

В.И. ГЛУХОВСКИЙ, Д.Н. ХУДОКОРМОВ,
О.А. БЕЛЫЙ, В.С. КОВАЛЕВИЧ, А.Н. БУТЫЛО

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА УЛАВЛИВАНИЯ ПЫЛИ

При очистке ваграночных газов от пыли в мокрых пылеуловителях основную роль играет инерционное осаждение. Этот механизм пылеулавливания определяется размером капель и относительной скоростью взаимодействующих твердых и жидких частиц. Однако интервалы варьирования этих двух факторов не позволяют обеспечить высокую эффективность улавливания мелких фракций пыли в существующих аппаратах очистки.

С целью повышения коэффициента захвата мелкодисперсных частиц лабораторией ОНИЛОгаз разработан способ очистки высокотемпературных газовых потоков. Его сущность заключается в том, что ваграночные газы последовательно контактируют в мокром пылеуловителе с орошающей жидкостью, а затем с водовоздушной фазой, в которой присутствует сжатый воздух. Для диспергирования водовоздушной фазы применяются пневматические форсунки высокого давления.

Коагуляция взаимодействующих фаз при данном способе очистки происходит благодаря механизмам инерционного осаждения частиц и конденсации пара. В начальный момент взаимодействия определяющим фактором являются силы инерции. При выходе из пневматических форсунок водовоздушный поток обладает высокой скоростью истечения, насыщен высокодисперсной капельной жидкостью. Коэффициент инерционного осаждения при этом имеет максимальное значение за счет развитой и сильно турбулированной поверхности контакта. Однако в процессе движения капель их скорость уменьшается под действием силы аэродинамического сопротивления газовой среды и силы тяжести. При этом происходит укрупнение капель, что приводит к их гравитационному осаждению.

Применение пневматических форсунок в мокром пылеуловителе наряду с инерционным осаждением пыли способствует интенсивному протеканию процессов междуфазового тепло- и массообмена.

В результате контактов высокотемпературного газового потока с облаком мелких капель происходит их интенсивное испарение, охлаждение и перенасыщение парами воды. Далее наблюдается осаждение паров жидкости на ядрах конденсации, которыми могут служить в равной степени как капли, так и частицы пыли. Процесс укрупнения частиц при конденсации на них жидкости является определяющим среди процессов, происходящих в верхней части мокрого пылеуловителя.

Описание данного механизма осаждения частиц пыли при использовании пневматических форсунок можно представить с помощью следующих основных математических зависимостей:

$$\left. \begin{aligned}
 m \frac{dW}{d\tau} &= F_c ; \\
 \frac{dz}{z} &= \frac{3W_{o.r} \eta_{Stk}}{2W d_{\kappa}} dl ; \\
 \eta_{Stk} &= \frac{Stk^2}{(Stk + 0,35)^2} ; \\
 Stk &= \frac{\rho_{\text{ч}} d_{\text{ч}}^2 W_{o.r}}{18\mu_{\Gamma} d_{\kappa}} ; \\
 \frac{dg}{d\tau} &= g_{\text{п}} + g_{\text{ч}} + g_{\text{з}} ; \\
 \frac{dp}{d\tau} &= p_{\text{п}} + p_{\text{ч}} ; \\
 \frac{dQ}{d\tau} &= Q_{\text{п}} - Q_{\text{ч}} - Q_{\text{з}} ,
 \end{aligned} \right\}$$

где F_c — сила аэродинамического сопротивления; η_{Stk} — коэффициент инерционного осаждения частиц на шаре; Stk — критерий Стокса; m , d_{κ} , W — соответственно масса, диаметр и скорость капель; $g_{\text{п}}$, $g_{\text{ч}}$, $g_{\text{з}}$ — соответственно скорость процесса конденсации пара на поверхности пылеуловителя, частиц пыли и в результате образования зародышей; $p_{\text{п}}$, $p_{\text{ч}}$ — соответственно скорость изменения парциального давления в зависимости от содержания сконденсировавшихся паров на поверхностях пылеуловителя и частиц пыли; Q — физическая теплота, передаваемая газом.

В начальный момент степень очистки газов определялась на основе распределения материальных балансов потоков в прямоточном аппарате с учетом инерционного механизма осаждения частиц. Динамика движения газов и капель жидкости рассматривалась при наличии междофазового тепло- и массообмена. При расчете массы сконденсировавшихся паров жидкости принимались во внимание скорость конденсации пара на поверхностях мокрого пылеуловителя, частиц пыли и скорость перехода пара в жидкое состояние в результате образования зародышей.

Приведенная система уравнений позволяет описать предложенный механизм осаждения частиц и на его основе выявить основные критерии для конструктивного расчета аппаратов очистки.