



Ю. В. КУДИНОВ,
доктор техн. наук
(МакНИИ)



В. А. БЕЗБОРОДОВ,
инж.
(МакНИИ)

Описаны проведенные экспериментальные исследования, которые позволили оценить критический размер сеток метановоздушной смеси при увеличении давления до $20 \cdot 10^5$ Па.

Технологии утилизации шахтного метана теплогенераторными установками, двигатели теплоэлектростанций, а также некоторые системы газоподготовки предусматривают использование метановоздушной смеси (МВС), сжатой до 20 атм ($20 \cdot 10^5$ Па). Экспериментально установлено [1], что верхний предел воспламенения МВС с увеличением давления возрастает до 19,7 %. В этой связи представляет интерес влияние роста давления на другую характеристику горючести метановоздушной смеси – на ее критический размер.

Для горючей смеси с некоторыми исходными температурой

УДК 622.411.33

Оценка критического размера сеток для метановоздушной смеси при давлениях больше атмосферного

и давлением всегда могут быть найдены столь узкие каналы, через которые пламя не сможет пройти. Такой наибольший диаметр канала называется критическим. Его размер зависит от горючих свойств смеси, ее состояния и состава. Закономерности гашения пламени метановоздушных смесей были изучены в работах [2, 3] и многих других.

В результате обобщения опытных данных рассчитывать критический диаметр можно исходя из известного правила постоянства критерия Пекле по формуле [3]

$$P_{e.кр} = \frac{u_n P C_0 d_{кр}}{R T_0 \lambda},$$

где u_n – нормальная скорость распространения пламени, м/с;
 P – давление смеси, Па;
 C_0 – теплоемкость смеси, кДж/(м³·К);
 $d_{кр}$ – критический диаметр канала, м;
 R – газовая постоянная, кДж/(кмоль·К);
 T_0 – температура смеси, К;
 λ – теплотворность исходной среды, Вт/(см·К).

Из уравнения следует, что на пределы гашения в основном влияют такие факторы: нормальная скорость распространения пламени, размеры пламегасящих каналов и исходное состояние горючей смеси (температура, давление и теплоемкость).

В то же время на них практически не влияет начальная температура метановоздушной смеси в нормальных условиях, так как приводит к уменьшению $d_{кр}$ всего на 20 – 25 %, росту T_0 от 293 до 643 К, а также теплоемкости [3].

Влияние давления на нормальную скорость горения обычно представляют в виде $u_n \sim P^\delta$. Величину δ для метановоздушных смесей в ограниченном диапазоне не можно считать постоянной. Установлено [3], что при номинальной скорости $u_n < 0,45$ м/с эта величина находится в интервале $\delta = -(0,10-0,45)$, а если $u_n > 1$ м/с, то $\delta > 1$.

Для метановоздушных смесей в нормальных условиях расчетное значение критического диаметра каналов равно 3,6 мм, а экспериментальные значения у разных авторов, в зависимости от условий экспериментов, составляют от 3,5 до 4,1 мм.

Цель статьи – определение размеров критического диаметра сетчатого огнепреграждающего элемента с увеличением давления исходной газовой смеси.

Для определения критического размера канала гашения МВС при давлении больше атмосферного на экспериментальном стенде (рис. 1) были проведены исследования тушения пламени сетчатым огнепреграждающим

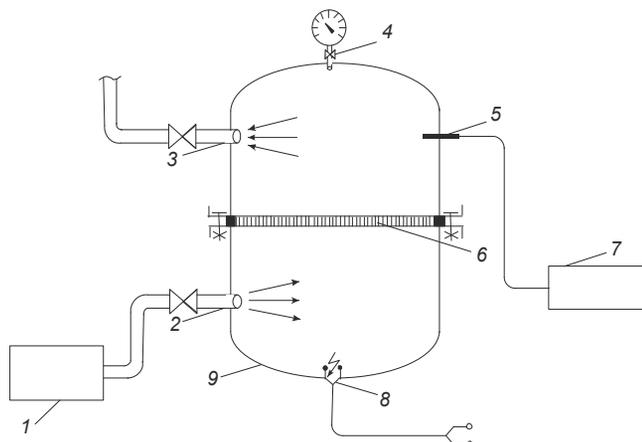


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального стенда: 1 – блок подготовки и подачи взрывчатой смеси; 2 – устройство подачи; 3 – выпускное устройство; 4 – блок контроля давления во взрывном сосуде; 5 – термопара; 6 – огнепреграждающий элемент; 7 – регистрирующая аппаратура; 8 – источник поджигания; 9 – взрывной сосуд.

элементом с разными размерами ячеек сетки. Эксперименты проводились следующим образом. Закачивая воздух и метан в блок подготовки, добиваясь необходимой концентрации при давлении более $20 \cdot 10^5$ Па, начинали заполнять взрывной сосуд 9. Когда концентрация метана из устройства подачи 2 и выпускного устройства 3 становилась одинаковой, вентиль выпускного устройства перекрывали. При достижении во взрывном сосуде заданного давления закрывали устройство подачи 2. После поджога по вмонтированным термопарам 5 регистрировали процесс горения и наличие проскока пламени через огнепреграждающий элемент 6.

Во время проведения экспериментов изменяли: концентрацию метана от 7 до 20 %; давление во взрывном сосуде от 1 до $20 \cdot 10^5$ Па; размер ячеек сетки огнепреграждающего элемента от 0,63 до 5,1 мм.

При отсутствии проскока пламени количество опытов принимали равным 10. В случае проскока пламени через огнепреграждающий элемент устройство разбирали, визуально обследовали сетку. Если очевидные дефекты отсутствовали, проскок пламени считался состоявшимся. Результаты исследований тушения пламени сетчатыми огнепреграждающими элементами во взрывном сосуде даны в таблице.

Размер ячеек, мм	Давление во взрывном сосуде, атм ($10^5 \cdot \text{Па}$)	Концентрация метана, %	Количество опытов, до
0,63	1,0 – 19,2	7,0 – 15,7	30
0,41	1,0 – 20,5	7,2 – 17,4	36
0,91	1,2 – 20,1	7,4 – 16,2	36
1,25	1,0 – 20,1	7,4 – 17,3	38
1,6	1,0 – 20,0	7,4 – 16,7	39
2,0	1,0 – 20,2	7,2 – 17,4	30
2,6	1,0 – 20,1	7,2 – 17,0	38
3,2	1,1 – 20,1	7,2 – 16,9	32
4,1	1,0 – 20,0	7,3 – 9,6	33

Об эффективности тушения пламени с помощью сетчатых огнепреграждающих элементов на основании выполненных экспериментов можно сделать вывод, что сетки с размером ячеек меньше критического (от 0,63 до 4,1 мм) надежно тушат пламя во всем диапазоне изменений концентрации и давления. Сетка с ячейкой 4,42 мм успешно локализовала только бедную (7,3 %) МВС, а при концентрациях 9,4 и 12,3 % зафиксировано пять проскоков пламени (из 30 опытов).

Выводы. Полученные результаты экспериментов позволили установить, что критический диаметр сетчатого огнепреграждающего элемента с ростом давления МВС до $20 \cdot 10^5$ Па существенно не изменяется, поэтому для взрывозащиты объектов утилизации шахтного метана целесообразно применять проверенные временем сетчатые огнепреградители типа ОПС-1, используемые на шахтах в дегазационных системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудинов Ю. В. Безопасность утилизации метана угольных шахт под давлением / Ю. В. Кудинов, В. А. Безбородов, Е. А. Яковенко [и др.] // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. МакНИИ. – 2010. – 2 (22). – С. 76 – 80.
2. Стрижевский И. И. Промышленные огнепреградители / И. И. Стрижевский, В. Ф. Заказнов. – М.: Химия, 1966. – 42 с.
3. Розловский А. И. Основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами / А. И. Розловский. – М.: Химия, 1968. – 58 с.