

О КАПИЛЛЯРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ПОРИСТЫХ СОСУДОВ ПОРОШКОВЫХ ОГНЕТУШИТЕЛЕЙ

М.Р. Сытдыков, кандидат технических наук;

Д.Ф. Кожевин, кандидат технических наук;

А.С. Поляков, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены капиллярные характеристики пористых сосудов порошковых огнетушителей, которые в совокупности с гранулометрическим составом огнетушащих порошков определяют полноту истечения в очаг пожара.

Проведен сравнительный анализ гранулометрического состава порошков. Методом анализа размерностей получен безразмерный комплекс, характеризующий отношение потенциальной энергии газа, содержащегося в огнетушителе, к затратам энергии по вытеснению и доставке массы заряда порошка в очаг пожара.

Ключевые слова: огнетушащий порошок, гранулометрический состав, пористый сосуд, огнетушитель

CHARACTERISTICS OF THE CAPILLARY POROUS VESSELS POWDER FIRE EXTINGUISHERS

M.R. Sytdykov; D.F. Kozhevin; A.S. Poliakov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Considered are the characteristics of the capillary porous vessels powder fire extinguishers, which together with the granulometric composition of the fire extinguishing powders determine the completeness of the fire.

A comparative analysis of granulometric composition of powders. The method of dimensional analysis obtained dimensionless complex, which characterizes the ratio of the potential energy of the gas contained in has, energy costs on replacement and delivery of the mass charge of powder into the fire.

Keywords: dry chemical, granulometric composition, porous vessel, fire extinguisher

В статье «Гранулометрические характеристики огнетушащих порошков» [1] был проведен анализ применения огнетушащих порошков в современных конструкциях огнетушителей и изучен гранулометрический состав некоторых из них.

В данной статье рассмотрены капиллярные характеристики пористых сосудов порошковых огнетушителей, которые в совокупности с гранулометрическим составом огнетушащих порошков определяют полноту истечения в очаг пожара.

Особенность порошковых огнетушителей с пористым сосудом в том, что сосуд выполнен из одного или нескольких слоев пористых материалов с размерами пор, исключаящими высыпание огнетушащего порошкового состава (ОПС) внутрь корпуса огнетушителя. Оболочка сосуда может быть конструктивно жесткой или из эластичного материала с изменяемыми упруго-деформируемыми и поровыми характеристиками под воздействием вытесняющего газа (рис. 1).

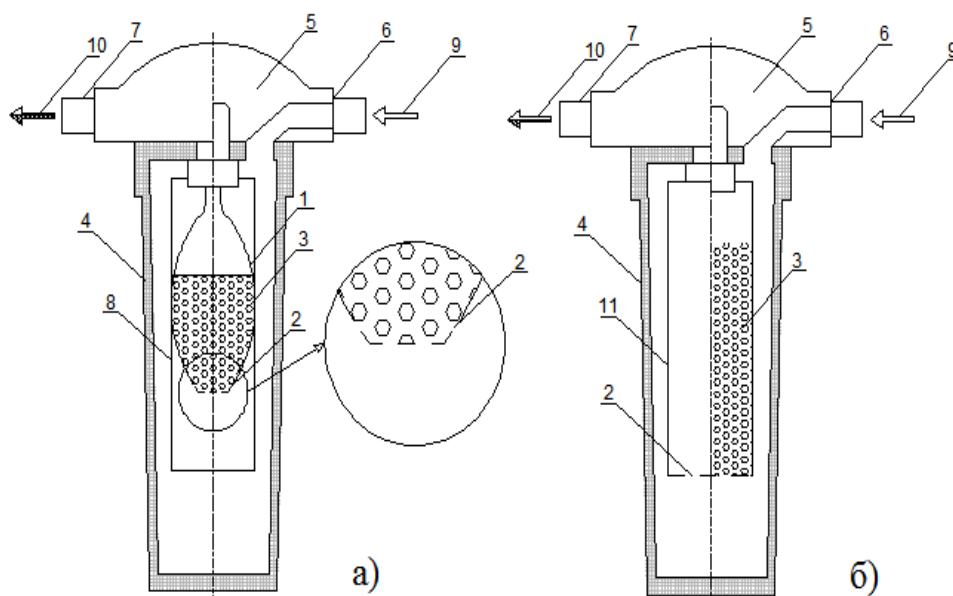


Рис. 1. Модели порошковых огнетушителей с пористой емкостью [2, 3]:

1 – эластичный сосуд; 2 – зона пористости; 3 – порошок; 4 – корпус огнетушителя; 5 – колпак (головка) огнетушителя; 6 – заправочное отверстие с обратным клапаном; 7 – выпускной кран; 8 – кожух; 9 – воздух от зарядного устройства; 10 – порошково-воздушная взвесь; 11 – сосуд из пористого материала

Одновременно следует учесть, что современные конструкции огнетушителей не ориентированы на конкретные свойства порошков общего назначения. Они должны быть эффективны при применении любого порошка, отвечающего стандартным требованиям [4, 5].

Таким образом, требования к капиллярным характеристикам пористых материалов сосудов огнетушителей полностью определяются гранулометрическим составом применяемых ОПС. Однако сравнительный анализ гранулометрического состава порошков показал, что в ряде случаев заявляемые производителями сведения не совпадают с экспериментальными данными и недостаточны для формирования требований к поровой структуре материалов сосуда (рис. 2).

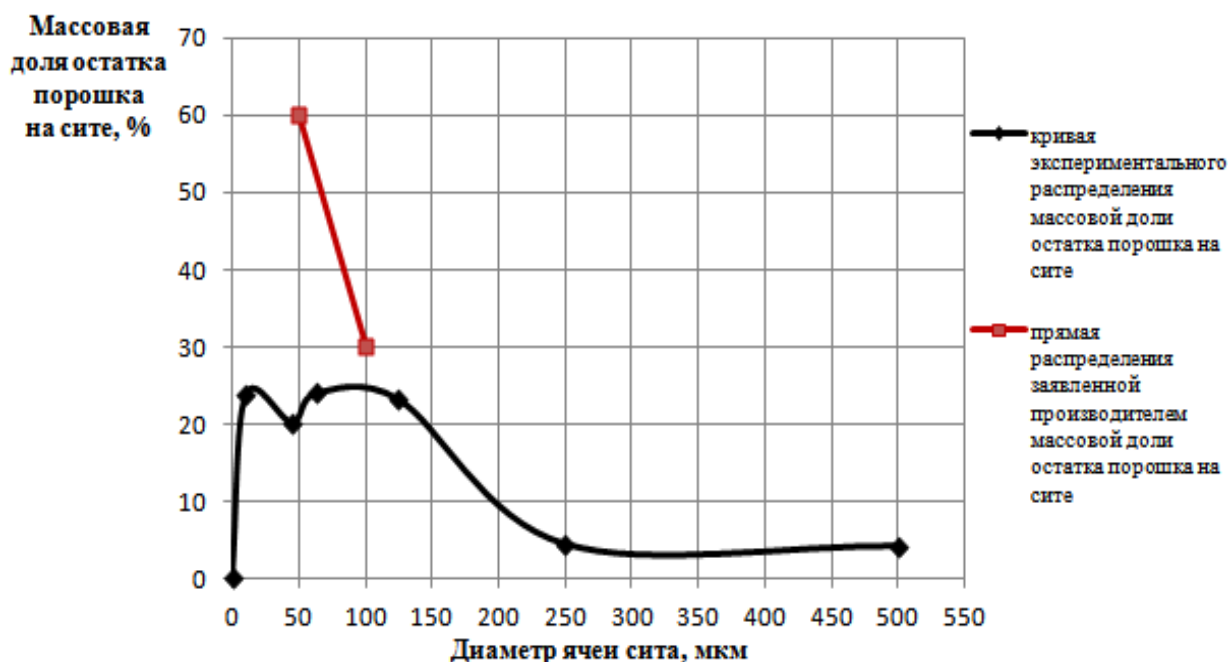


Рис. 2. Распределение частиц порошка марки «Фоскон 430»

Если ориентироваться на заявленный состав (рис. 2, верхняя линия), то для него пригоден широкий круг сеток с величиной ячеек от 50 до 100 мкм [6]. Если же принять во внимание фактические данные (рис. 2, кривая распределения), то такие сетки не задержат частицы менее 50 мкм, и они проникнут в корпус огнетушителя, что приведет к образованию заведомо невыбираемого остатка ОПС.

В арсенале имеется много фильтровальных материалов (помимо сеток), потенциально пригодных для изготовления пористых сосудов [7]. Обращение к ним полезно тем, что фильтровальные материалы исследованы достаточно глубоко и давно. Известные из этой области аналитические зависимости могут быть применены в интересах совершенствования порошковых огнетушителей со встроенной пористой емкостью. В частности, распределение пор по размерам описывается зависимостью вида [7]:

$$f(r) = A \cdot x_n \cdot \left(\frac{r - r_n^{\min}}{2} \right)^{B \cdot x_{n+1}} \cdot e^{-0.5 \cdot C \cdot D^{n-1} \cdot x_n \cdot (r - r_n^{\min})}, \quad (1)$$

где

$$x_n = \frac{r_1^{\min}}{r_n^{\min}}; \quad x_{n+1} = \frac{r_1^{\min}}{r_{n+1}^{\min}}; \quad (2)$$

r_1^{\min} – минимальный радиус пор одного слоя; r_n^{\min} – то же для n слоев; r – радиус пор, для которых вычисляется функция $f(r)$; e – основание натурального логарифма; A, B, C, D – коэффициенты, определяемые на основе многократных измерений.

В результате увеличения количества слоев происходит уменьшение размера максимальных и минимальных пор многослойных перегородок, которые (с доверительной вероятностью не менее 0,95) описываются уравнениями вида:

$$\frac{d_n^{\max}}{d_{n+1}^{\max}} = - \frac{\frac{n}{n+1}}{0,0577 \left(\frac{n}{n+1} \right)^2 - 1,095 \left(\frac{n}{n+1} \right) + 0,087}; \quad (3)$$

$$\frac{d_n^{\min}}{d_{n+1}^{\min}} = \frac{\frac{n}{n+1}}{1,135 \left(\frac{n}{n+1} \right)^2 - 0,1865 \left(\frac{n}{n+1} \right) + 0,1537}, \quad (4)$$

где d_n^{\max} , d_{n+1}^{\max} – максимальный диаметр пор соответственно при n и $n+1$ слоев материала.

В этих уравнениях значения максимального и минимального диаметров пор однослойного материала предварительно определяют специальными методами [7]. Вычисление величин для n слоев проводят последовательно, в порядке их возрастания.

Справедливость уравнений (1–4) подтверждена экспериментально (рис. 3, 4).

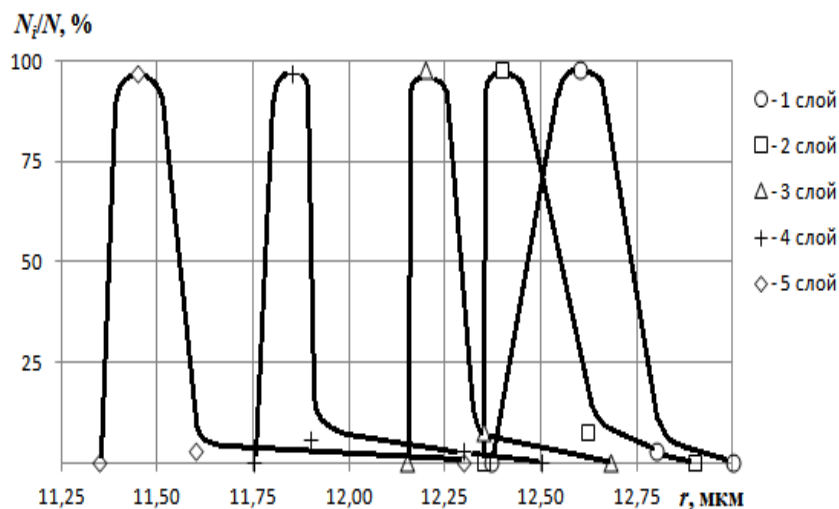


Рис. 3. Распределение пор по размерам в сетке 80/720 [7]

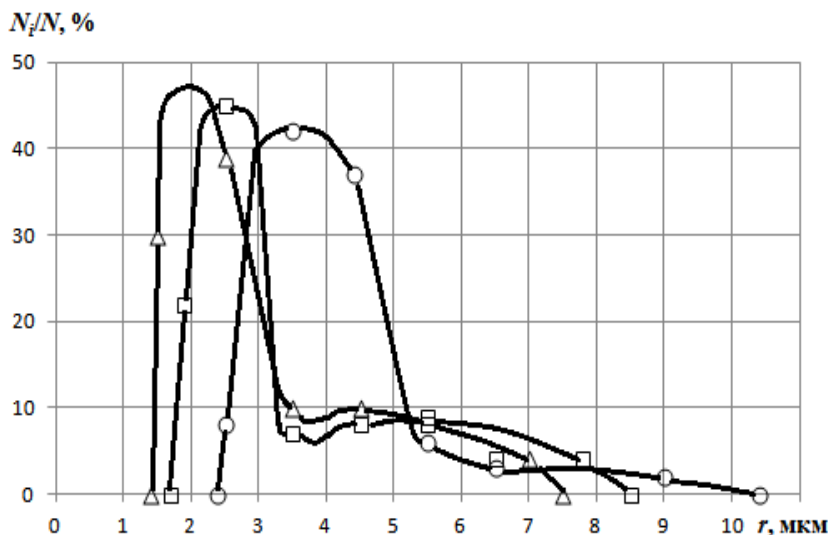


Рис. 4. Распределение пор по размерам в фильтровальной бумаге БТА-3 (обозначения те же, что на рис. 3) [7]

Однако помимо обозначенного выше свойства, поровая структура должна обеспечить полноту выхода содержащегося в сосуде ОПС. Это требование не столь однозначно, как первое. Известные методы исследования не позволяют в настоящее время решить эту задачу теоретически.

Эксперимент показывает, что существуют некоторые соотношения между площадями поверхности сосуда, ее проницаемой части и выходного сечения запорного устройства корпуса огнетушителя, иначе не избежать пропуска вытесняющего газа, минуя ОПС.

Основываясь на результатах испытания моделей огнетушителей с пористыми сосудами, на данном этапе работ можно констатировать следующее [8]:

– методом анализа размерностей получен безразмерный комплекс $\pi = \frac{P \cdot V_r}{\left(\frac{M_{отв}^2 \cdot l}{P \cdot \tau^4} \right)}$,

характеризующий отношение потенциальной энергии газа, содержащегося в огнетушителе, к затратам энергии по вытеснению и доставке массы заряда порошка в очаг пожара. Его обратное значение является коэффициентом полезного действия огнетушителя, поэтому необходимо стремиться к уменьшению величин импульса и времени истечения газа. Это

может быть достигнуто за счет увеличения площади сквозной пористости оболочки сосуда (некоторого сочетания диаметров и/или количества пор);

– для исследованных сочетаний гранулометрических составов порошков, диаметров пор и площадей истечения газа в эластичных емкостях, давших хорошие результаты по полноте вытеснения ОПС, площадь сквозных пор составляла около 1 %, площадь проходного сечения запорного устройства – около 30 % от общей площади поверхности пористого сосуда;

– конструкция модели порошкового огнетушителя с эластичной емкостью способна обеспечить почти 100 % опорожнение ОПС (в зависимости от плотности и гранулометрического состава порошка), тогда как у серийных образцов остаток ОПС иногда достигает 50 %, что указывает на перспективность разработки такого вида огнетушителей;

– сквозная пористость должна располагаться на дне сосуда (для придания порошку импульса вытеснения) и вблизи его (на обечайке) – для рыхления порошка поперечными струями вытесняющего газа и лучшего его перемешивания.

Литература

1. Сытдыков М.Р., Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. Гранулометрические характеристики огнетушащих порошков // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2014. № 1 (9).

2. Порошковый огнетушитель: пат. 106543 Рос. Федерация: МПК А 62 С 13/00/ Поляков А.С., Кожевин Д.Ф.; заявитель и правообладатель Поляков А.С., Кожевин Д.Ф. – № 2010145418/12; заявл. 28.10.10; опубл. 20.07.11, Бюл. № 20. 5 с.

3. Решение Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам о выдаче патента на полезную модель «Порошковый огнетушитель» / Д.Ф. Кожевин, М.Р. Сытдыков, А.С. Поляков; заявитель Кожевин Д.Ф., Сытдыков М.Р., Поляков А.С. заявка № 2013103464 от 18.01.13.

4. НПБ 170–98. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования. Методы испытаний // НСИС ПБ. 2013. № 2 (51).

5. ГОСТ 26952-86. Порошки огнетушащие. Общие технические требования и методы испытаний // НСИС ПБ. 2013. № 2 (51).

6. ГОСТ 6613-86. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия // Единая база ГОСТов РФ «ГОСТ ЭКСПЕРТ».

7. Рыбаков К.В., Дмитриев Ю.И., Поляков А.С. Авиационные фильтры для топлив, масел, гидравлических жидкостей и воздуха. М.: Машиностроение, 1982.

8. Сытдыков М.Р. Методика оценки эффективности порошкового огнетушителя со встроенной пористой емкостью (применительно к пожароопасным производственным объектам нефтебаз): дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2013. 115 с.