

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОКРОГО ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ

Семенов С.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Предложен расчет основных показателей мокрого пылеуловителя, инерционно-ударного типа, предназначенного для улавливания мелкодисперсных, плохосмачиваемых пылей органического происхождения.

Мокрый пылеуловитель инерционно-ударного типа [1], разработан для улавливания мелкодисперсных пылей с начальной концентрацией в газовом потоке не более 10 г/м^3 . При более значительных содержаниях твердых частиц в газовом потоке энергозатраты на обратное водоснабжение, подпитку рабочей жидкости, значительно возрастают и более экономичным становится применение многоступенчатой схемы очистки. В качестве первой ступени очистки обычно применяют циклоны различных модификаций или другие аппараты «сухого» типа [2].

Одним из наиболее важных показателей пылеулавливающей техники, является эффективность фракционной очистки. Для указанного пылеуловителя этот показатель рассчитывается по формуле:

$$\eta = A(v^3/v_r q)^m f (\gamma_n \delta_o^2 v_r / \gamma_r v_r h)^n f (\Delta/h)^k \quad (1)$$

где γ_n - удельный вес пыли, кг/м^3

γ_r - удельный вес газа, кг/м^3

δ_o - средний диаметр фракции, м

h - высота наименьшего сечения канала, м

v - скорость газа, м/с

q - ускорение свободного падения, м/с^2

ν - коэффициент кинематической вязкости, $\text{м}^2/\text{с}$

Δ - уровень жидкости относительно высоты импеллера, м

Экспериментальным путем определялись значения постоянных коэффициентов A , m , n , k , использование которых дает удовлетворительную точность при расчете фракционной эффективности очистки, однако некоторые из коэффициентов нуждаются в уточнении при добавлении в рабочую жидкость поверхностно-активных веществ (ПАВ). Численные значения коэффициентов приведены в таблице.

Значения постоянных коэффициентов

Таблица

Рабочая жидкость	Re	Stk	A	m	n	k
вода	$47,2 \cdot 10^2$	1,0	0,912	0,001	0,033	0,061
вода	$47,2 \cdot 10$	1,0	1,435	0,027	0,032	0,061
вода	$47,2 \cdot 10$	1,0	0,929	0,001	0,008	0,061
вода	$47,2 \cdot 10$	1,0	1,478	0,026	0,007	0,061

При наличии данных о дисперсном составе пыли и фракционной эффективности общий коэффициент очистки газа от пыли рассчитывается по формуле:

$$\eta_0 = (\alpha_1 \eta_1 + \alpha_2 \eta_2 + \dots + \alpha_i \eta_i) / 100 \quad (2)$$

где α_i - содержание данной фракции в исходной пыли, % веса;

η_i - степень улавливания данной фракции пыли в долях единицы.

Одним из основных экономических показателей аппаратов, предназначенных для очистки газов от пыли, является гидравлическое сопро-

тивление. В сухом состоянии сопротивление пылеуловителя складывается из сопротивлений его отдельных элементов, а именно: каналов импеллеров, сепаратора (каплеуловителя), камеры запыленного воздуха, камеры чистого воздуха.

Величина потерь давления в камере чистого и запыленного воздуха, по сравнению с другими элементами пылеуловителя, для инженерных расчетов малозначительны и в дальнейших расчетах не учитывались. Потерю давления в сухом аппарате H_c можно выразить:

$$H_c = H_{и} + H_c \quad (3)$$

где: $H_{и}$ – сопротивление сухого импеллера, Па
 H_c – сопротивление сепаратора, Па

Гидравлическое сопротивление импеллера можно выразить формулой:

$$H_{и} = \xi w_r^2 \gamma_2 / 2q \quad (4)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления импеллера, 2,25
 w_r – скорость воздуха в наименьшем сечении канала импеллера, м/с

Сопротивление сепаратора рассчитывается по формуле:

$$H_c = \xi_c v_r^2 \rho / 2 \quad (5)$$

где ξ_c – коэффициент гидравлического сопротивления сепаратора
 v_r – критическая скорость газов в инерционных сепараторах (для уголковых сепараторов оптимальная скорость составляет 5 – 6 м/с)
 ρ – плотность газа.

Для вертикальных и горизонтальных пакетов уголкового профиля коэффициент гидравлического сопротивления ξ_c составляет:

$$\xi_c = (2,4n - 2) ctq^2 \gamma \quad (6)$$

Следует иметь в виду, что при работе пылеуловителя с рабочей жидкостью, его гидравлическое сопротивление значительно возрастает, т.к. дополнительная энергия движущегося газа расходуется на эжекцию жидкости в импеллер и дальнейшее движение двухфазного потока.

При возрастании скорости движения газа разность между сопротивлением сухого импеллера и импеллера с рабочей жидкостью стремится к нулю. Следовательно, расход рабочей жидкости через канал, при увеличении скорости газа выше определенных значений (для ротоклонов 18-21 м/с), уменьшается и при скорости от 30-35 м/с практически прекращается совсем. Этот предел в значительной степени зависит от начального уровня рабочей жидкости в бункере пылеуловителя по отношению к импеллеру.

При невысоких скоростях энергии движущегося газа для эжекции рабочей жидкости недостаточно, происходит барботаж газа и эффективность очистки пылеуловителя резко падает. При работе аппарата с жидкостью, в рекомендованных режимах, гидравлическое сопротивление пылеуловителя можно описать выражением:

$$H_c / \rho w_r^2 = 11,2 \cdot 10^3 (w_r^2 / v_r q)^{-0,49} f (\Delta / h)^{0,57} \quad (7)$$

Проверка уравнений (4) и (7) показала, что они отражают средние значения гидравлических сопротивлений сухого пылеуловителя и пылеуловителя в рабочем состоянии. Отклонения экспериментальных значений от расчетных лежат в пределах 10%. Анализ полученных результатов подтверждает вывод о том, что оптимальная скорость газов, при очистки в пылеуловителе, лежит в пределах 18-20 м/с. Зависимости (4) и (7) справедливы в следующих пределах определяющих критериев: Рейнольдса, $Re_r = 7,05 \cdot 10^3 \div 2,30 \cdot 10^6$ и условного симплекса геометрического подобия, характеризующего время и поверхность контакта газа и жидкости, $\Gamma = 0,55 \div 2,45$.

При подборе объема бункера пылеуловителя, следует учитывать неравномерность работы пылеобразующего оборудования, вынужденную, вследствие уноса жидкости, подпитку. С увеличении производительности пылеуловителя, резко возрастает длина рабочего канала, это приводит к увеличению общих габаритных размеров аппарата и затрудняет его использование в условиях производства. В таких услови-

ях более целесообразно использовать схему из двух параллельно установленных пылеуловителей.

Выводы

1. Таким образом, предложенные зависимости дают возможность расчета и подбора различных модификаций мокрых пылеуловителей типа ротоклон, применительно к различным производственным пылям, фракционную и общую эффективность очистки газов, гидравлическое сопротивление основных частей и всей установки в целом.
2. Затраты энергии в рассматриваемом пылеуловителе лежат в пределах от 1,5 до 3,0 кПа, что позволяет отнести его к группе средненапорных пылеуловителей [3]. Эффективность очистки высоконапорных пылеуловителей, по этой же классификации, с энергозатратами более 3,0 кПа, не превышает эффективности очистки разработанного аппарата, что дает экономические и эксплуатационные преимущества последнему при его использовании на производстве.

Литература

1. Семенов С. В., Бандуркин С.К. Новые устройства для очистки воздуха от полиэфирной пыли. Судостроительная промышленность. Серия. Промышленная энергетика, охрана окружающей среды и энергоснабжения судов. ЦНИИ «Румб» Выпуск 2, 1986 - 55-57 с.
2. Алиев Г. М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. Справочное издание.- М.: Металлургия, 1986 – 544с.
3. Родионов А. И., Клушин В. Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Химия, 1989 – 512с.