УДК 66.048.375

ЧИСЛА ЕДИНИЦ ПЕРЕНОСА В НЕКОТОРЫХ МОДЕЛЯХ МАССООБМЕНА

В.Н. Павлечко
(БГТУ, г. Минск)

Проведенными исследованиями разработана комплексная модель, которая обобщает известные модели Мерфри и Хаузена и включает их в качестве граничных случаев. В ней составы паровой и жидкой фаз выравниваются на некотором расстоянии h для пара и h_1 для жидкости от места ввода фаз. В известных моделях эти безразмерные расстояния принимают предельные значения. В частности, в модели Мерфри при анализе эффективности по паровой фазе $h = 0$ и $h_1 = 1$, при анализе в жидкости – $h = 1$ и $h_1 = 0$, в модели Хаузена $h = h_1 = 0$. Выполненным анализом показано, что крайние значения этих расстояний идеализируют работу реальной тарелки и ухудшают показатели идеальной тарелки и искажают тем самым происходящие на них процессы массопередачи. В разработанной модели эти расстояния принимают некоторые промежуточные значения в зависимости от величины коэффициента фазового равновесия m.

В комплексной модели массопередачи числа единиц переноса в жидкости N_x при прямотоке, противотоке и перекрестном токе, выраженные как средние арифметические величины, имеют вид:

$$N_{\text{п},x} = \frac{m+1}{\left(\frac{L}{V}+m\right)\frac{1}{E_{\text{п}}}-\left(\frac{L}{mV}+1\right)\frac{m-1}{2}}; \quad (1)$$

$$N_{g,x} = \frac{m+1}{\left(\frac{L}{V}-1\right)\frac{1}{E_g}-\left(\frac{L}{mV}+1\right)\frac{m-1}{2}}; \quad (2)$$

$$N_{g,x} = \frac{m+1}{\left(\frac{L}{V}+\frac{m-1}{2}\right)\frac{1}{E_k}-\left(\frac{L}{mV}+1\right)\frac{m-1}{2}}, \quad (3)$$

где L, V – соответственно молярные расходы пара и жидкости; E – эффективность массообмена.

Взаимосвязь эффективностей при указанных формах организации потоков определяется формулой

$$\frac{\frac{L}{V}+m}{E_{п}}=\frac{\frac{L}{V}-1}{E_{g}}=\frac{\frac{L}{V}+\frac{m-1}{2}}{E_{k}} \tag{4}$$

Если выразить эффективности E_g и E_k из (4) через $E_п$ и подставить их соответственно в (2) и (3), то выводятся зависимости, аналогичные (1). Идентичность их правых частей подтверждает равенство левых частей не только в жидкости, но и паровой фазе, т. е. равенство чисел единиц переноса несмотря на то, что эффективности в этих моделях отличаются выражениями и соответственно величинами.

$$N_п = N_g = N_k, \tag{5}$$

Подобные вычисления выполнены также для моделей Мерфри, Хаузена при полном перемешивании жидкости, а также для моделей, использующих условия связи идеальной и реальной тарелок, свойственные этим моделям при прямоточном, противоточном и перекрестном движении пара и жидкости. При этом выделены варианты, первый и второй из которых соответствуют модели Мерфри при анализе эффективности в паровой и жидкой фазах, третий – модели Хаузена.

Соотношения эффективностей в каждом из вышеуказанных вариантов с учетом комплексной модели составляют

$$\frac{\frac{L}{mV}}{E_{п1}}=\frac{\frac{L}{mV}-1}{E_{g1}}=\frac{\frac{L}{mV}-\frac{1}{2}}{E_{k1}}; \tag{6}$$

$$E_{п2}=2E_{k2}; \tag{7}$$

$$\frac{\frac{L}{mV}+1}{E_{п3}}=\frac{\frac{L}{mV}}{E_{g3}}=\frac{\frac{L}{mV}+\frac{1}{2}}{E_{k3}}. \tag{8}$$

Взаимосвязь эффективностей этих вариантов с учетом комплексной модели при прямотоке, противотоке и перекрестном токе соответственно равны

$$\frac{\frac{L}{V}+m}{(m+1)E_{\text{п}}}+\frac{\frac{L}{mV}-m}{m+1}=\frac{\frac{L}{mV}}{E_{\text{п}1}}=\frac{L}{mV}+\frac{1}{E_{\text{п}2}}-1=\frac{\frac{L}{mV}+1}{E_{\text{п}3}}-1; \quad (9)$$

$$\frac{\frac{L}{V}-1}{(m+1)E_{\text{g}}}+\frac{\frac{L}{mV}-m}{m+1}=\frac{\frac{L}{mV}-1}{E_{\text{g}1}}=\frac{\frac{L}{mV}}{E_{\text{g}3}}-1; \quad (10)$$

$$\frac{\frac{L}{V}+\frac{m-1}{2}}{(m+1)E_{\text{k}}}+\frac{\frac{L}{mV}-m}{m+1}=\frac{\frac{L}{mV}-\frac{1}{2}}{E_{\text{k}1}}=\frac{L}{mV}+\frac{1}{2E_{\text{k}2}}-1=\frac{\frac{L}{mV}+\frac{1}{2}}{E_{\text{k}3}}-1. \quad (11)$$

При использовании зависимостей (9)–(11) применялись как средние арифметические, так и средние логарифмические величины N. Выражения последних для перечисленных вариантов для паровой фазы приведены в [1] и с учетом уравнения материального баланса легко преобразуются в соответствующие формулы для жидкости. Полученные результаты доказывают равенство чисел единиц переноса не только для различных форм организации потоков, но и для разных моделей, включая комплексную модель:

$$N_{\text{п}}=N_{\text{п}1}=N_{\text{п}2}=N_{\text{п}3}; \quad (12)$$

$$N_{\text{g}}=N_{\text{g}1}=N_{\text{g}2}=N_{\text{g}3}; \quad (13)$$

$$N_{\text{k}}=N_{\text{k}1}=N_{\text{k}2}=N_{\text{k}3}; \quad (14)$$

Таким образом, доказанное равенство чисел единиц переноса в исследованных моделях и направлениях движения паровой и жидкой фаз показывает их более универсальный характер по сравнению с эффективностями и позволяет оценивать по ним работу существующих и новых конструкций массообменных аппаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Павлечко В.Н., Плехов И.М., Гуляев В.Н. // ИФЖ. 2001.Т. 74, № 5. С. 171 – 176.