

ЧИСЛО ЕДИНИЦ МАССОПЕРЕНОСА В ТОЧКЕ КАСАНИЯ РАБОЧЕЙ ЛИНИИ И ЛИНИИ РАВНОВЕСИЯ

Г. М. ИЗМАЙЛОВ

(Представлена научным семинаром кафедр ПМАХП и ОХТ)

В курсе «Процессы и аппараты химической технологии» при изложении таких вопросов массообменных процессов, как минимальное флегмовое число или минимальный расход абсорбента, вывод, который получается в каждом отдельном случае, оказывается, по существу, одним и тем же: поверхность фазового контакта, необходимая для проведения процесса при минимальном значении расхода жидкой фазы, должна быть бесконечно большой [1, 2, 3, 4].

К этому выводу можно прийти и путем исследования общего выражения движущей силы массообменного процесса. Для этого нужно потребовать, чтобы рабочая линия и линия равновесия имели общую точку — точку касания. В этом случае число единиц переноса будет бесконечно большим, вследствие чего окажется бесконечно большой и требуемая поверхность фазового контакта. Далее, так как минимальному расходу жидкой фазы всегда отвечает точка касания, мы получим упомянутый выше вывод, но уже в форме одного из результатов теории массопередачи.

Анализ средней движущей силы неизбежно приводит к исследованию числа единиц переноса. По этой причине предпочтение отдано исследованию числа единиц переноса.

Выберем такой способ выражения состава фаз, который обеспечит линейность формы рабочей линии. Обозначим состав одной фазы через X , а состав другой — через Y . Пусть рабочая линия AB , представляющая на графике (рис. 1) уравнение

$$Y = aX + b, \quad (1)$$

расположена на этом графике выше линии равновесия OB и имеет общую с этой линией точку B .

Искомое число единиц переноса m_Y непосредственно определить невозможно вследствие неопределенности вида подынтегральной функции, входящей в выражение числа единиц переноса:

$$m_Y = \int_{Y_1}^{Y_2} \frac{dY}{Y - Y_p}, \quad (2)$$

что обусловлено общей формой выражения зависимости между равновесными составами фаз

$$Y_p = f(X).$$

Построим из точки B отрезок прямой BC , точки которого расположены не выше линии OB , а абсцисса точки C равна абсциссе точки A . Предположим, что нам удалось так изменить условия проведения процесса, что линией равновесия при этом оказался отрезок BC . Поэтому зависимость между равновесными составами фаз X и Y выразится уравнением прямой

$$\bar{Y}_p = cX + d. \quad (3)$$

Так как способ выражения состава остался прежним, рабочая линия своего положения не изменит.

Вследствие того, что и рабочая (1), и равновесная (3) зависимости являются линейными функциями, то выражение числа единиц переноса для новых условий

$$\bar{m}_Y = \int_{Y_1}^{Y_2} \frac{dY}{Y - \bar{Y}_p} \quad (4)$$

Рис. 1. График рабочих и равновесных составов фаз

будет содержать под знаком интеграла определенную рациональную функцию, интеграл от которой в данных пределах равен бесконечности

$$\bar{m}_Y = \infty. \quad (5)$$

Выбранным положением отрезка BC относительно линии OB обеспечивается следующее неравенство:

$$\frac{1}{Y - \bar{Y}_p} \geq \frac{1}{Y - \bar{Y}_p}. \quad (6)$$

Привлекая свойство интегралов, обусловленное неравенством подинтегральных функций [5], из (2), (4) и (6) получим

$$m_Y \geq \bar{m}_Y. \quad (7)$$

Теперь на основании (5) и (7) заключаем, что число единиц переноса в точке касания рабочей линии и линии равновесия равно бесконечности

$$m_Y = \infty.$$

Этот же результат получается при исследовании случая касания линии равновесия левым концом рабочей линии, например, при касании в точке D линии равновесия OB рабочей линией DE .

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии. Госхимиздат, М., 1961.
2. А. Н. Плановский, П. И. Николаев. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. М., 1960.
3. Я. Циборовский. Основы процессов химической технологии. Изд-во «Химия», Л., 1967.
4. Справочник химика. Т. V, изд. «Химия», М.—Л., 1966.
5. В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. Основы математического анализа. Изд-во «Наука», М., 1967.