

ДИНАМИКА ШАХТНОГО ВЗРЫВА И ЕГО ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ

Б. В. Войцеховский

Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, 630090 Новосибирск

Предложен новый механизм возникновения взрыва в выработках угольных шахт, основанный на возможности появления электростатических зарядов, способных инициировать горение метана в пористой среде забутовки потолочных перекрытий проходки. Механизм позволяет объяснить возникновение взрывов, происходящих в отсутствие видимых внешних причин. Предлагаются способы борьбы с этим опасным явлением.

Энергетический источник взрыва в шахтных выработках — это предельно мелкодисперсная сухая угольная пыль, накопленная в лабиринтах потолочных перекрытий в трудноконтролируемых местах. Поперечное сечение обычной горизонтальной горной проходки изображено на рисунке (см., например, [1]). Слой досок поддерживается арочной металлической крепью. Промежуточный слой между горной породой и слоем досок заполняется кусками породы (забутовкой). Горная порода в угольных шахтах является постоянным источником метана, который сочится из пор внутрь проходки с разным расходом на единицу поверхности. Внутри слоя забутовки метан под действием архимедовой силы перемещается вверх по закруглению свода.

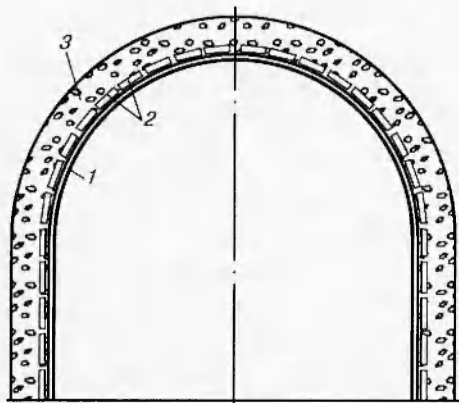
Метан поступает из слоя перекрытия и собирается на потолке штрека. По аналогии с во-

дой естественно говорить о «лужах» метана на потолке штрека. Вентиляции вдоль штрека не затрагивает застойные объемы в порах забутовки. Метан поступает со стенок горной проходки почти непрерывно и смешивается с воздухом, образуя весь спектр возможных концентраций, в том числе взрывных. Малые количества метана в слое забутовки не имеют разрушительной силы, но действуют как детонатор мелкодисперсного слоя пыли, осаждающейся на верхних поверхностях досок и кусков забутовки. Размеры пылинок угля, отлагающихся в порах, определяются скоростью вдувания воздуха в поры V_1 (кратковременный процесс) и коактивной скоростью внутри пор V_2 (непрерывный процесс). Для оценки предельных размеров осажденных частиц можно воспользоваться известной формулой Стокса для сопротивления шара.

В порах осаждаются частицы, имеющие скорость витания в пределах $V_1 > V_{\text{вит}} > V_2$. При детонации метановоздушной смеси массовая скорость почти в 1000 раз больше, чем V_1 . Угольная пыль легко поднимается с мест своего залегания, воспламеняется, и в результате через многочисленные отверстия между досками в потолке штрека в воздушное пространство проходки вылетают огненные струи.

Для образования стехиометрической смеси воздуха с угольной пылью в штреке на каждый квадратный сантиметр площади потолка должно приходиться 40 мг пыли. Площадь слоя пыли потолка примерно равна площади пола. Толщина слоя пыли 1–2 мм соответствует количеству пыли на перекрытиях потолка $\approx 40 \text{ мг/см}^2$. Этого будет достаточно, чтобы выжечь весь кислород штрека.

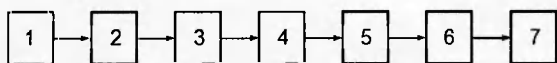
Тротиловый эквивалент стехиометрической пылевоздушной смеси равен 1 кг/м^3 . Следовательно, теплотворная способность пыле-



Поперечное сечение горизонтальной горной проходки:

1 — арочная металлическая крепь, 2 — слой досок, 3 — куски породы (забутовка)

воздушной смеси в штреке на длине 100 м будет эквивалентна теплотворной способности ≈ 1 т тротила. Обычно бывает избыток пыли в химической реакции с выжиганием всего кислорода. Развитие взрыва в шахте удобно изобразить схемой:



Здесь 1 — высушивание потолка воздухом с пониженной относительной влажностью из-за нагрева его при входе в шахту;

2 — возникновение электростатических зарядов на сухой поверхности в порах потолочного перекрытия;

3 — просачивание метана из породы и перемещение его вверх вдоль свода, пропитывание забутовки взрывчатой смесью;

4 — поджигание метановоздушной смеси искрой;

5 — ускорение горения метановоздушной смеси в порах забутовки;

6 — инициирование быстрого горения слев мелкодисперсной сухой пыли, ее выброс из пор забутовки в основной проход штрека;

7 — огненные струи горячей пыли вылетают в штрек из множества отверстий в потолке, выделяется тепло быстрого горения, возникают разрушительные ударные волны с переходом горения в детонацию.

Для предотвращения взрыва необходимо прервать схему развития катастрофы в наиболее доступных точках. Самый эффективный способ остановки действия схемы кроется в пунктах 1, 2, 4. Достаточно увлажнить атмосферу в местах быстрого высыхания, т. е. в лабиринтах забутовки в потолочном перекрытии.

В работе [2] была доказана электростатическая природа крупных аварийных взрывов нитроглицерина в промышленности. В ра-

боте нитроглицерин инициировался искрой с энергией 10^{-3} Дж, газ взрывается и при меньшей энергии искры, накопленной на поверхности площадью менее 2 дм^2 .

Любой способ выравнивания электрического потенциала на поверхностях создает гарантию взрывобезопасности. Этой же цели может служить любой антистатик или концентрированный раствор CaCl_2 , нанесенный на сухую поверхность.

Схема развития взрыва может быть прервана также в блоке 3. Для этого необходимо непрерывно вести работу по продувке потолочных перекрытий и отводу метана даже в зонах слабого его выделения из стен горных проходов.

ВЫВОДЫ

Пожарной безопасности в шахтах уделяется большое внимание. Вместе с тем остаются еще сложные неизученные явления, чреватые взрывом. Можно достигнуть почти абсолютной пожаробезопасности, если в дополнение к привычным мерам исключить одновременность трех явлений в сухих лабиринтах крепи:

- 1) появление электростатических зарядов,
- 2) заполнение метаном застойных сухих объемов потолочной крепи,
- 3) накопление слоя мелкодисперсной сухой угольной пыли в лабиринтах крепи.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Горная крепь** // Горное дело: Терминологический словарь. М.: Недра, 1990. С. 141–144.
2. **Войцеховский Б. В., Топчийн М. Е.** Исследование электрических свойств и чувствительности нитроглицерина к электрическому разряду // Динамика сплошной среды. Новосибирск: Институт гидродинамики СО АН СССР, 1972. Вып. IX. С. 116–126.

Поступила в редакцию 10/IX 1998 г.