

## ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО АДСОРБЕНТА В ДВУХКОМПОНЕНТНОМ ПОТОКЕ

Исключительные адсорбционные возможности тонкодисперсных материалов (бентониты, цеолиты и др.) способствовали их широкому внедрению в промышленное производство и научный эксперимент. В подавляющем большинстве случаев регенерация этих материалов происходит в двухкомпонентном потоке, который обладает многими особенностями.

Рассмотрим один из возможных случаев движения частицы твердого адсорбента в газовом потоке. Частица после процесса адсорбции попадает в одномерное тепловое поле (рис. 1).

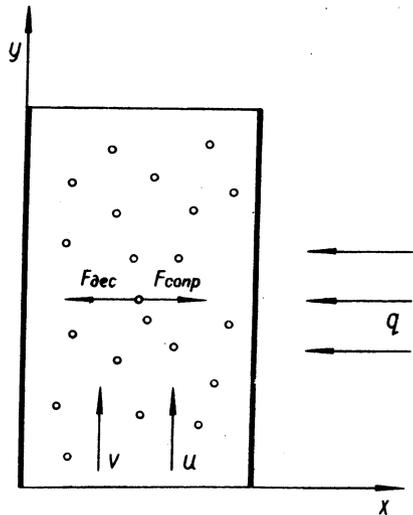


Рис. 1. Модель двухкомпонентного потока.

Уравнение движения частицы вдоль оси  $x$  запишется

$$\frac{d(\tilde{m}\tilde{u}_x)}{d\tau} = F_{\text{des}} - F_{\text{сопр}}, \quad (1)$$

где  $\tilde{m}$  - масса частицы, кг;  $\tilde{u}_x$  - скорость частицы, м/с;  $F_{\text{des}}$  - равнодействующая сил десорбции, н;  $F_{\text{сопр}}$  - сила сопротивления, н.

Пренебрегая изменением массы частицы и учитывая, что для системы "газ - твердые частицы" силу сопротивления можно представить в виде выражения, учитывающего только вязкое сопротивление и сопротивление формы [1], для сток-

совского режима обтекания и сферической формы частицы уравнение (1) примет вид

$$\tilde{m} \frac{d\tilde{u}_x}{d\tau} = F_{\text{дес}} - 6\pi\tilde{r}\eta\tilde{u}_x, \quad (2)$$

здесь  $\tilde{r}$  - радиус частицы, м;  $\eta$  - коэффициент динамической вязкости, н·с/м<sup>2</sup>.

Равнодействующую сил десорбции на частицу представим в виде

$$F_{\text{дес}} = 6\pi\tilde{r}\tilde{j}V, \quad (3)$$

где  $\tilde{j}$  - динамический коэффициент десорбции, н·с/м<sup>2</sup>,  $\tilde{j} = \frac{1}{3}\rho\tilde{c}\lambda$  (здесь  $\rho$  - плотность сплошной среды, кг/м<sup>3</sup>;  $\tilde{c}$  - время десорбции, с;  $\lambda$  - удельная теплота десорбции, дж/кг);  $V$  - изменение удельного объема адсорбированного газа в единицу времени в период десорбции, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с.

Выражение для равнодействующей сил десорбции получено на основе кинетической теории газов в результате рассмотрения задачи взаимодействия поверхности частицы и отрывающихся от нее во время десорбции молекул адсорбента. При этом считалось, что из-за одностороннего подвода тепла десорбция протекает только с соответствующей стороны частицы, что в свою очередь ограничивает нижеприведенное решение уравнения (2) только этим периодом десорбции.

Решая уравнение (2), получим

$$\tilde{m} \frac{d\tilde{u}_x}{d\tau} = 6\pi\tilde{r}\tilde{j}V - 6\pi\tilde{r}\eta\tilde{u}_x. \quad (4)$$

Деля обе части (4) на  $m = \frac{4}{3}\rho\pi\tilde{r}^3$  и выполняя замену

$\frac{\tilde{j}}{\eta}V = \tilde{u}_m$ , получим

$$\frac{d\tilde{u}_x}{d\tau} = \frac{1}{\tau_p} (\tilde{u}_m - \tilde{u}_x).$$

Разделяем переменные и выполняем интегрирование

$$\int_{\tilde{u}_{ox}}^{\tilde{u}_x} \frac{d\tilde{u}_x}{\tilde{u}_m - \tilde{u}_x} = \int_{\tau_0=0}^{\tau} \frac{d\tau}{\tau_p}.$$

Окончательное решение (2) запишется

$$\tilde{u}_x = \tilde{u}_m + (\tilde{u}_{ox} + \tilde{u}_m) \exp(-\tau/\tau_p), \quad (5)$$

где  $\tilde{u}_m$  - максимальная поперечная скорость частицы в результате действия сил десорбции;  $\tilde{u}_{ox}$  - начальная скорость частицы, м/с;  $\tau_p$  - время релаксации, с;  $\rho_T$  - плотность твердого компонента, кг/м<sup>3</sup>.

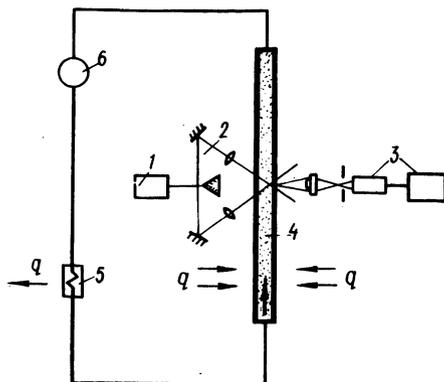


Рис. 2. Схема измерения скорости частицы: 1 - источник когерентного света; 2 - оптическая приставка установки; 3 - измерительная приставка; 4 - экспериментальный участок; 5 - холодильник; 6 - вентилятор.

Для измерения скорости частиц использована методика, основанная на эффекте Доплера (рис. 2). Максимальная скорость частиц определяется путем зондирования потока пучком когерентного света.

### Л и т е р а т у р а

1. Горбис З.Р. Теплообмен и гидромеханика дисперсных сквозных потоков. М., 1970.

Г.И. Жихар, Б.М. Руденков, Д.И. Гурин

### СЕПАРАЦИЯ И ГОРЕНИЕ ЕДИНИЧНОЙ КАПЛИ ЖИДКОГО ТОПЛИВА В ЦИКЛОННОЙ КАМЕРЕ

В данной работе сделана некоторая количественная оценка влияния отдельных факторов как конструктивных, так и режимных (в том числе и горения) на сепарационную способность потока в циклонной камере. Для этого составим уравнение