

Доклад-2: МАКСИМАЛЬНЫЙ РАЗМЕР ЧАСТИЦ ВЗРЫВООПАСНОЙ МОНОДИСПЕРСНОЙ АЭРОВЗВЕСИ

Полетаев Н.Л.

ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Московская область, г.Балашиха

nlpvniipo@mail.ru

Известно [1], что при высокой степени измельчения твердого горючего может образоваться взрывоопасная пыль, распространяющая волну горения в состоянии аэровзвеси. Из-за многообразия промышленных пылей и высокой цены стандартных исследований пылевых взрывов в 1000-л камере актуальна задача о первичной (не требующей проведения огневых испытаний) оценке максимального размера d_{cr} частиц пыли, способных к активному участию в процессе распространения пламени по аэровзвеси. Знание d_{cr} позволяет выделить из полидисперсного горючего материала взрывоопасную пылевую фракцию путем просеивания этого материала через сито с квадратной ячейкой соответствующего размера. Для однозначного понимания d_{cr} здесь и далее рассматриваются пыли, состоящие из частиц, форму которых можно аппроксимировать шаром.

В мировой практике общепринято использовать высокие значения $d_{cr} \geq 500$ мкм, не зависящие от разновидности пыли. Это, по мнению автора, может приводить к неоправданному расширению границ взрывоопасности дисперсных материалов, на что призваны указать результаты данной работы.

Ввиду сложности оценки d_{cr} в общем случае и неочевидности существования d_{cr} из-за влияния излучения продуктов горения на распространение пламени [2] в настоящей работе рассматривается частный случай задачи. А именно, случай монодисперсных аэровзвесей, для которых существование d_{cr}^* представляется естественным, если экспериментальную оценку взрывоопасности пыли получать в конкретной взрывной камере с надежным источником зажигания. К числу таких камер принято относить бомбу объемом 1 м^3 с пиротехническим источником зажигания, имеющим запас энергии 10 кДж. Здесь символом * при d_{cr} указываем на принадлежность искомого параметра к монодисперсным аэровзвесям.

Прямую оценку d_{cr}^* путем исследования узких фракций частиц с монотонно возрастающим средним размером не производят из-за ее высокой стоимости. В настоящей работе предлагается метод оценки d_{cr}^* на основе анализа результатов исследования взрывоопасности полидисперсных образцов пыли.

Работа посвящена расчетно-экспериментальной оценке d_{cr}^* для четырех видов пыли. Для каждой из разновидностей пыли исходными данными для оценки d_{cr}^* являлись стандартные значения нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР) полученные в 1000-л камере [3] и непрерывная функция распределения частиц по размерам, построенная по дискретным значениям ситового анализа (размеры ячеек сит: 500 мкм, 125 мкм, 71 мкм, 32 мкм и 20 мкм) с помощью распределения Розина-Раммлера [4].

Предполагалась правомерность применения правила Ле-Шателье к расчету НКПР полидисперсного материала, рассматриваемого в виде смеси монодисперсных фракций:

$$\text{НКПР} = \text{НКПР}_0 \cdot \left[\int_0^{\infty} Z(d_s) \cdot dF(d_s) \right]^{-1}, \quad (1)$$

где $Z(d_s) = \text{НКПР}_0 / \text{НКПР}(d_s)$ - коэффициент участия частицы пыли размером d_s во взрыве; $Z(d_s)$ аппроксимировался одноступенчатой функцией размера частицы d_s :

$$Z(d_s) = \begin{cases} 1, & \text{если } d_s \leq d_{cr}^*; \\ 0, & \text{если } d_s > d_{cr}^*. \end{cases} \quad (2)$$

Метод расчетно-экспериментального определения d_{cr}^* для конкретного дисперсного материала на основе функции Z вида (1) состоит в следующем.

Экспериментально определяют НКПР для нескольких (N) образцов материала с известными и существенно различающимися распределениями частиц по размерам. Представляя $Z(d_s)$ выражением (2) заменяют в последнем величину d_{cr}^* на переменную d_{cr}' , которую впоследствии будут варьировать в диапазоне, содержащем искомое значение d_{cr}^* . Поскольку величина НКПР_0 в (1), в общем случае, может потребовать уточнения, данную величину также заменяют переменной $\text{НКПР}_0'$, которую впоследствии будут варьировать в диапазоне, содержащем ожидаемое значение НКПР_0 . Для каждой фиксированной пары значений d_{cr}' и $\text{НКПР}_0'$ с помощью соотношения (1) вычисляют расчетные значения НКПР рассматриваемых образцов и определяют величину δ по формуле

$$\delta = \sum_{i=1}^N R_i / N, \quad (6)$$

где $R_i = \max(r_i, r_i^{-1}) \geq 1$; $r_i = \text{НКПР}_{\text{экс},i} / \text{НКПР}_{\text{рас},i}$; $\text{НКПР}_{\text{экс},i}$, $\text{НКПР}_{\text{рас},i}$ - соответственно экспериментальное и расчетное значение НКПР для i -ого образца дисперсного материала; суммирование производится по всем N используемым в расчете образцам.

Величина δ выражает среднее значение кратности отличия экспериментальных и расчетных значений НКПР (отношения большего числа к меньшему). Чем ближе δ к 1, тем выше точность описания экспериментальных результатов расчетными значениями и выше достоверность приближения реальной функции $Z(d_s)$ модельной функцией (2). Вычисляя δ для различных d_{cr}' и $\text{НКПР}_0'$, получают зависимость $\delta(d_{cr}', \text{НКПР}_0')$. Значения d_{cr}^* и НКПР_0 совпадают с теми величинами d_{cr}' и $\text{НКПР}_0'$, при которых δ минимальна.

Графики на рис. 1 дают представление о характере расчетной зависимости $\delta(d_{cr}', \text{НКПР}_0')$ при оптимальном значении $\text{НКПР}_0' = \text{НКПР}_0$.

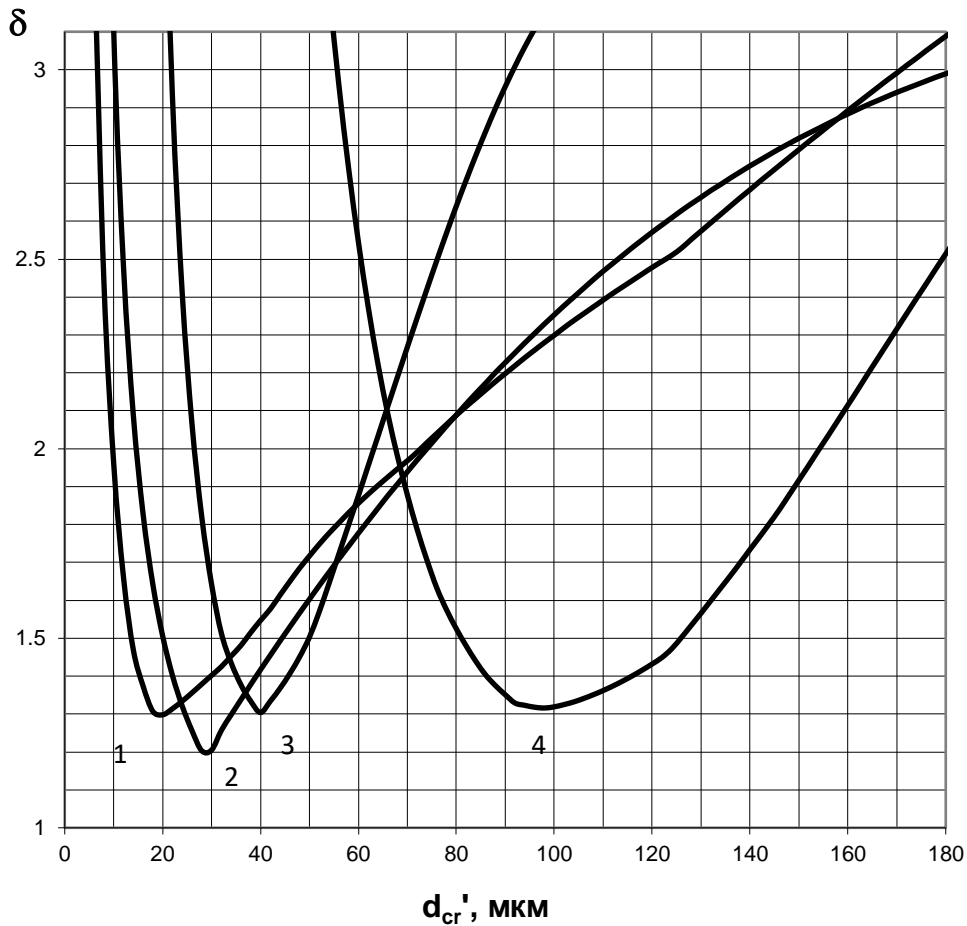


Рис.1. Зависимость $\delta(d_{cr}', \text{НКПР}_0)$ для пылей кокса (1), ПВХ (2), алюминия (3) и полиэтилена (4).

Поиск НКПР в [2] осуществляли путем проведения серии опытов, в которых концентрация горючего в аэровзвеси от опыта к опыту изменялась в два раза. Учет данного обстоятельства приводит к разбросу расчетных значений d_{cr} и НКПР₀. Поэтому рекомендуемое значение d_{cr} конкретного вида пыли следует относить к верхней границе упомянутого разброса, которая превышает значение параметра по данным рис.1.

Максимальный размер частиц взрывоопасной монодисперсной аэровзвеси для рассмотренных в работе материалов - кокса из бурого угля, поливинилхлорида, алюминия и полиэтилена - составил соответственно 30 мкм, 38 мкм, 46 мкм и 118 мкм.

Список литературы

1. Eckhoff R.K., 2003, Dust explosions in the process industries. 3rd edition, Gulf Professional Publishing/Elsevier, Boston, 720 p.
2. Cassel H.M., Das Gupta A.K., Guruswamy S. Factors affecting flame propagation through dust clouds / Proceedings of the 3-th Symposium on Combustion, Flame, Explosion Phenomena, Baltimore; Williams & Wikins Co., 1949.
3. Scholl E.W., Reeh D., Wiemann W. u.a., 1979, Brenn - und Explosions - Kenngrößen von Staube / /SFT-Report., **2-79**. - S. 100.
4. . Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. 3-е издание. Л.: Химия, 1987. - 264 с.