

Функции распределения частиц по размерам при различных режимах работы пылеулавливающего оборудования

Е.И. Веденин, аспирант

С.В. Половченко, старший преподаватель

П.В. Чартий, доцент, канд. физ.-мат. наук

В.Г. Шеманин, зав. кафедрой, д-р физ.-мат. наук

Новороссийский политехнический институт (филиал) Кубанского государственного технологического университета

e-mail: vshemanin@nbkstu.org.ru

Ключевые слова:

производство цемента,
дисперсный состав,
функция распределения частиц,
средний объемно-поверхностный диаметр,
рукавный фильтр,
концентрация взвешенных частиц.

Мерой дисперсного состава является функция распределения аэрозольных частиц (ФРЧ). Дисперсный состав взвешенных частиц влияет на их поведение в процессе пылеулавливания, поведение в атмосфере и на степень их негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Числовым параметром, позволяющим восстанавливать функцию распределения частиц по размерам, является средний объемно-поверхностный диаметр частиц. Этот диаметр изменяется при различных режимах работы пылеулавливающего оборудования. Поэтому контроль дисперсного состава взвешенных частиц посредством измерения среднего объемно-поверхностного диаметра частиц позволяет определять выбросы наиболее опасных для окружающей среды и здоровья человека взвешенных частиц и более объективно рассчитывать рассеивание взвешенных частиц в атмосфере.

1. Введение

Выбросы взвешенных частиц в атмосферу приводят к негативным последствиям для окружающей среды и здоровья человека. Значительная часть выбросов взвешенных частиц приходится на строительную отрасль и особенно цементные предприятия. Особенно актуальна данная проблема для Новороссийска, одного из ведущих центров производства цемента в России.

Степень негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека взвешенных частиц, а также их поведение в атмосфере и в процессе улавливания в значительной степени зависят от распределения частиц по размерам [1]. В процессе пылеулавливания дисперсный состав взвешенных частиц изменяется при различных режимах работы пылеулавливающего оборудования. Дисперсный состав обычно выражается в виде таблицы, кривой или функции распределения пылевых частиц (ФРЧ). Дисперсный состав в значительной степени влияет на степень очистки пылеулавливающих аппаратов [2]. Как правило, с умень-

шением размера частиц фракционная эффективность их улавливания снижается [3]. В области малых размеров частиц у фильтровальных аппаратов может наблюдаться отклонение от этой закономерности, связанное со сложными механизмами улавливания [4]. Так, для циклонов степень очистки составляет около 90% при диаметре частиц $\delta > 30$ мкм, а для частиц диаметром $\delta = 2,5$ мкм степень очистки меньше 40%, для многопольных электрофильтров степень очистки достигает 99,9% при $\delta > 1$ мкм [3].

Отсюда следует, что информация о дисперсном составе взвешенных частиц в выбросах цементных производств имеет большое значение для эффективного пылеулавливания в аппаратах пылегазоочистки, а также для более объективной оценки рассеивания взвешенных частиц в пограничном слое атмосферы. Поэтому цель настоящей работы — оценка функции распределения частиц по размерам при различных режимах работы пылеулавливающего оборудования.

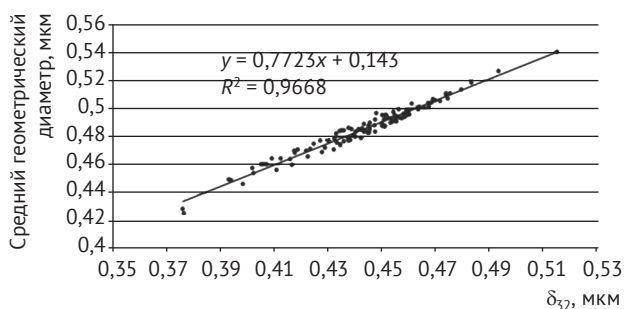


Рис. 1. Зависимость среднего геометрического диаметра x_p от среднего объемно-поверхностного диаметра δ_{32}

2. Средний объемно-поверхностный диаметр как основной параметр, характеризующий функцию распределения частиц по размерам

Один из параметров функции распределения частиц по размерам — средний объемно-поверхностный диаметр частиц (далее δ_{32}). С одной стороны, он сильно коррелирует с другими средними параметрами распределения и позволяет с достаточной степенью точности восстанавливать ФРЧ, особенно на выходе последних ступеней очистки, а с другой — измеряется интегральными методами лазерного зондирования [5] и вычисляется по формуле (1) [6]:

$$\delta_{32} = \frac{\int_0^{\infty} \delta^3 F(\delta) d\delta}{\int_0^{\infty} \delta^2 F(\delta) d\delta}, \quad (1)$$

где: δ — диаметр частиц; $F(\delta)$ — функция распределения частиц по размерам. Между средним объемно-поверхностным диаметром, который измеряется лазерными методами, и остальными средними диаметрами (средний геометрический диаметр и стандартное геометрическое отклонение) установлена корреляционная связь с коэффициентом детерминации не менее 0,85. Между параметрами этих законов и средним объемно-поверхностным диаметром выявлена функциональная зависимость (рис. 1, 2) [5].

Для установления связи между средним объемно-поверхностным диаметром и ФРЧ были отобраны 119 образцов цемента, для которых измерена ФРЧ. Для отобранных проб были измерены функции распределения частиц по размерам с помощью лазерного анализатора MicroSizer 2000.

Используя полученные регрессионные зависимости, описывающие функциональные связи параметров логарифмически-нормального закона со средним объемно-поверхностным диаметром, были

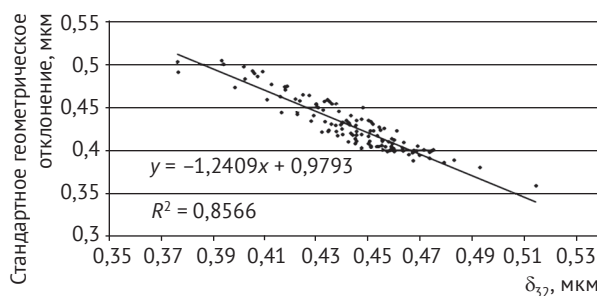


Рис. 2. Зависимость стандартного геометрического отклонения σ_p от среднего объемно-поверхностного диаметра δ_{32}

восстановлены функции распределения для всех 119 образцов. Коэффициент детерминации между восстановленными и исходными данными составил не менее 0,74. Пример одного из восстановленных распределений приведен на рис. 3.

Помимо геометрических диаметров δ , при исследовании параметров взвешенных частиц оцениваются аэродинамические диаметры δ_a сферы плотностью 1 г/см³, которая в условиях спокойного воздуха за счет силы гравитации имеет скорость осаждения, равную скорости осаждения частицы в анализируемом воздухе при преобладающих значениях температуры, давления и относительной влажности [7].

Аэродинамический и геометрический диаметры связаны между собой следующим выражением (2):

$$\delta_a = \delta \sqrt{\frac{\rho}{1000}}, \quad (2)$$

где ρ — плотность вещества частиц, кг/м³.

По измеренному методами лазерного зондирования среднему объемно-поверхностному диаметру можно восстановить функцию распределения частиц по размерам.

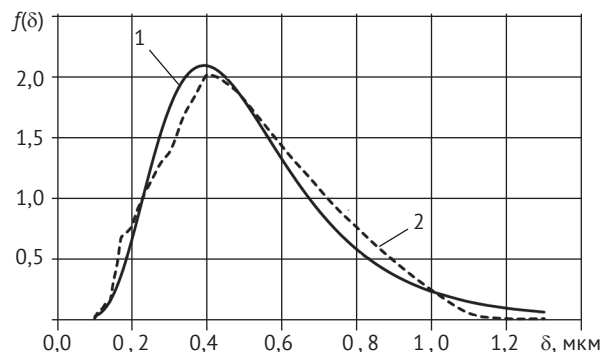


Рис. 3. Исходные данные (пунктир) и результаты восстановления (сплошная) функции распределения частиц по размерам

3. Оценка среднего объемно-поверхностного диаметра частиц δ_{32} при различных режимах работы пылеулавливающего оборудования

Средний объемно-поверхностный диаметр взвешенных частиц в выбросах цементных предприятий имеет непостоянное во времени значение, изменяющееся в зависимости от режимов работы пылеулавливающего оборудования и дисперсного состава исходного сырья [8]. Изменение δ_{32} взвешенных частиц наблюдается при варьировании дисперсного состава цементного аэрозоля, поступающего на очистку, а также при изменении дисперсного состава выходного аэрозоля, происходящего в результате колебаний скорости воздушного потока на первой ступени очистки или регенерации последней ступени очистки [9].

Для оценки изменения среднего объемно-поверхностного диаметра частиц δ_{32} в выбросах цементных предприятий были проанализированы 119 проб цемента, отобранные на входе первой ступени очистки. Для оценки изменения среднего объемно-поверхностного диаметра частиц δ_{32} при колебаниях скорости воздушного потока на первой ступени очистки, а также в процессе регенерации последней ступени очистки были рассчитаны степени очистки первой ступени очистки при скорости на 15% больше ($w_{\text{опт.} + 15\%}$) и меньше ($w_{\text{опт.} - 15\%}$) оптимальной скорости очистки газов и степени очистки последней ступени очистки до и после регенерации. В качестве первой ступени очистки учитывался циклон, в качестве последней — рукавный фильтр. Учет рассчитанной степени очистки позволил по полученным при оцифровке функциям распределения частиц рассчитать функции распределения частиц по размерам на выходе циклона при скорости на 15% больше и меньше оптимальной скорости очистки газов и на выходе рукавного фильтра до и после регенерации. Расчет функций распределения проводился по формуле:

$$F(\delta)_{\text{вых } i} = F(\delta)_{\text{вх } i} (1 - \eta_i), \quad (3)$$

где: $F(\delta)_{\text{вых } i}$ — функция распределения на выходе i -й ступени очистки; $F(\delta)_{\text{вх } i}$ — функция распределения на входе i -й ступени очистки; η_i — степень очистки i -й ступени очистки. По рассчитанным функциям распределения были вычислены средние объемно-поверхностные диаметры частиц δ_{32} . Расчет δ_{32} осуществлялся посредством алгоритма, приведенного в [10]. Он позволяет вычислять последовательно нормированные функции распределения, интегральные функции распределения, счетные функции распределения, нормированные счетные функции

распределения по исходным массовым функциям распределения, полученным эмпирическим путем, и рассчитывать в итоге по вычисленным функциям средние объемно-поверхностные диаметры частиц δ_{32} .

Были рассчитаны δ_{32} для нескольких функций распределения на выходе рукавного фильтра при допустимом отклонении скорости потока в циклоне от оптимального значения оптимальной скорости очистки газов в циклоне. Разность полученных δ_{32} не превышает 0,001 мкм (менее 0,3% от среднего значения δ_{32}).

Для всех отобранных проб цемента рассчитаны δ_{32} на выходе рукавного фильтра до и после регенерации. Для рассчитанного набора чисел определены максимальное и минимальное значения δ_{32} до регенерации, которые соответственно равны $\delta_{32 \text{ до рег min}} = 0,358$ мкм и $\delta_{32 \text{ до рег max}} = 0,420$ мкм, и после регенерации $\delta_{32 \text{ после рег min}} = 0,397$ мкм и $\delta_{32 \text{ после рег max}} = 0,455$ мкм. Аэродинамические диаметры для цемента плотностью 3000 кг/м³ соответственно равны $\delta_{a 32 \text{ до рег min}} = 0,620$ мкм и $\delta_{a 32 \text{ до рег max}} = 0,727$ мкм, $\delta_{a 32 \text{ после рег min}} = 0,688$ мкм и $\delta_{a 32 \text{ после рег max}} = 0,788$ мкм. Таким образом, разность максимального и минимального измеренных значений δ_{32} на выходе рукавного фильтра до регенерации составляет 0,062 мкм, после регенерации — 0,058 мкм.

Вычислена разность δ_{32} на выходе рукавного фильтра до и после регенерации рукавного фильтра для каждой из 119 проб цемента. Максимальная из вычисленных разностей δ_{32} составляет 0,0513 мкм, минимальная — 0,0314 мкм.

Функции распределения частиц по размерам для геометрических и аэродинамических диаметров при максимальном и минимальном δ_{32} на выходе рукавного фильтра, приведенные для большей наглядности к максимальным значениям, представлены на рис. 4. Функции распределения частиц по размерам для геометрических и аэродинамических диаметров до и после регенерации на выходе рукавного фильтра, приведенные к максимальным значениям, представлены на рис. 5.

Было оценено изменение среднего объемно-поверхностного диаметра в выбросах цементного производства на выходе двухсекционного рукавного фильтра. С этой целью были рассчитаны функции распределения частиц по размерам до и после регенерации для двухсекционного рукавного фильтра. Чтобы рассчитать функции распределения частиц по размерам для двухсекционного рукавного фильтра, необходимо вычислить степень очистки до и после регенерации для двухсекционного рукавного фильтра. Степень очистки определяется по формуле:

$$\eta = \frac{M_{\text{вх}} - M_{\text{вых}}}{M_{\text{вх}}}, \quad (4)$$

где: $M_{\text{вх}}$ — выброс аэрозольных частиц на входе рукавного фильтра, г/с; $M_{\text{вых}}$ — выброс аэрозольных частиц на выходе рукавного фильтра, г/с.

Выбросы аэрозольных частиц на входе и выходе рукавного фильтра определяются по формулам:

$$M_{\text{вх}} = C_{\text{вх}} (u_1 S_c + u_2 S_c), \quad (5)$$

где: $C_{\text{вх}}$ — концентрация аэрозольных частиц на входе рукавного фильтра, г/м³; u_1, u_2 — скорость фильтрации первой и второй секций рукавного фильтра соответственно, м/с; S_c — площадь фильтрации секции рукавного фильтра, м²:

$$M_{\text{вых}} = (1 - \eta_1) C_{\text{вх}} u_2 S_c + (1 - \eta_2) C_{\text{вх}} u_1 S_c, \quad (6)$$

где η_1, η_2 — степени очистки соответственно первой и второй секций рукавного фильтра в i -й момент времени.

Из формулы (4) степень очистки рукавного фильтра равна (7):

$$\eta = \frac{C_{\text{вх}} E(u_1 S_c + u_2 S_c) - (1 - \eta_1) C_{\text{вх}} u_2 S_c - (1 - \eta_2) C_{\text{вх}} u_1 S_c}{C_{\text{вх}} (u_1 S_c + u_2 S_c)} = \frac{u_1 + u_2 - (1 - \eta_1) u_2 - (1 - \eta_2) u_1}{u_1 + u_2} = \frac{\eta_1 u_2 + \eta_2 u_1}{u_1 + u_2}. \quad (7)$$

Из (7) степень очистки рукавного фильтра до и после регенерации равна (8) и (9):

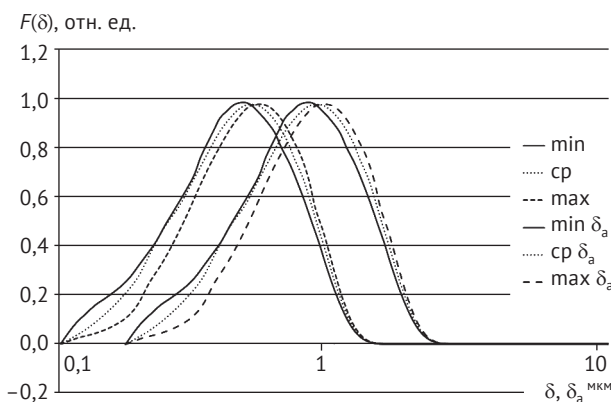


Рис. 4. Функции распределения частиц по размерам для геометрических и аэродинамических диаметров при максимальном и минимальном δ_{32} на выходе рукавного фильтра, приведенные к максимальным значениям

$$\eta_{\text{перед}} = \frac{\eta_{\text{перед}} u_{1 \text{ перед}} + u_{2 \text{ перед}} x \frac{1}{2} (\eta_{\text{перед}} - \eta_{\text{после}}) + \eta_{\text{перед}}}{u_1 + u_2}, \quad (8)$$

$$\eta_{\text{после}} = \frac{\eta_{\text{после}} u_{1 \text{ после}} + u_{2 \text{ перед}} x \frac{1}{2} (\eta_{\text{перед}} - \eta_{\text{после}}) + \eta_{\text{перед}}}{u_1 + u_2}. \quad (9)$$

Чтобы рассчитать степень очистки рукавного фильтра до и после регенерации, необходимо вычислить скорость фильтрации первой и второй секций до и после регенерации. Рассчитаем скорость фильтрации первой и второй секций до регенерации первой секции. Согласно [4] расход газа на рукавном фильтре $Q = const$. Согласно [3] гидравлическое сопротивление односекционного рукавного фильтра ФРКИ до регенерации $\Delta p_{\text{тп перед}} = 2000$ Па, после — $\Delta p_{\text{тп после}} = 800$ Па. Отсюда гидравлическое сопротивление каждой секции двухсекционного фильтра до регенерации первой секции равно:

$$\Delta p_{\text{тп1}} = \Delta p_{\text{тп2}} = 2000 \text{ Па}. \quad (10)$$

Сопротивление ткани до регенерации равно:

$$\Delta p_{\text{перед тп}} = \Delta p_{\text{р}} + \Delta p_{\text{пс}} \quad (11)$$

где: $\Delta p_{\text{р}}$ — сопротивление равномерно запыленной ткани; $\Delta p_{\text{пс}}$ — сопротивление слоя пыли, накопленной после регенерации.

Сопротивление равномерно запыленной ткани определяется по формуле:

$$\Delta p_{\text{р}} = \frac{\xi_{\text{р}} u^2 \rho}{2}, \quad (12)$$

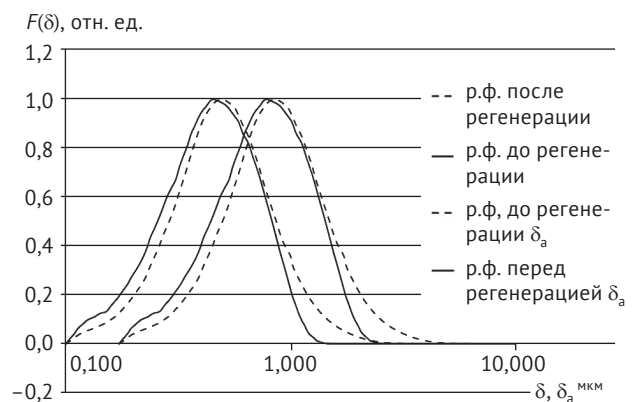


Рис. 5. Функции распределения частиц по размерам для геометрических и аэродинамических диаметров до и после регенерации на выходе односекционного рукавного фильтра, приведенные к максимальным значениям

где: ξ_p — коэффициент гидравлического сопротивления; ρ — плотность аэрозольного потока, г/см³.

Согласно [4], сопротивление слоя пыли, накопленной после регенерации, равно:

$$\Delta p_{пс} = k_{пс} c_{вх} u^2 \tau, \quad (13)$$

где $k_{пс}$ — коэффициент удельного сопротивления пылевых слоев на ткани, н · мин/(кг · м). Согласно [4], для тонкой цементной пыли $k_{пс} = 1270$ н · мин/(кг · м); $c_{вх}$ — концентрация пыли на входе рукавного фильтра кг/м³; $c_{вх} = 10$ г/м³ = 0,01 кг/м³; u — скорость фильтрации, м/мин. Согласно [3], скорость фильтрации для односекционных фильтров с импульсной регенерацией колеблется в интервале $u = 1,5-2,5$ м/мин. Откуда $u_{ср} = 2$ м/мин.

Из (10), учитывая (11) и (12), получаем:

$$\frac{\xi_p \rho u_{10}^2}{2} + k_{пс} c_{вх} u_{10}^2 \tau = \frac{\xi_p \rho u_{20}^2}{2} + k_{пс} c_{вх} u_{20}^2 \tau = 2000 \text{ Па}, \quad (14)$$

$$\frac{\xi_p \rho u_1^2}{2} + k_{пс} c_{вх} u_1^2 \tau_p = \frac{\xi_p \rho u_2^2}{2} + \frac{k_{пс} c_{вх} u_2^2 \tau_p}{2} = 2000 \text{ Па}, \quad (15)$$

где τ_p — период регенерации одной секции, мин.

Период регенерации секции рукавного фильтра определяется по формуле:

$$\tau_p = \frac{\Delta p}{k c u^2} = \frac{1200}{1270 \times 10^{-2} \times 2^2} = 23,6 \text{ мин} \quad (16)$$

(для $u_{ср} = 2$ м/мин).

Для односекционного фильтра из (12):

$$800 = \frac{\xi_p E 1,29 E \left(\frac{2,5}{60} \right)^2}{2}.$$

Отсюда

$$\xi_p = \frac{2 \times 800 \times 3600}{1,29 \times 6,25} = 7,14 \cdot 10^5,$$

$$\xi_p = 7,14 \times 10^5 \text{ (для м/с)} = 198 \text{ (для м/мин)}.$$

Из (15) скорость фильтрации первой и второй секций рукавного фильтра до регенерации первой секции рукавного фильтра равна:

$$u_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 2000}{\xi_p \rho + 2 k_{пс} c_{вх} \tau_p}} = 2,16 \text{ м/мин}, \quad (17)$$

$$u_1 = \sqrt{\frac{2 \times 2000}{\xi_p \rho + 2 k_{пс} c_{вх} \frac{\tau_p}{2}}} = 2,67 \text{ м/мин}. \quad (18)$$

Рассчитаем скорость фильтрации первой и второй секций после регенерации первой секции. Исходя из того, что $Q = const$, получаем:

$$u_1 + u_2 = 2 u_{ср}. \quad (19)$$

Из (10):

$$\Delta p_{тп2} - \Delta p_{тп1} = 0.$$

После регенерации первой секции сопротивление первой и второй секций равно:

$$\Delta p_{тп1} = \xi_p \frac{\rho u_{1 \text{ после } p1}^2}{2}, \quad (20)$$

$$\Delta p_{тп2} = \xi_{\text{перед } p1} \frac{\rho u_{2 \text{ после } p1}^2}{2}. \quad (21)$$

где $\xi_{\text{перед } p1}$ — гидравлическое сопротивление второй секции после регенерации первой секции, которое равно:

$$\xi_{\text{перед } p1} = \frac{2 \times 2000}{\rho u^2} = \frac{4000}{1,29 \times 2,67^2} = 435 \text{ (для м/мин)}. \quad (22)$$

Из (19), (20) и (21) составим систему:

$$\begin{cases} \xi_{\text{перед } p1} \frac{\rho u_{2 \text{ после } p1}^2}{2} - \xi_p \frac{\rho u_{1 \text{ после } p1}^2}{2} = 0 \\ u_{2 \text{ после } p1} + u_{1 \text{ после } p1} = 2 u_{ср}, \end{cases} \quad (23)$$

$$\begin{cases} \frac{435 \cdot 1,29 u_{2 \text{ после } p1}^2}{2} - \frac{198 \cdot 1,29 u_{1 \text{ после } p1}^2}{2} = 0 \\ u_{2 \text{ после } p1} + u_{1 \text{ после } p1} = 4,83, \\ \frac{435 \cdot 1,29 \cdot (4,83 - u_{1 \text{ после } p1})^2}{2} - \frac{198 \cdot 1,29 u_{1 \text{ после } p1}^2}{2} = 0 \\ u_{2 \text{ после } p1} = 4,83 - u_{1 \text{ после } p1}, \end{cases}$$

$$280,575 x (23,3289 - 9,66 u_1 + u_1^2) - 127,71 u_1^2 = 0,$$

$$6545,5061 - 2710,3545 u_1 + 152,865 u_1^2 = 0,$$

$$D = 3343706,$$

$$u_1 = 2,88,$$

$$u_2 = 14,85,$$

$$\begin{cases} u_1 = 2,88 \\ u_2 = 1,95 \end{cases}$$

Найденная скорость фильтрации секций до и после регенерации по (8) и (9) позволяет рассчитать степень очистки до и после регенерации. По найденным значениям степени очистки по (3) находим функ-

ции распределения на выходе рукавного фильтра до и после регенерации для двухсекционного рукавного фильтра. Далее рассчитаны δ_{32} для найденных функций распределения двухсекционного рукавного фильтра до и после регенерации. Значение δ_{32} до регенерации составит $\delta_{32 \text{ до рег.}} = 0,414$ мкм, после регенерации $\delta_{32 \text{ после рег.}} = 0,402$ мкм. Аэродинамические диаметры для цемента плотностью 3000 кг/м^3 соответственно равны $\delta_{a32 \text{ до рег.}} = 0,717$ мкм и $\delta_{a32 \text{ после рег.}} = 0,696$ мкм. Таким образом, разность δ_{32} до и после регенерации для двухсекционного рукавного фильтра составляет $0,012$ мкм, что меньше минимальной разности δ_{32} до и после регенерации для односекционного рукавного фильтра ($\Delta\delta_{32} = 0,0314$ мкм).

4. Заключение

Контроль среднего объемно-поверхностного диаметра частиц позволяет определять выбросы наиболее опасных для окружающей среды и здоровья человека взвешенных частиц, повышать эффективность пылеулавливания, более объективно оценивать рассеивание взвешенных частиц в атмосфере. Средний объемно-поверхностный диаметр взвешенных частиц в выбросах цементного производства позволяет восстанавливать функцию распределения частиц по размерам.

Средний объемно-поверхностный диаметр взвешенных частиц изменяется при различных режимах работы пылеулавливающего оборудования. Оценка изменения среднего объемно-поверхностного диаметра δ_{32} на выходе рукавного фильтра двухступенчатой системы очистки показала, что наибольшие изменения δ_{32} происходят в результате варьирования дисперсного состава цементного аэрозоля, поступающего на очистку. Регенерация рукавного фильтра приводит к меньшим колебаниям значения δ_{32} , причем по мере возрастания количества секций рукавного фильтра значение δ_{32} меньше изменяется в результате регенерации, колебания скорости очистки на первой ступени приводят к наименьшим изменениям значения δ_{32} .

Обозначения

C — концентрация аэрозольных частиц, г/м^3 ;
 k — коэффициент удельного сопротивления,
 $\text{н} \cdot \text{мин}/(\text{кг} \cdot \text{м})$;

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяченко В.В., Чартий П.В., Чартий Р.П., Шеманин В.Г. Контроль аэрозолей в приземном слое атмосферы // Безопасность в техносфере. 2008. № 3. С. 36–43.
2. Привалов В.Е., Чартий П.В., Шеманин В.Г. Повышение эффективности работы пылегазоочистного оборудования с помощью автоматического лазерного измерителя

M — выброс аэрозольных частиц, г/с ;
 Δp — гидравлическое сопротивление, Па;
 Q — расход газа, $\text{м}^3/\text{с}$;
 u — скорость фильтрации секции рукавного фильтра, м/с ;
 w — скорость очистки газов, м/с ;
 δ — диаметр частиц, мкм;
 δ_a — аэродинамические диаметры, мкм;
 δ_{32} — средний объемно-поверхностный диаметр частиц, мкм;
 ξ — безразмерный коэффициент гидравлического сопротивления;
 η — безразмерная степень очистки;
 ρ — плотность вещества частиц, кг/м^3 ;
 τ_p — период регенерации одной секции, мин;
 $F(\delta)$ — безразмерная функция распределения частиц по размерам.

Индексы

вх — на входе рукавного фильтра;
 вых — на выходе рукавного фильтра;
 $\text{вх } i$ — на входе i -й ступени очистки;
 $\text{вых } i$ — на выходе i -й ступени очистки;
 до рег min — минимальное значение до регенерации;
 до рег max — максимальное значение до регенерации;
 опт. +15\% — на 15% больше оптимальной скорости очистки газов;
 опт. -15\% — на 15% меньше оптимальной скорости очистки газов;
 $\text{перед } p_1$ — до регенерации первой секции;
 $\text{после } p_1$ — после регенерации первой секции;
 перед — до регенерации;
 после — после регенерации;
 после рег min — минимальное значение после регенерации;
 после рег max — максимальное значение после регенерации;
 p_c — пылевой слой;
 p — равномерно запыленная ткань;
 c — секция рукавного фильтра;
 ср — средняя;
 тп — система ткань-пыль;
 i — i -я ступень очистки;
 1 — первая секция рукавного фильтра;
 2 — вторая секция рукавного фильтра.

- концентрации твердых частиц // Экологические системы и приборы. 2002. № 10. С. 21.
3. Справочник по пыле- и золоулавливанию / Под общ. ред. А.А. Русанова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 312 с.
4. Ужов В.Н. Очистка промышленных газов от пыли. М.: Химия, 1981. — 392с.

5. Чартий П.В., Половченко С.В. Восстановление функции распределения частиц по размерам с использованием методов лазерного зондирования // Безопасность в техносфере. 2014. Т. 3. № 6. С. 37–42.
6. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. — 3-е изд., перераб. Ленинград: Химия, 1987. — 264 с.
7. ГОСТ Р ИСО 7708–2006 Качество воздуха. Определенные гранулометрического состава частиц при санитарно-гигиеническом контроле.
8. Веденин Е.И., Чартий П.В., Шеманин В.Г. Лазерная система предупреждения аварийных выбросов промышленных аэрозолей в атмосферу // Известия ВУЗов. Физика. 2013. Т. 56, вып. 8/3. С. 278–280.
9. Веденин Е.И., Чартий П.В., Шеманин В.Г. Лазерная система предупреждения аэрозольных выбросов // Безопасность в техносфере. 2014. № 5(50)сентябрь–октябрь. С.25–31.
10. Половченко С.В., Семенычева О.В., Чартий П.В. Математическое моделирование трансформации спектров размеров частиц в аэродисперсных потоках// Научные труды SWorld. 2012. Т. 14. № 4. С. 11–22.

REFERENCES

1. Dyachenko V.V., Chartiy P.V., Chartiy R.P., Shemanin V.G. Control of aerosols in the surface layer of atmosphere. Safety in technosphere. 2008, I. 3, pp. 36–43. (in Russian)
2. Privalov V.E., Chartiy P.V., Shemanin V.G. Improving the efficiency of the dust-cleaning equipment with the help of automatic laser measuring concentration of solid particles. Ecological systems and devices. 2002, I. 10, pp. 21. (in Russian)
3. Rusanov A.A. Handbook of dust and ash collection. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1983. 312 p. (in Russian)
4. Uzhov V.N. Purification of industrial gases from dust. Moscow, Chemistry Publ., 1981. 392 p. (in Russian)
5. Chartiy P.V., Polovchenko S.V. Reconstruction of Function of Particles Distribution by Sizes with Laser Sensing Method Use. Safety in technosphere. 2014, V. 3, I. 6, pp. 37–42. (in Russian)
6. Kouzov P.A. Framework for the analysis of disperse composition of industrial dusts and the crushed materials. Leningrad, Chemistry, 1987. 264 p. (in Russian)
7. GOST R ISO 7708-2006 Air quality. Particle size fraction definitions for health-related sampling. (in Russian)
8. Vedenin E.I., Chartiy P.V., Shemanin V.G. Laser warning system for accidental releases of industrial aerosols in the atmosphere. *Izvestiya VUZov. Fizika*. [Proceedings of institutes of higher education. Physics]. 2013, V. 56, I. 8/3, pp. 278–280.
9. Vedenin E.I., Chartiy P.V., Shemanin V.G. The aerosol emissions prevention laser system. Safety in technosphere. 2014, I. 5(50), pp. 25–31. (in Russian)
10. Polovchenko S.V., Semenycheva O.V., Chartiy P.V. Mathematical modeling transformation of the particle size in Aerodisperse FLOWS. Scientific Studies SWorld. 2012, V. 14, I. 4, pp. 11–22. (in Russian)

Particle Size Distribution Functions at Dust Separation Equipment's Various Operating Modes

E.I. Vedenin, Postgraduate Student, Novorossiysk Polytechnic Institute (Branch) of Kuban State Technological University

S.V. Polovchenko, Senior Lecturer, Novorossiysk Polytechnic Institute (Branch) of Kuban State Technological University

P.V. Chartiy, Ph.D. of Physics and Mathematics, Associate Professor, Novorossiysk Polytechnic Institute (Branch) of Kuban State Technological University

V.G. Shemanin, Doctor of Physics and Mathematics, Head of Chair, Novorossiysk Polytechnic Institute (Branch) of Kuban State Technological University

The size-consist measure is an aerosol particle distribution function (PDF). The suspended particles' size-consist affects their behavior during the dust separation process, their behavior in the atmosphere, and on the degree of their negative impact on the environment and human health. A numeric parameter allowing recover the particle size distribution function is the mean volumetrically-superficial particle diameter. This diameter changes during the dust separation equipment's various operating modes. Therefore, the suspended particles' size-consist control through the mean volumetrically-superficial particle diameter measuring allows determine the most harmful to the environment and human health suspended particle emissions, and more objectively calculate the suspended particle dispersion in the atmosphere.

Keywords: cement production, size-consist, particle distribution function, mean volumetrically-superficial diameter, bag hose, suspended particle concentration.