ в подготовительных и очистных выработках, обеспечивающие создание эффективной искусственной (дополнительной) зоны разгрузки пласта впереди забоя выработки посредством взрывания заряда ВВ в угольном массиве или во вмещающих угольный пласт породах, а также с применением схем проведения выработок со взрыванием зарядов по породной части забоя, или локализацией выброса угля и газа путём взрывного возведения насыпной преграждающей перемычки из отбитой породы. Способ используется при проведении выработок на особовыбросоопасных пластах в зонах ПГД и осуществляется путём одновременного взрывания шпуровых зарядов для пе-

редового рыхления вмещающих пород – заряды рыхления должны взрываться с опережением. Расстояние между шпурами не более 0,5м. Длина шпуров должна быть в 2 раза больше, чем при обычном взрывании. Способ передового рыхления (камуфлетного взрывания - взрывание заряда ВВ во вмещающих пласт породах без выхода результатов взрыва в выработанное пространство) угольного массива рекомендуется для снижения интенсивности и частоты выбросов угля и газа в щитовых лавах крутых пластов. Контроль эффективности метода – с помощью методов сейсмоакустики.

14. Лекция. Последовательность выполнения технологических процессов противосносных мероприятий

14.1. Пологие пласты.

14.1.1. Несовместимые процессы при бурение дегазационных скважин в забое штрека.

При бурении в забоях дегазационных скважин \varnothing 80 мм и нагнетанию воды с целью гидроотжима угля запрещаются все работы в штреках при сплошной системе; при опережении штреков 100 м забоев лав можно проводить работы в лаве по предотвращению ГДЯ [3].

14.1.2. Несовместимые процессы при бурение скважин в опережении штрека.

Бурение длинных скважин \varnothing 80 мм и более на первых 20 м их длины на расстоянии 60 м от скважины до лавы. Технологические процессы не подлежащие совмещению во времени: все другие работы в тупиковой части штрека и на расстоянии 30 м от скважины в сторону забоя лавы.

14.1.3. Несовместимые технологические процессы в лавах при нагнетании воды в пласт в режиме гидроотжима.

При бурении скважин по углю диаметром 80 мм и более и нагнетанию воды для гидроотжима угля запрещаются все другие работы в лаве по ходу движения исходящей струи воздуха и в вентиляционном штреке до места подсвеживания и на протяжении 30 м от места бурения или гидроотжима по свежей струе воздуха.

14.1.4. Несовместимые процессы при бурение скважин в нижней нише лавы.

При бурении скважин по углю диаметром 80 мм и более в нижней нише лавы и нагнетания воды в пласт для гидроотжима угля запрещаются все другие работы в нише, лаве, вентиляционном штреке до места подсвеживания струи воздуха, в откаточном штреке впереди лавы и на расстоянии 30 м от ниши по свежей струе. При наличии конвейерного штрека (параллельного просеку) – все другие работы в нише, лаве, вентиляционном

штреке до места подсвежения струи воздуха и на расстоянии 30 м от ниши по свежей струе.

14.1.5. Выемка угля отбойными молотками в забоях штреков.

Несовместимые процессы.

При выбурировании или выемке угля отбойным молотком (обушком) после применения способов предотвращения ГДЯ и установления их эффективности запрещаются все другие работы, кроме работ по проведению и поддержанию штрека.

14.1.6. Несовместимые процессы при бурении скважин в верхней нише лавы.

При бурении скважин по углю диаметром 80 мм и более в верхней нише лавы и нагнетания воды в пласт для гидроотжима угля, а также при нагнетании воды в пласт для его гидрорыхления запрещаются все другие работы на вентштреке до места подсвежения струи и на расстоянии 30 м от места проведения мероприятий по свежей струе воздуха в лаве. При выбурировании или выемке угля отбойным молотком (обушком) после применения способов предотвращения ГДЯ и установления их эффективности ограничения в выполнении технологических операций отсутствуют.

На границах опасной зоны выставляются посты, а при отсутствии постов – аншлаги (предупредительные знаки).

14.2. Крутые пласты.

14.2.1. Несовместимые процессы при бурении скважин в забое откаточного штрека.

При бурении в забоях дегазационных скважин Ø 80 мм и нагнетанию воды с целью гидроотжима угля запрещаются все работы в штреках при сплошной системе; при опережении штреков 100 м забоев лав можно проводить работы в лаве по предотвращению ГДЯ. На крутых пластах при проведении этих работ запрещаются все другие работы в штреке, нижней печи, гезенках, кроме нагнетания воды в пласт, через восстающие скважины. Разрешается применение способов предотвращения ГДЯ при опережении откаточного штрека лавы на 100 м и более.

14.2.2. Несовместимые процессы при бурении скважин для прохождения гезенков.

При бурении из промежуточного гезенка (восстающей печи) на заранее пройденную печь скважин Ø 250 мм для прохождения по ним гезенков запрещается выемка угля в промежуточных гезенках и нижней печи. При бурении скважин Ø 250 мм и более из верхней печи (верхнего гезенка) на вентиляционный штрек запрещаются все другие работы в верхней печи и комбайновой части лавы.

14.2.3. Несовместимые процессы при бурение скважин в печах.

При бурении скважин Ø 80 мм и более в забое нижней печи (нижний просек) и восстающих скважин Ø 80 мм и более на высоту первых 20 м из нижней печи, нагнетание воды для гидроотжима угля запрещаются все другие работы в откаточном штреке впереди лавы, в промежуточном гезенке, в лаве и на вентиляционном штреке до места подсвежения струи или до групповой выработки, кроме работ по механизированной закладке из вентиляционного штрека. При бурении скважин Ø 80 мм и более в забое верхней печи (верхний просек), нагнетание воды в пласт для гидроотжима угля, гидрорыхления угля, образования разгрузочных пазов запрещаются все другие работы в верхней печи, верхнем гезенке и комбайновой лаве, кроме применения способов предотвращения ГДЯ в уступах лавы.

14.2.4. Несовместимые процессы при бурение скважин в уступных лавах.

При бурении скважин по углю диаметром 80 мм и более в уступах лавы и нагнетания воды в пласт для гидроотжима угля, гидрорыхления, образования разгрузочных пазов запрещаются все другие работы в уступах, верхней печи и верхнем гезенке, кроме применения способов предотвращения ГДЯ.

14.2.5. Несовместимые процессы при бурение скважин в вентиляционном штреке.

При бурении скважин по углю диаметром 80 мм и более в забое вентиляционного штрека, нагнетания воды в пласт для гидроотжима угля, гидрорыхления, образования разгрузочных пазов запрещаются все другие работы в верхней нише и верхнем гезенке, в вентиляционном штреке, комбайновой части лавы, в тупиковой части штрека кроме управления комбайновой лебёдкой.

14.2.6. Несовместимые процессы на выбороопасных пластах при щитовой выемке угля.

При щитовой и агрегатной выемке угля на особовыбороопасных участках без применения способов предотвращения ГДЯ запрещаются все другие работы под щитом (агрегатом) в вентиляционном гезенке, в вентиляционном штреке и в вентиляционном промквершлагае, по проведению монтажной печи, доставке и монтажу секций и по ходу исходящей струи до места подсвежения или групповой выработки, но не ближе 100 м. В этом месте должно быть установлено сигнальное устройство, предупреждающее о работе щита по выемке угля. Разрешается нахождение машиниста у главного пульта управления и помощника машиниста под щитом на свежей струе воздуха не ближе 15 м от группы сек-

ций (кроме участка полосы протяжённостью 20 м от углеспускного гезенка), в районе которых производят зарубку и выемку угля конвееростругом. Глубину выемки и технологические перерывы между заходками устанавливают по согласованию с МакНИИ.

Лекция 15. Требования к машинам и механизмам. Индивидуальные и групповые средства жизнеобеспечения. Действия работников в аварийных ситуациях.

15.1. Применение машин и механизмов на очистных и подготовительных работах.

Вновь создаваемые машины и механизмы для выемки угля, проведения подготовительных выработок и применения способов предотвращения ГДЯ (нарезке разгрузочных пазов и щелей, бурении скважин по углю на \varnothing 80 мм и др.) на опасных по ГДЯ пластах, а также в опасных зонах на угрожаемых пластах должны быть оснащены средствами дистанционного управления с учётом вида выемочного механизма, угла падения пласта, степени опасности и в зависимости от этого расстояния комбайна от пульта (мин. 15 – 30 м, макс. 200 м для особоопасных участков) [3]. Эти места должны быть оборудованы средствами жизнеобеспечения работающих. На машины и механизмы должно быть заключение испытательной организации об отсутствии опасности фрикционного искрения. На добычных и проходческих комбайнах должны быть установлены датчики газовой защиты типа ТМРК (термокатолитическое метан-реле комбайновое). Все работающие на опасных по ГДЯ пластах, зонах, угрожаемых пластах должны иметь при себе изолирующие самоспасатели, обеспечены сигнализаторами метана, совмещёнными с головными светильниками.

15.2. Оснащение работников СИЗ, участков СКЗ на выбросоопасных пластах.

В соответствии с ПБ в угольных шахтах (Разд. 8, IV Рудничная аэрология) в действующие горные выработки шахт I, II категорий по газу должны быть оборудованы аппаратурой АКМ. Она должна обеспечивать автоматическое отключение электроэнергии при появлении недопустимой концентрации метана. Работники, работающие в выработках с исходящей струёй воздуха, в тупиковых, очистных выработках шахт III категории и сверхкатегорных должны обеспечиваться должны обеспечиваться индивидуальными сигнализаторами метана, совмещёнными с головными светильниками, а в шахтах опасных по выбросам угля породы и газа – двухпороговыми индивидуальными сигнализаторами метана совмещёнными с шахтными головными светильниками. На шахтах III категории по газу и выше должны применяться системы АГК (автоматический газовый контроль) с функцией отключения электроэнергии при превышении концентрации метана выше установленных

параметров (2%) и возможностью интегрирования с другими системами противоаварийной защиты.

15.3. Устройства группового аварийного жизнеобеспечения на пневмоэнергии.

В опережающей части пластовых и вскрывающих выработок на незащищённых и опасных по ГДЯ пластах, использующих электроэнергию, должны быть оборудованы устройства группового аварийного жизнеобеспечения (ПСП, ПСПМ). В лавах с уступной формой забоя, на опасных по ГДЯ крутых и крутонаклонных пластах, незащищённых и не обработанных региональными способами, в каждом уступе должны быть оборудованы отводы от магистрали сжатого воздуха с переключателями.

В лавах пологих, наклонных, незащищённых и не обработанных региональными способами опасных по ГДЯ пластов, в которых используется сжатый воздух, должен быть проложен шланг сжатого воздуха с 3 – 5 отводами с переключателями, равномерно по длине лавы. Выемочные механизмы должны иметь отводы с переключателями.

Все устройства должны быть окрашены в красный или оранжевый цвет. На вентштреках опасных по ГДЯ пластов, незащищённых и не обработанных противовыбросными мероприятиями на расстоянии не более 50 м от очистного забоя должны быть установлены передвижные спасательные пункты жизнеобеспечения. Они устанавливаются также в подготовительных выработках при длине тупиковой части более 500 м и не далее 100 м от забоя.

На незащищённых крутых и крутонаклонных пластах, опасных по ГДЯ, места машиниста, помощника машиниста комбайна или щитового агрегата должны быть оснащены переносными спасательными аппаратами.

15.4. Действия работающих в случае возникновения аварий и аварийных ситуаций [3].

При внезапном выбросе угля породы и газа, горном ударе и других видах ГДЯ необходимо немедленно включиться в изолирующий самоспасатель, выйти кратчайшим свободным путём на свежую струю и отключить напряжение на электроаппаратуру, находящуюся в зоне выброса. Если в результате аварии пути выхода перекрыты, следует включиться в средства жизнеобеспечения и ждать прихода горноспасателей. Запрещается пользоваться переключающими устройствами головного светильника из-за возможной опасности взрыва метана.

Литература

1. Александров С.Н., Булгаков Ю.Ф., Яйло В.В. Охрана труда в угольной промышленности: Учебное пособие для студентов горных специальностей высших учебных заведений/ Под общей ред. Ю.Ф.Булгапова.- Донецк: РИА ДонНИИ, 2012.- 480 с.
2. СОУ 10.1.00174088.011-2005. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. — К.: 2005. – 225 с.
3. Охрана труда. Учебник для вузов/К.З.Ушаков, Б.Ф.Кирин, Н.В.Ножкин и др. Под ред. К.З. Ушакова.- М. Недра, 1986. – 624 с.
4. Инструкция по применению сотрясательного взрывания в угольных шахтах Украины. – Макеевка: МакНИИ, 1994. – 46 с.
5. Г.Ф.Денисенко. Охрана труда. Учебное пособие для вузов.- М.: Высш.школа, 1985.- 319с.
6. Горный Закон Украины. – К. 06.10.1999 № 1127- XIV.
7. НПАОП 10.0-1.01-10. Правила безопасности в угольных шахтах.