

**Бальчугов Алексей Валерьевич,**  
д.т.н., профессор кафедры МАХП, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: balchug@mail.ru  
**Бонгосурен Тувшинтур,**  
главный технолог инженерного центра подвижных составов Уланбаторской железной  
дороги, Монголия

## КРИТЕРИАЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОНТАКТА ФАЗ

Balchugov A.V., B. Tuvshintur

## CRITERIAL DEPENDENCE FOR DETERMINING THE SPECIFIC SURFACE OF PHASE CONTACT

**Аннотация.** Получено критериальное уравнение для определения удельной поверхности контакта фаз на массообменной ситчатой тарелке методом анализа размерностей.

**Ключевые слова:** критериальное уравнение, удельная поверхность контакта фаз, массообменная ситчатая тарелка, метод анализа размерностей.

**Abstract.** A criterion equation is obtained for determining the specific surface of phase contact on a mass-exchange sieve plate by the method of dimensional analysis.

**Keywords:** criterion equation, specific phase contact surface, mass-exchange sieve plate, dimensional analysis method.

Удельная поверхность контакта фаз является важной характеристикой работы массообменных контактных устройств [1]. От удельной поверхности контакта фаз зависит интенсивность массопередачи. Методом анализа размерностей получим общий вид критериальной зависимости для определения удельной поверхности контакта фаз  $a$  ( $\text{м}^2/\text{м}^3$ ) в газожидкостном слое на ситчатой тарелке. Удельная поверхность контакта фаз зависит от скорости газа  $w_2$  ( $\text{м}/\text{с}$ ), плотности газа  $\rho_2$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), диаметра отверстий в ситчатой тарелке  $d$  ( $\text{м}$ ), плотности жидкости  $\rho_{ж}$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), вязкости жидкости  $\mu_{ж}$  ( $\text{Па}\cdot\text{с}$ ), коэффициента поверхностного натяжения  $\sigma$  ( $\text{Н}/\text{м}$ ). Примем, что при  $\mu_{ж} \gg \mu_{г}$  вязкостью газа  $\mu_{г}$  можно пренебречь. Также примем, что скорость жидкости на тарелке  $w_{жс}$  в сравнении со скоростью газа  $w_2$  пренебрежимо мала. Зависимость удельной поверхности контакта фаз от перечисленных параметров может быть записана в виде:

$$a = f(w_2, \rho_2, d, \rho_{жс}, \mu_{жс}, \sigma). \quad (1)$$

С помощью метода анализа размерностей заменим функцию (1) критериальной зависимостью. Число переменных  $p=7$ , число их единиц измерения (длины, времени и массы)  $k=3$ . Тогда, в соответствии с теоремой Бэкингема [2], число безразмерных комплексов, описывающих процесс, должно быть равно  $(p-k)=4$ .

Представим функцию (1) в виде приближенной степенной зависимости:

$$a = C \cdot w_2^x \rho_2^y d^z \rho_{жс}^n \mu_{жс}^m \sigma^q, \quad (2)$$

где  $C$  – безразмерный коэффициент;  $x, y, z, n, m, q$  – безразмерные показатели степени.

Размерности величин, входящих в уравнение (2):

$$[a] = \left[ \frac{M^2}{M^3} \right] = [M^{-1}]; [w_2] = \left[ \frac{M}{c} \right]; [\rho_2] = \left[ \frac{K\mathcal{Z}}{M^3} \right]; [d] = [M];$$

$$[\rho_{жс}] = \left[ \frac{K\mathcal{Z}}{M^3} \right]; [\mu_{жс}] = [Pa \cdot c] = \left[ \frac{H \cdot c}{M^2} \right] = \left[ \frac{K\mathcal{Z}}{M \cdot c} \right]; [\sigma] = \left[ \frac{H}{M} \right] = \left[ \frac{K\mathcal{Z}}{c^2} \right].$$

Составим для уравнения (2) равенство размерностей левой и правой частей:

$$[M^{-1}] = \left[ \frac{M}{c} \right]^x \cdot \left[ \frac{K\mathcal{Z}}{M^3} \right]^y \cdot [M]^z \cdot \left[ \frac{K\mathcal{Z}}{M^3} \right]^n \cdot \left[ \frac{K\mathcal{Z}}{M \cdot c} \right]^m \cdot \left[ \frac{K\mathcal{Z}}{c^2} \right]^q. \quad (3)$$

Преобразуем равенство (3) по показателям степеней при одинаковых единицах измерения ( $M$ ,  $K\mathcal{Z}$ ,  $c$ ) для обеих частей уравнения:

$$\begin{aligned} -1 &= x - 3y + z - 3n - m, \\ 0 &= y + n + m + q, \\ 0 &= -x - m - 2q. \end{aligned} \quad (4)$$

В системе из трех уравнений (4) – шесть неизвестных. Выразим переменные  $x$ ,  $y$ ,  $z$  через  $n$ ,  $m$ ,  $q$ :

$$\begin{aligned} x &= -m - 2q, \\ y &= -n - m - q, \\ z &= -m - q - 1. \end{aligned} \quad (5)$$

Подставим значения показателей степеней  $x$ ,  $y$ ,  $z$  в искомую степенную функцию:

$$a = C \cdot w_2^{-m-2q} \rho_2^{-n-m-q} d^{-m-q-1} \rho_{жс}^n \mu_{жс}^m \sigma^q, \quad (6)$$

или

$$a = C \cdot w_2^{-m} w_2^{-2q} \rho_2^{-n} \rho_2^{-m} \rho_2^{-q} d^{-m} d^{-q} d^{-1} \rho_{жс}^n \mu_{жс}^m \sigma^q. \quad (7)$$

Сгруппировав отдельные величины, получим зависимость:

$$a \cdot d = C \cdot \left( \frac{w_2 \cdot \rho_2 \cdot d}{\mu_{жс}} \right)^{-m} \cdot \left( \frac{w_2^2 \cdot \rho_2 \cdot d}{\sigma} \right)^{-q} \cdot \left( \frac{\rho_{жс}}{\rho_2} \right)^n, \quad (8)$$

или

$$a = \frac{C}{d} \cdot Re_{жс}^{-m} \cdot We^{-q} \cdot \left( \frac{\rho_{жс}}{\rho_2} \right)^n, \quad (9)$$

где  $Re_{жс}$  – критерий Рейнольдса газожидкостной системы;  $We$  – критерий Вебера. Таким образом, получен общий вид критериальной зависимости для определения удельной поверхности контакта фаз на массообменной ситчатой тарелке. Числовые значения коэффициента  $C$  и показателей степеней  $m$ ,  $q$ ,  $n$  могут быть получены только экспериментально.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973. – 752 с.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1976. – 552 с.