

УДК 622.861:622.237.7



В. П. КОЛОСЮК,
доктор техн. наук
(МакНИИ)



О. Г. БОЛТУНОВ,
инж.
(МакНИИ)



А. В. КОЛОСЮК,
канд. техн. наук
(МакНИИ)

Условия электрификации шахт, разрабатывающих крутые пласты, опасные по внезапным выбросам угля и газа

Обоснованы условия применения электроэнергии при реализации защитного отключения систем электропитания и горных машин по сигналам аппаратуры контроля метана для шахт, разрабатывающих крутые пласты, опасные по внезапным выбросам угля и газа.

На шахтах крутого падения, опасных по внезапным выбросам угля и газа как правило применяется малопроизводительная и опасная технология горных работ с использованием пневматических отбойных молотков и других ручных инструментов.

Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ) содержат ряд ограничений в части применения электроэнергии на шахтах крутого падения, опасных по внезапным выбросам угля и газа. Эти ограничения обусловлены повышенной опасностью взрыва метана от электрических искр и дуг, возникающих в условиях эксплуатации при повреждении кабелей, электрооборудования и электрифицированных машин, если произошло загазирование выработок от внезапного выброса. Поэтому актуальным является рассмотрение вопроса обеспечения взрывобезопасности при таком газодинамическом явлении путем отключения системы электропитания и горных машин посредством сигналов аппаратуры контроля метана.

Процесс внезапного выброса угля и газа освещен в ряде работ И. В. Боброва, Р. М. Кричевского, А. Е. Ольховиченко, В. И. Николаина и др. Этот процесс характеризуется быстрым отторжением угля и горной массы от обнаженного горного массива, отбросом горной массы на значительные расстояния под действием возникшего давления и быстрым загазированием выработок с нарастанием концентрации метана до опасного содержания, вплоть до взрывчатой концентрации.

Цель работы – установить необходимое время отключения напряжения из систем электропитания и остановки горных машин для исключения опасности взрыва метана.

В работе [1] приведены данные о динамике концентрации метана в пробах при внезапных выбросах угля и газа, происходивших при сотрясательном взрывании с выбросами угля и газа, полученные с помощью автоматических пробоотборников в призабойном пространстве на участке горной выработки до 9,5 м от забоя.

Расчетные значения концентрации метана $C_{в.в.}(t)$ при внезапном выбросе угля и газа в интервале времени до 12 с определяются эмпирическим уравнением



$$C_{в.в}(t) = 0,0472 t + 0,035 t^2 - 0,118, \quad (1)$$

где t – время возникновения внезапного выброса, с.

Верхняя доверительная граница отклонения индивидуальных значений концентрации метана в пробах рудничного воздуха при внезапных выбросах угля и газа на исследуемых пластах

$$C_{в.в \max}(t) = 0,1297 + 0,4358 t + 0,0381 t^2, \quad (2)$$

где $C_{в.в \max}(t)$ – максимально возможные отклонения индивидуальных значений концентрации метана в пробах рудничного воздуха, %.

Из анализа зависимости следует, что минимальные взрывоопасные концентрации (5 %) метана при внезапном выбросе угля и газа в отдельных пробах наступят через 7,2 с, а 2 %-ная концентрация – через 2,75 с.

В работе [2] приведены данные, которые использовались для обоснования уставки срабатывания быстродействующей автоматической газовой защиты. Непосредственно после внезапного выброса концентрация метана в рудничной атмосфере по истечении 2 – 5 с (подготовительная стадия выброса) достигает 2 – 4 %, 2 %-ная концентрация образуется через 0,75 с, а 5 %-ная – через 5,2 с.

Для возможности применения серийной метанометрической техники в целях изучения непрерывной динамики газовыделения при выбросах в МакНИИ был разработан измерительный комплекс для шахтных исследований быстропротекающих процессов изменения концентрации метана [3]. Полученные с его помощью данные (рис. 1) можно использовать для обоснования уставки срабатывания газовой защиты и отключения напряжения питания систем электроснабжения и горных машин. Из кривой 2 видно, что взрывчатая 5 %-ная концентрация метана образуется через 5,3 с после выброса, а 2 %-ная – через 0,75 с.

Согласно указанным выше статистическим данным при выбросе угля и газа время нарастания кон-

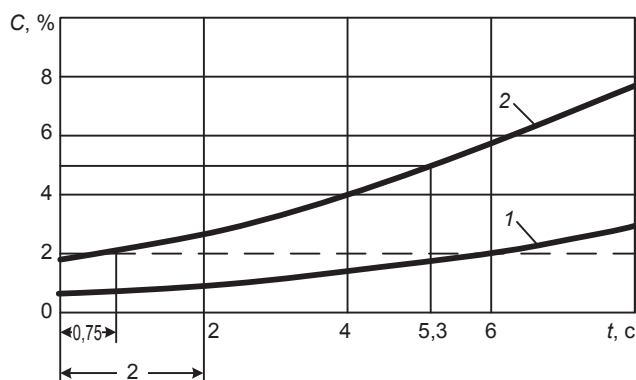


Рис. 1. Регрессивная кривая 1 и линия верхней доверительной границы 2 изменения концентрации метана в интервале от 0 до 8 с в забое выработки при выбросах.

центрации метана в выработке до нижнего предела взрываемости составляет не менее 5 с (см. таблицу).

Концепция защитного отключения электроэнергии и остановки горных машин по сигналам аппаратуры автоматического контроля метана (АКМ) состоит в том, чтобы аппаратура, установив факт выброса по нарастанию концентрации метана, подала сигнал на отключение электроэнергии при внезапном выбросе, а отключающая аппаратура системы электроснабжения участка шахты по этому сигналу отключила все источники питания в опасной зоне за такое время, чтобы исключить возможность появления источников поджигания метана раньше, чем его концентрация достигнет нижнего порога взрываемости. Причем под временем отключения необходимо понимать суммарное время, составленное из времени срабатывания аппаратуры и гашения электрической дуги на ее контактах, а также гашения энергии отключенных, но вращающихся по инерции электрических двигателей горных машин.

Это условие можно записать в виде неравенства

$$t_y + t_c + t_a + t_3 \leq t_m, \quad (3)$$

где t_y – время нарастания концентрации метана до порога срабатывания (уставки) АКМ, с;

t_c – время срабатывания АКМ и выдачи сигнала на отключение электроэнергии, с;

t_a – время срабатывания и отключения электроэнергии электрическими аппаратами, с;

t_3 – время действия загущающей опасной ЭДС отключенных, но вращающихся по инерции электродвигателей, с;

t_m – время нарастания концентрации метана при выбросе до нижнего порога взрываемости, с.

Метод определения	Время нарастания концентрации, с	
	до 2 %	до 5 %
По данным автоматических пробоотборников [1]	2,7	7,2
По данным работы [2]	0,75	5,2
По данным аппаратуры АКМ [3]	0,75	5,3
По расчетной зависимости, приведенной в статье [4]	0,75	8,25

Исходя из статистических данных (см. рис. 1) время t_y зависит от порога срабатывания АКМ, устанавливаемого на основании требований ПБ о недопустимой концентрации метана.

Согласно Правилам безопасности (Приложение 4) недопустимая концентрация метана (в процентах по объему) в струе, исходящей из очистного забоя, выемочного участка при наличии аппаратуры АКМ не должна быть 1,3 % и более, а в местных скоплениях метана в очистных, тупиковых и других выработках – 2 % и более.

В соответствии с п. 1 подраздела 5 раздела VI Правил при контроле содержания метана в исходящих вентиляционных струях очистных выработок и выемочных участков стационарной аппаратурой датчики метана должны настраиваться на автоматическое отключение электроэнергии при концентрации метана 1,3 %.

В случае образования у буровых станков, комбайнов и врубовых машин местных скоплений метана с концентрацией, достигающей 2 %, необходимо остановить машины и снять напряжение с питающего их кабеля. Это означает, что метан-реле, устанавливаемые на очистных и проходческих комбайнах, должны быть настроены на автоматическое отключение напряжения с забойных машин при концентрации метана 2 %. При этом следует учесть погрешность метанометров.

В соответствии с п. 1.5 ГОСТ 24032–80 предел допустимой основной абсолютной погрешности метанометров в объемных долях метана не должен быть более 0,2 %, а согласно п. 1.14.1 этого стандарта значение суммарной квадратической дополнительной погрешности при верхнем значении предела диапазона измерения более 2,5 % объемной доли метана не должно превышать удвоенного значения предела допустимой основной абсолютной погрешности, что соответствует 0,4 % объемной доли метана.

Поэтому при отключении электроэнергии аппаратурой начальную концентрацию метана целесообразно принять: в исходящих вентиляционных струях очистных выработок и выемочных участков

$$C = 1,3 + 0,4 = 1,7 \%;$$

в местных скоплениях у буровых станков, комбайнов и врубовых машин

$$C = 2 + 0,4 = 2,4 \%.$$

Оценивая время нарастания концентрации метана до порога срабатывания АКМ (2 %) видим, что значение t_y можно принять не больше 0,75 с.

Время t_c срабатывания АКМ регламентируется ГОСТ 24032–80 и для быстродействующих метанометров подгруппы МС-2 принято не более 0,8 с.

Время срабатывания и отключения электроэнергии электрическими аппаратами t_a зависит от типа отключающего аппарата. В системе электроснабжения шахты в качестве отключающих применяются автоматические выключатели, магнитные пускатели и высоковольтные комплектные аппараты (ячейки). Однако по обобщенным данным можно сделать вывод, что общее время отключения напряжения отключающими аппаратами не превышает 0,25 с.

В шахтах крутого падения очистные машины работают под нагрузкой, даже при холостом ходе двигатель комбайна сочленен с редуктором, что уменьшает длительность холостого вращения ротора двигателя и снижает время генерирования электродвижущей силы. Однако в откаточных и вентиляционных штреках устанавливаются вентиляторы местного проветривания, которые могут работать ненагруженными. Вероятность их повреждения при выбросе невелика, так как вентиляторы не находятся в лаве, т. е. в зоне действия отброшенной горной массы, по крайней мере, непосредственно в момент выброса. Для электродвигателей мощностью от 55 до 220 кВт время t_3 затухания ЭДС по данным [5] составляет 0,46 и 2,8 с.

Таким образом,

$$t_y + t_c + t_a + t_3 = 0,75 + 0,8 + 0,25 + 2,8 = 4,6 \text{ с} < 5,2 \text{ с},$$

т. е. условие (3) защитного отключения гарантируется.

При времени 4,6 с концентрация метана составляет не более 4,5 %, что обеспечивает запас по условиям взрывобезопасности.

Быстродействующая аппаратура контроля метана освоена Конотопским заводом «Красный металлист» и ее можно поставлять по заказам угледобывающих предприятий так, как и аппаратуру «Метан». Кроме того, завод освоил аппаратуру контроля метана для установки на забойных машинах (очистных и проходческих комбайнах), хотя в комбайновых метан-реле требуется повысить их быстродействие.

Места установки датчиков метана, размещение аппаратуры контроля, проектирование и монтаж регламентируются «Руководством по оборудованию и эксплуатации системы автоматического телеконтроля содержания метана в угольных шахтах».

Изложенное свидетельствует, что применение быстродействующей аппаратуры контроля метана позволяет осуществлять защитное отключение элек-



троэнергии и остановку горных машин как средства гарантирования взрывобезопасности при использовании электрооборудования не только уровня РО, но и уровня взрывозащиты РВ на шахтах, опасных по внезапным выбросам, в том числе и разрабатываемых крутые пласты. Это – альтернатива регламентированному ПБ требованию применения в очистных и подготовительных выработках крутых пластов электрооборудования с уровнем взрывозащиты РВ с системой быстродействующего отключения напряжения и одновременного закорачивания источников ЭДС за общее время 2,5 мс при замыкании в силовых цепях между фазами и на землю или любой фазы на землю, поскольку при использовании электрооборудования уровня РВ с системой защитного отключения по сигналам аппаратуры газовой защиты обеспечивается автоматическое отключение напряжения раньше, чем концентрация метана достигнет опасного значения.

Внедрение электрооборудования уровня РВ позволит механизировать производство очистных и проходческих работ с помощью электрифицированных комбайнов и других машин взамен опасной и малопроизводительной технологии с использованием пневматических отбойных молотков и перфораторов и на этой основе снизить производственный травматизм и заболеваемость горнорабочих, а также повысить производительность и комфортность труда.

Выводы. При внезапном выбросе угля и газа концентрация метана достигает нижнего предела взрываемости (5 %) не менее чем через 5 с, поэтому защитное отключение электроэнергии по сигналам аппаратуры контроля метана должно отключать источники питания и останавливать горные машины за время, не превышающее установленное значение.

Для реализации защитного отключения следует использовать быстродействующую аппаратуру автоматического контроля метана со временем срабатывания, регламентированным ГОСТ 24032, и на-

стройкой на порог срабатывания 1,3 % метана по объему для общей системы АКМ шахты и 2 % – для метан-реле забойных машин.

Существующие технические средства защитного отключения по сигналам аппаратуры автоматического контроля метана могут обеспечить условие взрывобезопасности при применении электрооборудования и электрифицированных горных машин с уровнем взрывозащиты РВ в очистных и подготовительных выработках крутых пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа. Это позволяет снять ограничения по применению электроэнергии на угольных шахтах крутого падения, опасных по внезапным выбросам угля и газа, и повысить производительность и безопасность очистных и подготовительных работ на основе электрифицированных комбайнов и других горных машин с электроприводом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волошин Н. Е. Газовыделение при выбросах / Н. Е. Волошин, А. Е. Ольховиченко, В. А. Воронин. – Донецк: Донбасс, 1976. – 43 с.
2. Колосюк В. П. Техника безопасности при эксплуатации рудничных электроустановок / В. П. Колосюк. – М.: Недра, 1987. – 470 с.
3. Назаренко В. И. К вопросу перевода шахт, опасных по внезапным выбросам, с пневмоэнергии на электрическую / В. И. Назаренко, В. Н. Медведев, В. К. Анпилогов // Безопасная эксплуатация электромеханического оборудования в шахтах: сб. науч. тр. / МакНИИ. – 1999. – Вып. 9. – С. 82 – 88.
4. Гусев М. Г. Обнаружение газодинамических явлений средствами шахтной метанометрии / М. Г. Гусев, В. Н. Медведев // Безопасность труда в промышленности. – 1983. – № 3. – С. 53 – 55.
5. Товстик Ю. В. Развитие теории, совершенствование методов и средств обеспечения электробезопасности в угольных шахтах: автореф. дис. в форме науч. докл. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук: спец. 27.00.02: безопасность деятельности / Товстик Юрий Васильевич. – СПб., 2011. – 40 с.