DOI: 10.17117/na.2015.03.111

Поступило в редакцию: 17.03.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.03.111.pdf>

Агарков А.М.

Зависимость величины проскока пыли от основных факторов насыпных клинкерных слоев

Agarkov A.M.

The dependence of magnitude leakage the dust from the main factors bulk of clinker layers

В статье представлены экспериментальные зависимости проскока пыли от времени в насыпных зернистых фильтрах. Выявлены основные факторы определяющие процессы пылеулавливания. Получена зависимость величины проскока пыли через клинкерный зернистый слой от основных влияющих факторов

Ключевые слова: цементная пыль, насыпной клинкерный слой, влияющие факторы, величина проскока пыли

The article presents experimental breakthrough dust depending on the time in the bulk granular filters. Identify the main factors determining the processes dust collecting. Obtained the dependence of magnitude leakage the dust through the clinker granular layer of the main influencing factors

Key words: cement dust, clinker bulk layer, influencing factors, the magnitude of leakage the dust

Агарков Александр Михайлович

Ассистент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

г. Белгород, ул. Костюкова, 46

Agarkov Alexander Mikhailovich

Assistant

Belgorod state technological university named V.G. Shukhov

Belgorod, Kostyukova st., 46

Применяются различные подходы к выводу эмпирических зависимостей проскока пыли от свойств фильтрующей насадки, свойств запыленного газа и режима фильтрации [3, 6].

Так, путем обработки экспериментальных данных методом наименьших квадратов для гравийного насыпного фильтра получено соотношение [2]:

$$K = \exp(-c(a + b\tau)) \quad (1)$$

где $a = 0,877 \cdot 10^{-7}$, $b = 2,57 \cdot 10^{-11}$ – эмпирические константы,
 c – коэффициент захвата частиц:

$$c = \frac{h^{0,25} \delta_{50} \rho_{\text{ч}}}{w^{0,5} d_3^{1,5} \mu} \quad (2)$$

Формула (2) получена для следующей области изменения параметров:

$d_3 = 1,5...5$ мм; скорость фильтрования $w = 0,1...0,3$ м/с; $\delta_{50} = 5...30$ мкм; $\rho_{\text{ч}} = 2600...3000$ кг/м³; $\mu = (1,8...2,5) \cdot 10^{-5}$ Па·с.

Для условий улавливания цементной пыли ($\delta_{50} = 30$ мкм; $\rho_{\text{ч}} = 2600$ кг/м³; $\mu = 1,8 \cdot 10^{-5}$ Па·с) насыпным слоем клинкера ($h = 0,15$ м, $d = 0,005$ м; $w = 0,15$ м/с; $c \approx 1,97 \cdot 10^7$) формула (1) принимает вид:

$$K = \exp(-1,97(0,877 + 2,57 \cdot 10^{-4} \tau)) \quad (3)$$

Согласно формуле (3) проскок цементной пыли через насыпной клинкерный фильтр снижается от 17,8 % при чистом слое ($\tau=0$) до 2,9 % через 1 час (3600 с) после начала фильтрации (рис. 1), что существенно выше наблюдаемых значений.

Особенностью формулы (3) является ее некритериальный характер: коэффициент захвата частиц пыли K является размерной величиной, не имеющей определенного физического смысла.

Структуру, аналогичную (1), имеет формула, входящая в методику расчета насыпных зернистых фильтров Н.М. Самохвалова [4, 5]:

$$K = \exp\left(-2,3K_{\text{э}} \frac{h^{0,8}}{w} \left(1 + K_y \left(\frac{\tau}{\tau_{\text{пр}}}\right)^{0,16}\right)\right) \quad (4)$$

где $K_{\text{э}} = 34500\mu\delta_{50}^{0,25}(1-\varepsilon)/(\rho_{\text{н.п}}d_3^{2,05})$ – коэффициент эффективности захвата частиц пыли,

$K_y = 0,00132P_{\text{а}}^n/(\delta_{50}\rho_{\text{н.п}}g\text{tg}\alpha_0)$ – коэффициент уноса пыли из зернистого слоя,

$\tau_{\text{пр}} \geq 4,3 \cdot 10^{-6} \rho_{\text{п}}/\delta_{50}$ – время пребывания запыленного потока в зернистом слое.

Здесь $\rho_{\text{н.п}}$ – насыпная плотность пыли, кг/м³ (для цементной пыли $\rho_{\text{н.п}} = 1300$ кг/м³), $P_{\text{а}}$ – аутогезионная прочность пылевого слоя, Па; n – показатель степени, зависящий от величины $P_{\text{а}}$ (для цементной пыли $P_{\text{а}} = 600$ Па, $n = 0,7$; g – ускорение силы тяжести; α_0 – угол естественного откоса пыли, град. (для цементной пыли $\alpha_0 = 40^\circ$).

Для условий улавливания цементной пыли насыпным слоем клинкера $\delta_{50} = 30$ мкм; $h = 0,15$ м; $w = 0,15$ м/с; $\tau_{\text{пр}} = 372,6$ с; $K_{\text{э}} = 0,35$; $K_y = 0,36$ за время фильтрации $\tau = 3600$ с проскок пыли снижается от 31 % (для чистого слоя) до 17 %, что не соответствует экспериментальным данным (см. рис. 1, кривая 2).

Рис. 1. Зависимости проскока пыли от времени, рассчитанные по формулам: (3) – кривая 1; (4) – кривая 2; (5) – кривая 3

Экспериментальным данным по улавливанию цементной пыли лучше соответствует эмпирическая зависимость, полученная Ю.В. Красовицким для пылей огнеупорного производства [1]:

$$K = \exp \left(-5,693 + 1,7 \cdot 10^5 / Ho + 1,2 \cdot 10^2 \left(\frac{d_k}{h} \right) + \right. \\ \left. + 5,8 \cdot 10^5 \left(\frac{d_k}{h} \right) / Ho - 3,9 \cdot 10^9 / Ho^2 - 1,65 \cdot 10^3 \left(\frac{d_k}{h} \right)^2 \right), \quad (5)$$

где $Ho = w\tau/d_k$ – критерий гомохронности.

Формула (5) получена для условий $10^5 \leq Ho \leq 3 \cdot 10^6$, $7,35 \cdot 10^{-3} \leq \frac{d_k}{h} \leq 4,3 \cdot 10^{-2}$.

Зависимость проскока цементной пыли от времени, рассчитанная по формуле (5) для приведенных выше условий показана на рис. 1 (кривая 3).

Приведенный выше анализ показывает, что эмпирические формулы, полученные для определенных видов пыли и определенных фильтрующих сред, малоприспособлены для описания процессов улавливания других пылей другими зернистыми фильтрами.

Для изучения закономерностей улавливания пылей цементного производства насыпными клинкерными слоями применялось статистическое планирование экспериментальных исследований. Предварительный поиск влияющих факторов показал, что основными факторами, определяющими процессы пылеулавливания, являются $d_3, w, \delta_{50}, h, Z_h$ и т. На основе этих факторов были выявлены доминирующие критерии – $Re, Stk, Ho, d_k/h, Z_h/\rho$.

В результате обработки данных экспериментов, поставленных по специальному плану, получена зависимость величины проскока пыли через слой от основных влияющих факторов:

$$K = 0,0246 \left(\frac{d_3}{d_{3_0}} \right)^{0,245} \left(\frac{w}{w_0} \right)^{0,292} \left(\frac{\delta_{50}}{\delta_0} \right)^{-0,223} \left(\frac{Z_H}{Z_{H_0}} \right)^{-0,451} \left(\frac{\tau}{\tau_0} \right)^{-0,372} \quad (6)$$

где $d_{3_0} = 0,01$ м; $w_0 = 0,3$ м/с; $\delta_0 = 15 \cdot 10^{-6}$ м; $Z_{H_0} = 0,01$ кг/м³; $\tau_0 = 1800$ с.

Уравнение (6) установлено для следующей области факторного пространства: $0,005 \leq d_3 \leq 0,02$ м; $0,15 \leq w \leq 0,6$ м/с; $7,5 \cdot 10^{-6} \leq \delta_{50} \leq 30 \cdot 10^{-6}$ м; $0,005 \leq Z_H \leq 0,02$ кг/м³; $900 \leq \tau \leq 3600$ с.

Критериальная зависимость проскока цементной пыли, аппроксимирующая результаты эксперимента имеет вид:

$$K = 1,43 \cdot 10^{-4} \text{Re}^{0,775} \text{Stk}^{-0,112} \text{Ho}^{-0,372} \left(\frac{d_k}{h} \right)^{-1,014} \left(\frac{Z_H}{\rho} \right)^{-0,451} \quad (7)$$

Влияние основных факторов на величину проскока пыли через насыпной клинкерный фильтр показано на рис. (2).

Рис. 2. Зависимость величины проскока пыли через клинкерный зернистый слой от основных влияющих факторов: а – $w = 0,3$ м/с; $\delta_{50} = 15$ мкм; $\tau = 1800$ с; б – $d_3 = 0,01$; $\delta_{50} = 15$ мкм; $\tau = 1800$ с; в – $d_3 = 0,01$; $w = 0,3$ м/с; $\tau = 1800$ с; г – $d_3 = 0,01$; $\delta_{50} = 15$ мкм; $w = 0,3$ м/с: — — расчет; ■ — эксперимент

На рис. 2 видно, что увеличение среднего размера порошка (в) и времени фильтрации (г) независимо от других параметров вызывает повышение эффективности пылеочистки, а увеличение среднего размера заполнителя фильтрующего слоя и скорости сходящего в фильтр воздуха снижают эффективность пылеочистки.

Список литературы:

1. Красовицкий Ю.В., П.Б. Балтрешас, В.И. Энтин. Обеспыливание промышленных газов в огнеупорном производстве. Вильнюс: Техника, 1996. 364 с.
2. Моргулис М.Л., М.Г. Мазус, А.С. Мандрико, М.И. Биргер. Рукавные фильтры. М.: Машиностроение, 1977. 256 с.
3. Овсянников Ю.Г., Агарков А.М. Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик системы аспирации с принудительной рециркуляцией // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений. Белгород: БГТУ, 2013. Т. II. С. 166-169.
4. Самохвалов Н.М. Оценка надежности и долговечности зернистых фильтров // Строительные материалы. 2007. № 1. С. 28-29.
5. Самохвалов Н.М. Очистка промышленных выбросов от пыли зернистыми фильтрами // Экология и промышленность России. 2009. № 4. С. 4-6.
6. Sharapov R.R., Agarkov A.M., Sharapov R.R. Matrix Modeling of Technological Systems Grinding with Closed Circuit Ball Mill // World Applied Sciences Journal. Vol. 24. 2013. №10. Pp. 1399-1403.

© 2015, Агарков А.М.

Зависимость величины проскока пыли от основных факторов насыпных клинкерных слоев

© 2015, Agarkov A.M.

The dependence of magnitude leakage the dust from the main factors bulk of clinker layers