

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ В ДВУХФАЗНОМ ПОТОКЕ

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

Исследованы процессы пылеулавливания в двухфазном потоке, возникающем в пылеуловителях инерционно-ударного типа при добавлении в рабочую жидкость пенообразующих добавок.

Как было установлено в работах [1,2], для увеличения эффективности улавливания пыли мокрыми пылеуловителями инерционно-ударного типа, при работе по улавливанию плохо смачиваемых, взрывоопасных полимерных пылей, целесообразно использовать пенообразователи. Пенный способ улавливания пылей, основанный на промывке газа в слое высокоподвижной турбулентной пены, является одним из наиболее эффективных способов.

Очистка газа от взвешенных частиц происходит при прохождении его через слой непрерывно обновляемой пены, которая создается в рабочей зоне аппарата за счет кинетической энергии самого газа. Улавливание частичек пыли в слое нестабильной пены, происходит в основном за счет турбулентного переноса, а так же под действием на частицы направленных инерционных сил.

Исследование механизма улавливания пыли в аппаратах ударно-инерционного типа [2, 3] показало, что основным препятствием, затрудняющим захват и оседание мелкодисперсных частиц пыли на поверхности жидкости, является пограничный газовый слой, в котором затухают турбулентные пульсации газового потока. В пенных аппаратах преодоление частицей этого ламинарного пограничного слоя возможно только за счет инерции, приобретаемой в момент выброса частицы из турбулентного ядра. Аналогичное влияние на частицу оказывают и направленные инерционные силы. Последнее обстоятельство приобретает важное значение при улавливании гидрофобной пыли, т.к. для надежного захвата и закрепления таких частиц скорость соударения с поверхностью жидкости требуется в 3 – 4 раза большая, чем для гидрофильной пыли.

Скорость процесса мокрого пылеулавливания зависит от многих факторов, главными из которых являются, скорость газового потока,

площадь поверхности осаждения, концентрация, свойства пыли и орошающей жидкости. Как было установлено [2, 4], развитие поверхности взаимодействия и время контакта газа с жидкостью в пенной слое характеризуется величиной H/S , зависимость последней от определяющих факторов выражена уравнением:

$$H/S = \varphi \left\{ \omega_{\Gamma} S / \nu_{\Gamma}, \omega_{\text{ж}} S / \nu_{\text{ж}}, \sigma / \gamma_{\text{ж}} S^2, \omega_{\Gamma}^2 / qS, (\gamma_{\text{ж}} - \gamma_{\Gamma}) / \gamma_{\Gamma}, \gamma_{\text{ж}} / \gamma_{\Gamma} \right\} \quad (1)$$

где H – высота слоя пены, м.

S – линейный размер, влияющий на характер взаимодействия фаз.

ω – скорость фазы.

$\nu_{\Gamma}, \nu_{\text{ж}}$ – коэффициент кинематической вязкости.

σ – коэффициент поверхностного натяжения.

q – ускорение силы тяжести.

$\gamma_{\Gamma}, \gamma_{\text{ж}}$ – удельный вес газа и жидкости.

Кроме того, это уравнение включает в себя физические величины, характеризующие свойства жидкости:

$Re_{\Gamma} = \omega_{\Gamma} S / \nu_{\Gamma}$ – критерий Рейнольдса для газа, характеризующий степень турбулизации газовой фазы;

$Re_{\text{ж}} = \omega_{\text{ж}} S / \nu_{\text{ж}}$ – критерий Рейнольдса для жидкой фазы;

$We = \sigma / \gamma_{\text{ж}} S^2$ – критерий Вебера, характеризующий соотношение сил тяжести и поверхностного натяжения;

$Fr_{\Gamma} = \omega_{\Gamma}^2 / qS$ – критерий Фруда, являющийся мерой соотношения сил инерции газа и сил тяжести;

$A_{\Gamma} = \gamma_{\text{ж}} - \gamma_{\Gamma} / \gamma_{\Gamma}$ – симплекс Архимеда, характеризующий влияние весов жидкости и газа на пенообразование;

$N = \nu_{\text{ж}} / \nu_{\Gamma}$ – симплекс, характеризующий влияние сил внутреннего трения жидкости и газа.

$\Gamma = H/S$ – условный симплекс геометрического подобия, характеризующий время и поверхность контакта газа и жидкости.

При характеристике работы сухих пылеуловителей влияние физических свойств пыли обычно выражают через критерий Стокса. Учитывая, что основным препятствием на пути движения частиц пыли к поверхности осаждения, является пограничный газовый слой. А характер движения частиц в силу их высокой дисперсности, через пограничный слой ламинарный. В рассматриваемых условиях, для оценки физических свойств пыли, также можно использовать критерий Стокса. Тогда критериальное уравнение процесса улавливания частиц пыли в двухфазной среде для установившегося режима примет вид:

$$K_{\text{л}} = \varphi (R_{\text{лг}}, R_{\text{лж}}, F_{\text{гг}}, W_{\text{л}}, A_{\text{г}}, N, \text{Stk}, \Gamma) \quad (2)$$

Или в развернутом виде:

$$K_{\text{об.}} \omega_{\text{г}}/q = \varphi \{ \omega_{\text{г}} S / v_{\text{г}}, \omega_{\text{ж}} S / v_{\text{ж}}, \sigma / \gamma_{\text{ж}} S^2, \omega_{\text{г}}^2 / q S, (\gamma_{\text{ж}} - \gamma_{\text{г}}) / \gamma_{\text{г}}, v_{\text{ж}} / v_{\text{г}}, \gamma_{\text{п}} d_0^2 \omega_{\text{г}} / \gamma_{\text{г}} v_{\text{г}} S, H/S \} \quad (3)$$

В уравнение (2), кроме рассматриваемых критериев, входят:

$K_{\text{п}} = K_{\text{об.}} \omega_{\text{г}}/q$ – критерий, содержащий объемный коэффициент пылеулавливания, характеризующий количество пыли улавливаемой за единицу времени в объеме двухфазного слоя 1 м^3 при разности концентраций пыли 1 г/м^3 ;

$\text{Stk} = \gamma_{\text{п}} d_0^2 \omega_{\text{г}} / \gamma_{\text{г}} v_{\text{г}} S$ – критерий Стокса,

где $\gamma_{\text{п}}$ – удельный вес пыли, кг/м^3 ;

d_0 – диаметр частицы пыли, м.

Вывод

Режимы совместного течения газа и жидкости очень разнообразны, охватывают все возможные состояния: от движения двух сплошных параллельных потоков, до движения потока пены, представляющей собой сложную и неустойчивую структуру. Многообразное движение двухфазных потоков затрудняет строгое математическое описание,

поэтому важное значение в этих условиях приобретает метод теории подобия, позволяющий получить общий вид критериальных уравнений и статистические методы планирования эксперимента, обработки экспериментальных данных. Конкретное приложение этого метода при исследовании мокрых пылеуловителей инерционно-ударного типа позволило резко снизить затраты при разработке и проектировании конкретного аппарата.

Литература

1. Семенов С. В., Милетич А. Ф. Мероприятия по снижению энергозатрат на очистку вентиляционных выбросов в мебельном производстве. Сборник научных трудов. – Пермь: Пермский политехнический институт, 1986 – 116с.
2. Семенов С. В., Стоянов Н.И. Оптимизация эксплуатационных режимов мокрого пылеуловителя. Сборник научных трудов. – Пермь: Пермский региональный центр министерства науки, вузов и технической политики РФ. Пермский государственный технический университет, 1993 – 78с.
3. Семенов С. В. Пылеуловитель ротоклонного типа. Промышленность строительных материалов, Серия 2, Выпуск 7 –М.: Министерство промышленности строительных материалов, 1987 – 21с.
4. Коузов П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – Л.: Химия, 1987. – 162с.