

Н.М. Сергина

О применении вероятностного подхода для оценки эффективности многоступенчатых систем пылеулавливания

При оценке эффективности систем обеспыливания, скомпонованной из n аппаратов с эффективностью $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$, применяются известные зависимости: при последовательной установке пылеуловителей - (1), при параллельной – (2)

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n), \quad (1)$$

$$\eta = \frac{\eta_1}{1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n)} \quad (2)$$

В работе [1] степень очистки воздуха от пыли предлагается оценивать по величине фракционного проскока, который для системы из m последовательно соединенных пылеуловителей при известной дифференциальной функции распределения частиц по размерам $g(\delta)$ выражается интегралом

$$\begin{aligned} K_{\Sigma} &= \int_0^{\infty} K_{\delta,1} - K_{\delta,2} \dots K_{\delta,m} g(\delta) d\delta = \int_0^{\infty} \prod_{i=1}^m \exp\left[-a_i (Stk_i)^{n_i}\right] g(\delta) d\delta = \\ &= \int_0^{\infty} \exp\left[-\sum_{i=1}^m a_i (Stk_i)^{n_i}\right] g(\delta) d\delta \end{aligned} \quad (3)$$

где a_i, n_i - постоянные, характеризующие пылеулавливающие способности i -го аппарата; Stk_i - число Стокса для i -го аппарата.

Методика расчета эффективности многоступенчатых установок пылеулавливания, основанная на уравнениях воздушного и пылевого балансов с использованием понятия коэффициента замкнутости, приводится в [2].

Зависимости (1)-(3) справедливы для случая компоновки пылеулавливающих систем по традиционным схемам. Однако в настоящее время все большее распространение получают установки, в которых

организуется отсос пылевоздушной смеси из бункерной зоны одного из аппаратов [2-6], простейшие варианты которых приведены на рис. 1 [2].

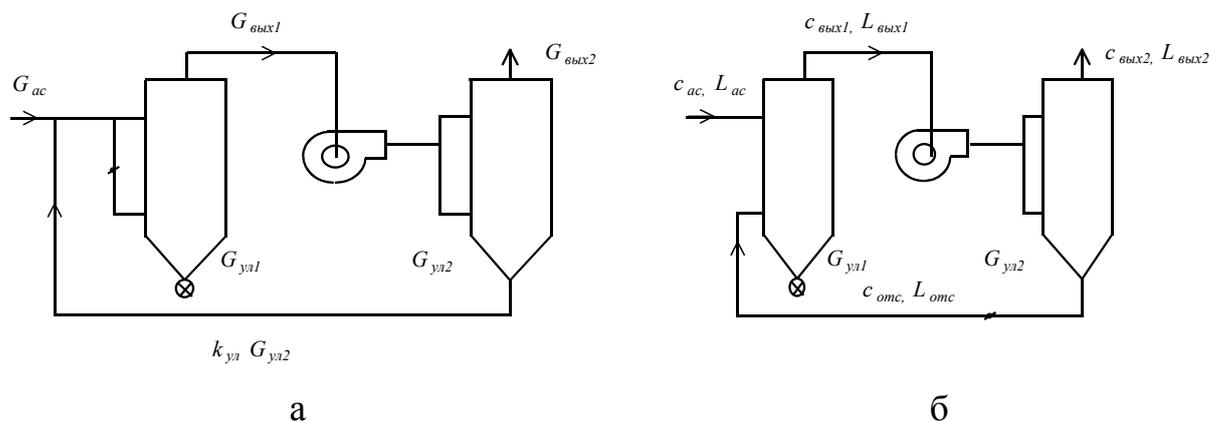


Рис. 1 – Схемы компоновки пылеулавливающих систем с вихревыми аппаратами ВЗП с органищацией отсоса из бункерной зоны с возвратом уловленного продукта: а – в систему; б – в пылеуловитель первой ступени

В этом случае оценка эффективности пылеулавливания проводится на основе решения систем уравнений воздушного и пылевого балансов. Для первого варианта компоновки системы (рис. 1, а) система уравнений имеет вид

$$\begin{cases} G_{ул1} + G_{вых1} = G_{ас} + k_{ул} G_{ул2}; \\ G_{ул1} = \eta_1 (G_{ас} + k_{ул} G_{ул2}); \\ G_{ул2} = \eta_2 G_{вых1}; \\ G_{ул2} + G_{вых2} = G_{вых1}. \end{cases} \quad (4)$$

где $G_{ас}$ - массовый расход пыли в воздухе, поступающем на очистку из системы аспирации, кг/ч; η_1, η_2 - массовый расход пыли в воздухе, поступающем на очистку из системы аспирации, кг/ч; $G_{ул1}, G_{ул2}$ - массовый расход пыли, уловленной в пылеуловителях первой и второй ступени соответственно, кг/ч; $G_{вых1}, G_{вых2}$ - массовый расход пыли в воздухе, выходящей из пылеуловителей первой и второй ступени соответственно, кг/ч; $k_{ул}$ - коэффициент, характеризующий долю пыли, возвращающейся в систему, и изменяющийся от 0 при отсутствии отсоса воздуха из бункера аппарата до 1 при полной рециркуляции уловленного продукта,

и общая эффективность установки составит

$$\eta_{сист} = \frac{\eta_2(k_{ул} - 1)(1 - \eta_1) - \eta_1}{\eta_2 k_{ул}(1 - \eta_1) - 1} \quad (5)$$

Аналогично для второго варианта (рис. 1, б)

$$\begin{cases} G_{ул1} + c_{вых1} L_{сист} = c_{ac} L_{ac} + c_{омс} L_{омс} \\ G_{ул1} = \eta_1 (c_{ac} L_{ac} + c_{омс} L_{омс}) \\ G_{ул2} = \eta_2 c_{вых1} L_{сист} \\ G_{ул2} + c_{вых2} L_{вых2} = c_{вых1} L_{сист} \\ c_{омс} L_{омс} = k_{ул} G_{ул2} \\ L_{сист} = L_{ac} + L_{омс} + L_{подс1} \\ L_{вых2} = L_{сист} - L_{омс} \end{cases} \quad (6)$$

где c_{ac} , $c_{омс}$ - запылённость воздуха, поступающего на верхний и нижний вводы пылеуловителя первой степени из системы аспирации и из бункера пылеуловителя второй степени соответственно, мг/м³; L_{ac} , $L_{омс}$ - расход воздуха, поступающего на верхний и нижний вводы пылеуловителя первой степени из системы аспирации и из бункера пылеуловителя второй степени соответственно, м³/ч; $L_{сист}$ - общий расход воздуха, проходящего через установку пылеулавливания, м³/ч; $L_{подс1}$ - объем воздуха, подсосываемого через шлюзовой затвор пылеуловителя первой степени, м³/ч; $L_{вых2}$ - расход воздуха, выбрасываемого в атмосферу, м³/ч; $c_{вых2}$ - запыленность воздуха, выбрасываемого в атмосферу, мг/м³.

Пренебрегая величиной подсосов $L_{подс1}$, получим

$$\eta_{сист} = 1 - \frac{(\eta_1 - 1)(1 - \eta_2)}{\eta_2 k_{ул}(1 - \eta_1) - 1} = 1 - \frac{1 - \eta_2}{\frac{1}{1 - \eta_2} - \eta_2 k_{ул}} \quad (7)$$

Во всех перечисленных методиках определения суммарной эффективности пылеулавливающих систем степень очистки отдельного аппарата рассматривается как постоянная заданная величина. Однако результаты многочисленных исследований показали [7, 8], что вследствие изменений в технологических процессах, при прохождении пылегазовых потоков через пылеуловители, при наличии перетоков и организованного

отсоса из бункерной зоны происходят многочисленные изменения дисперсного состава пыли, расхода воздуха, подаваемого на очистку, запыленности пылевоздушных потоков на входе в пылеуловители. В реальных условиях эксплуатации пылеулавливающих систем перечисленные параметры являются случайными величинами, и, следовательно, степень очистки каждого аппарата системы – также случайная величина. Для примера на рис. 2 приведены экспериментальные зависимости эффективности пылеуловителя ВЗП с отсосом из бункерной зоны при изменении размеров частиц [7].

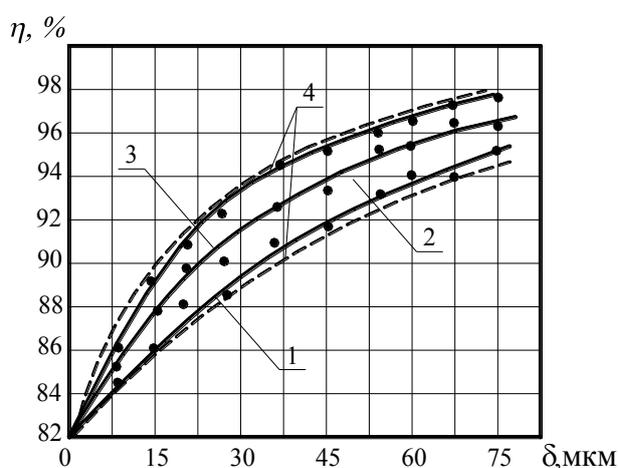


Рис. 2 - Зависимость эффективности аппарата ВЗП с отсосом из бункера от размера частиц пыли δ : 1,2,3 – эффективность при $K_{отс} = 0,1$, $K_{отс} = 0,2$, $K_{отс} = 0,3$ соответственно; 4 – вероятностный коридор значений эффективности ($K_{отс}$ - объем воздуха, отсасываемого из бункера, отнесенный к расходу воздуха, поступающего на очистку в аппарат)

Таким образом, процесс очистки пылевоздушной смеси в многоступенчатых установках пылеулавливания применительно к конкретному виду пыли и конкретным условиям функционирования – процесс стохастический. Поэтому для достоверной оценки следует рассматривать эффективность системы как случайную величину, зависящую от случайных факторов (расход воздуха, подаваемый на очистку, концентрация пыли на входе в систему, дисперсный состав материала и пр.).

Литература:

1. Шияев М.И., Дорохов А.П. Методы расчета и принципы компоновки пылеулавливающего оборудования [Текст]. - Томск, 1999. – 212 с.
2. Сергина, Н.М. Совершенствование схем компоновки многоступенчатых систем пылеулавливания с вихревыми аппаратами [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.14.16: защищена 31.03.00: утв. 07.07.00 / Сергина Наталия Михайловна. – Волгоград, 2000. – 171 с. – Библиогр.: С. 137-149.
3. Сергина Н.М., Азаров Д.В., Гладков Е.В. Системы инерционного пылеулавливания в промышленности строительных материалов [Текст] // Строительные материалы, 2013. - №2. - С. 86-88.
4. Азаров В.Н., Донченко Б.Т. Системы аспирации дымовых и леточных газов производства карбида кальция [Текст] // Строительные материалы, 2002. - №11. - С. 20-21.
5. Семенова, Е.А. Совершенствование схем компоновки систем обеспыливания для локализирующей вентиляции в производстве извести [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.26.01, 05.23.19: защищена 21.06.13: утв. 19.09.13 / Семенова Елена Анатольевна – Волгоград, 2013.
6. Сергина Н.М., Боровков Д.П., Семенова Е.А. Совершенствование методов очистки воздуха рабочей зоны от пыли известкового щебня, выделяющейся при разгрузке железнодорожных вагонов [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4. Ч.2. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
7. Азаров, В.Н. Комплексная оценка пылевой обстановки и разработка мер по снижению запылённости воздушной среды промышленных предприятий [Текст]: автореф. дис. . . д-ра техн. наук: 05.26.01, 03.00.16: защищена 09.02.04 / Азаров Валерий Николаевич - Ростов н/Д, 2004.

8. Омельченко, Е.В. Оптимизация выбора конструкции пылеулавливающего аппарата для предприятий дорожных и строительных производств [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4. Ч.2. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

9. Davies C.N. Lubrication theory for micropolar fluids // Proc. Phys. Soc. B. 1950. Vol. 63. P. 288.

10. Soo S. L. Fluid Dynamics of Multi-Phase Systems, Blaisdell Pub. Co., 1967 - 524 pages.