

УДК 621.928.9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОМБИНИРОВАННОГО ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ С ЗЕРНИСТЫМ СЛОЕМ НА
ОСНОВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ПОТОКОВ

А. В. АКУЛИЧ, В. М. ЛУСТЕНКОВ, Ю. В. ЧЕПЕЛЕВИЧ, А. А. АКУЛИЧ

Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»
Могилев, Беларусь

Развитие промышленности в условиях повышения энергоэффективности производства при проведении различных процессов, в том числе и процессов очистки газов, связано с разработкой и внедрением высокоэффективного комбинированного оборудования, основанного на совмещении нескольких способов.

Выбор пылеуловителя нового типа под определенную технологическую задачу осуществляется на основании его технических характеристик, таких как гидравлическое сопротивление, коэффициент гидравлического сопротивления и эффективность улавливания. Расчет технических характеристик должен производиться на основании методики расчета, учитывающей особенности конструкции и гидродинамики пылеуловителя.

В работе представлены результаты теоретических исследований гидродинамики созданной конструкции комбинированного пылеуловителя с зернистым слоем. Особенностью данного аппарата является совмещение в едином энергетическом поле центробежной очистки в системе взаимодействующих вихревых потоков и фильтрации через слой зернистого материала.

Комбинированный пылеуловитель с зернистым слоем работает следующим образом. В камеру центробежного отделения в определенном соотношении через периферийный и центральный патрубки подается газовзвесь. В системе взаимодействующих вихревых потоков, закрученных в одном направлении и движущихся навстречу друг другу, происходит отделение крупной фракции. Сохраняя энергию вращения, предварительно очищенный газ перераспределяется на стадию фильтрации через слой зернистого материала, расположенный вокруг камеры центробежного отделения в кольцевом канале, где происходит доочистка от мелкодисперсных частиц.

На основе уравнения энергетического баланса потоков, подаваемых в периферийный и центральный входные патрубки комбинированного пылеуловителя, получена зависимость для определения гидравлического сопротивления разработанного аппарата:

$$\Delta P_0 = k\Delta P_1 + (1 - k)\Delta P_2 + \Delta P_3, \quad (1)$$

где ΔP_1 , ΔP_2 , ΔP_3 – гидравлическое сопротивление соответственно периферийного и центрального потоков, стадии фильтрования, Па; k – кратность потоков – отношение расхода газа подаваемого через периферийный входной патрубков к общему расходу газа через аппарат.

Установлено, что затраты энергии стадии фильтрования в значительной степени определяются физико-механическими свойствами зернистого материала, структурой слоя, его геометрическими размерами, а также скоростью фильтрования. В результате получена зависимость для расчета гидравлического сопротивления комбинированного пылеуловителя с зернистым слоем с учетом особенностей стадии фильтрования:

$$\Delta P_0 = k\Delta P_1 + (1 - k)\Delta P_2 + \left[5,47 \frac{(1-\varepsilon)^2 \rho H_{cl} w_{\phi}^2}{\varepsilon^3 d_s} \right], \quad (2)$$

где H_{cl} – высота зернистого слоя, м; $d_s = \sqrt[3]{6V/\pi}$ – эквивалентный диаметр частицы зернистого слоя, м; V – объем частицы зернистого слоя, м³; ε – порозность слоя; ρ – плотность газа, кг/м³; w_{ϕ} – скорость фильтрования, м/с.

Преобразованием (1), показано отношение расхода газа в аппарате к плановой скорости в камере центробежного отделения, найдено уравнение для определения коэффициента гидравлического сопротивления (ζ_0) комбинированного пылеуловителя с зернистым слоем, учитывающее режимные и конструктивные особенности стадии фильтрования:

$$\zeta_0 = \zeta_1 k^3 + \zeta_2 (1 - k)^3 + \zeta_3 \frac{d_k^4}{(D_a^2 - d_k^2)^2}, \quad (3)$$

где ζ_1 , ζ_2 , ζ_3 – коэффициенты гидравлического сопротивления аппарата при подаче газа соответственно через периферийный и центральный патрубки, стадии фильтрования; D_a – диаметр аппарата, м; d_k – диаметр камеры центробежного отделения, м.

В результате исследования эффективности улавливания двухстадийного процесса очистки газа в системе двух взаимодействующих вихревых потоков и фильтрованием через слой зернистого материала, с учетом изменения эффективности улавливания на стадии фильтрования во времени, получена новая зависимость для расчета эффективности улавливания комбинированного пылеуловителя с зернистым слоем:

$$\eta = \left[1 - (1 - kF(x_1) + (1 - k)F(x_2))(1 - e^{-K_{cl}(a-b)}) \right] 100, \quad (4)$$

где $F(x_1)$, $F(x_2)$ – интегралы вероятности для периферийного потока и центрального потока; a и b – коэффициенты, характеризующие протекание процесса по времени; K_{cl} – коэффициент захвата, характеризующий влияние свойств пыли, зернистого материала и режимов фильтрования.

Расчетные зависимости гидравлического сопротивления и эффективности улавливания хорошо согласуются с результатами экспериментальных исследований. Результаты исследований положены в основу методики расчета комбинированных пылеуловителей данного типа.