

О ХАРАКТЕРИСТИКАХ ВЗРЫВАЕМОСТИ ПЫЛЕВЫХ ОБЛАКОВ

Л. А. Ловачев

(Москва)

От первых описанных в литературе пылевых взрывов на мельницах и в шахтах прошло более 300 лет [1—3]. Много исследований было выполнено в текущем столетии [1—3], однако и сейчас остаются разноречивыми самые общие представления. В ряде стран одной из важнейших характеристик взрываемости считается бедный концентрационный предел распространения пламени (БП) [1—5]. В отличие от [1—5] по «Строительным нормам и правилам» [6] пыли с БП до 65 г/м^3 квалифицированы как взрывоопасные, а с БП более 65 г/м^3 — как невзрывоопасные. В угольных и сланцевых шахтах [7] горючие пыли считаются взрывоопасными без ограничений по БП. В других странах [3, 8] в правилах взрывобезопасности измерение БП не предусмотрено. По-видимому, идея о практическом применении БП в пылевых облаках была принята по аналогии с горючими газоздушными смесями, которые способны сохраняться в течение больших промежутков времени.

В пылевых облаках принципиально иная ситуация: возникшее пылевое облако не самоподдерживается, и пыль быстро оседает. Поэтому почти во всех методах измерения БП встречается нестационарное пылевое облако, хотя полагается, что измеряется характеристика пыли, свойственная стационарному распространению пламени. Такое пламя, по определению [9—11], должно распространяться на неограниченные расстояния и не должно зависеть от свойств источника зажигания. Время формирования фронта пламени в околопредельных смесях [12] может значительно превышать время существования пылевого облака. Поэтому на малоразмерных приборах с нестационарным распылом [1—7] измеряют не пределы распространения, а пределы по условиям зажигания и распыла в данном конкретном сосуде. Нет сведений о применимости таких данных по БП для реальных пылевых взрывов [1—7]. В приборе с вращающимся барабаном [13] и в некоторых других [14, 15] состояние пылевого облака не зависит от времени.

В [16] на основании сравнения БП для ряда пылей и газов был сделан вывод о резкой заниженности значения БП для серы, который, по данным [17—19], составляет $2,3 \text{ г/м}^3$. Столь малое с позиций теории горения значение БП объяснялось выжиганием пыли на керамической пластине, нагретой до температуры в 20—50 раз более высокой, чем адиабатическая температура горения соответствующей смеси. Введение открытой электроспирали и изменение критерия распространения [20] привели к новому значению БП: 65 г/м^3 . Итак, чрезвычайно взрывоопасный порошок серы по [17—19] оказался на границе взрывоопасности. Ослабление источника зажигания или новое изменение критерия увеличит БП по сравнению с числом 65. Таким образом, разбег от 2,3 до 65 не является наибольшим возможным для такого типа установок [17—20]. Этот пример иллюстрирует то, что одинаковые порошки могут попадать в категорию самых взрывоопасных и в категорию невзрывоопасных. Числа 2,3 и 65 получены в одном и том же институте и на одинаковой трубе объемом 4 л.

Здесь нет надобности обсуждать все опубликованные данные по БП серы. Важнее отметить, что в настоящее время отсутствуют объективные данные, которые позволили бы установить истинное значение БП для серы. Ни установка ВНИИПО [17—19], ни ее модификация [20] не соответствуют общепринятому определению [9—11] о незави-

симости БП от размеров и свойств источника зажигания. При изучении околопредельных явлений в газовых смесях в камере объемом 8 м³ [21] применялись 30—50-литровые источники зажигания. Это приводило к расширению области воспламенения. Оказалось, что в больших объемах горят почти все составы [22], которые в справочниках [18] рекомендуются для пожаротушения. Эти составы не горят в стандартной трубе [23] ни при каких соотношениях с воздухом, поэтому они были признаны негорючими и пригодными для пожаротушения [18, 24].

Отказ от практического применения БП для установления условий безопасности [3, 8] представляется более последовательным: здесь просто устанавливается способность или неспособность данной пыли взрываться; пылевое облако считается потенциально опасным, если оно способно гореть и взрываться хотя бы в некотором интервале изменения концентрации пыли в воздухе. Отсутствие такого интервала — признак взрывобезопасности. При такой концепции никакое произвольное диспергирование не может повести к взрыву пылевого облака, если заранее было правильно определено отсутствие интервала взрываемости. Интересно, что практическая реализация этой концепции обнаруживает стремление к поддержанию в пылевом облаке равномерности в пространстве и во времени [8]. Соответствующие исследования проводились в больших помещениях.

Хотя теория горения пылевых облаков развита мало [25], можно предполагать, что пороговое число 65 г/м³ [6] никогда не найдет обоснование со стороны науки о горении. По-видимому, возможны какие-то объяснения в зависимости от условий диспергирования, но в этом случае число 65 не будет характеристикой взрываемости пыли, как это предполагалось в [6]. Таким образом, число 65 всегда будет вызывать удивление.

Сейчас, когда во многих странах началась подготовка к созданию стандартной аппаратуры и процедуры по измерению опытных характеристик взрываемости пылевых облаков, следует сделать ряд выводов.

Физико-химические и газодинамические исследования явлений пылевых взрывов позволяют установить наиболее рациональные характеристики для практической взрывобезопасности. При этом решится вопрос о применимости или неприменимости БП.

Правильный метод изменения БП пылевых облаков не может быть реализован в сосудах объемом в несколько десятков литров. По-видимому, и несколько сот литров — слишком малый объем [21, 22], если не будут найдены принципиально новые подходы.

Необходимо создание достаточно универсальной классификации схем зажигания [12, 16, 22] при любой концепции обеспечения практической взрывобезопасности.

*Поступила в редакцию
30/XI 1976*

ЛИТЕРАТУРА

1. K. C. Brown, G. J. James. Dust Explosions in Factories: A Review of Literature, Res. Rep. No 201, SMRE, June, 1962.
2. R. H. Essenhigh. Colliery Engineering, 1961, 38, 534 1962, 39, 23, 65, 103.
3. K. N. Palmer. Dust Explosions and Fire, Chapman and Hall, Ldn, 1973.
4. H. G. Dorsett, Jr., M. Jacobson a. o. US Bur. Mines Report Invest., 1960, R15624.
5. M. M. Raftery. Fire Res, Techn. Paper No 21, 1968; Chem. Processing, 1974, 20, 55.
6. Строительные нормы и правила. Ч. II, раздел М, гл. 2. СН и П II-М, 2—72. М., 1972.
7. П. М. Петрухин, М. И. Нецепляев и др. Предупреждение взрывов пыли в угольных и сланцевых шахтах. М., «Недра», 1974.

8. W. Bartknecht. Berichte über Untersuchungen zur Frage der Explosionsdruckentlastung brennbarer Stäube in Behält. TS/3, Bt/cg., 1974.
9. H. F. Coward, G. W. Jones. US Bur. Mines Bull., 1952, 503.
10. M. G. Zabetakis. US Bur. Mines Bull., 1965, 627.
11. L. A. Lovachev, V. S. Balkin a. o. Combustion and Flame, 1973, 20, 259.
12. L. A. Lovachev. Combustion and Flame, 1971, 17, 275.
13. W. Ishihama, H. Enomoto. Combustion and Flame, 1973, 21, 177.
14. W. Ishihama, H. Enomoto. J. Japan Society of Safety Eng., 1975, 14, 195.
15. K. N. Palmer, P. S. Tonkin. Inst. Chem. Eng. Symposium Series No 25, London, 1968, 66; Combustion and Flame, 1971, 17, 159.
16. Л. А. Ловачев. ФГВ, 1976, 12, 2, 307.
17. М. Г. Годжелло. Взрывы промышленных пылей и их предупреждение, М., Изд. МКХ РСФСР, 1952.
18. Пожарная опасность веществ и материалов. Справочник. Под ред. И. В. Рябова. М., Стройиздат, 1966.
19. Временная инструкция по определению нижнего предела воспламенения взвесей, № 20—65. М., ЦНИИПО, 1966.
20. Г. Т. Земский, В. В. Жуков.— В сб.: Предупреждение внезапных воспламенений порошков и взрывов газодисперсных систем. Киев, «Наукова думка», 1975.
21. В. Н. Кривулин, Л. А. Ловачев и др. ФГВ, 1975, 11, 6, 890.
22. L. A. Lovachev. Combustion and Flame, 1976, 27, 125.
23. ГОСТ 13919—68.
24. ГОСТ 11154—74.
25. R. P. Essenhigh. Combustion and Flame Propagation in Coal Systems; A Review, 16-th Symposium (International) on Combustion, 1976.

АКТИВАЦИОННЫЙ ПРЕДЕЛ СКОРОСТИ ОБМЕННОЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ РЕАКЦИИ $N_2O + CO \rightarrow N_2 + CO_2$

И. С. Заслонко, Ю. К. Мукосеев, А. С. Лосев

(Москва)

В химические реакции вступают предварительно активированные реагенты. В процессе мономолекулярного распада удается наблюдать отдельно первичную релаксационную стадию установления квазистационарного распределения по колебательным уровням, которая отделена от вторичной стадии собственно распада активных молекул. Аналогичного явления для молекулярных обменных реакций наблюдать пока не удавалось. Более того, нет полной ясности в вопросе о том, какая форма энергии вносит преобладающий вклад в процесс преодоления активационного барьера. Из работ [1—3] вытекает, что доминирующую роль в этих процессах играет колебательная энергия, однако выводы

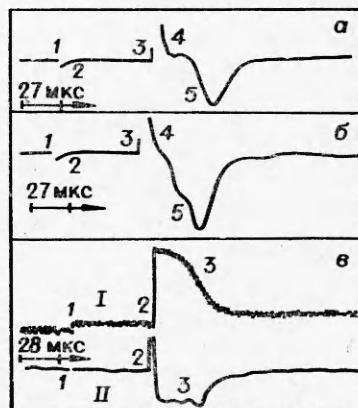


Рис. 1. Осциллограммы опытов. Градиент плотности, смесь I; а) температура за отраженной ударной волной $T=1715$ К; $[M]=2,11 \cdot 10^{-2}$ моль/л, б) $T=1805$ К; $[M]=1,305 \cdot 10^{-2}$ моль/л (1, 3 — фронты падающей и отраженной волн соответственно, 2, 4 — зоны релаксации; 5 — зона реакции), в) I — сигнал поглощения N_2O . II — градиент плотности, смесь III, $T=1940$ К, $[M]=2,1 \cdot 10^{-2}$ моль/л (1, 2 — фронты падающей и отраженной волн соответственно; 3 — зона реакции).