

## ЛИТЕРАТУРА

1. Механохимическая активация многокомпонентных цементов / В.А. Дмитриева, В.И. Акунов // Цемент. — 1981. — № 10. — С. 18—19.
2. Кузнецова Т.В. Новые составы и способы получения специальных цементов. // Цемент. — 1980. — № 12. — С. 17—19.
3. Кузнецова Т.В., Кравченко И.В. Теоретические основы получения специальных цементов // Цемент. 1982. № 9. — С. 17—19.
4. Полак А.Ф., Бабков А.В. Влияние дисперсности цемента на прочность его гидрата // Цемент. — 1980. — № 9. — С. 15—17.

УДК 66.048.375

В. Н. Павлечко, доцент

### ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКТИФИКАЦИОННЫХ ТАРЕЛОК В КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ

The details of graphical presentation of mass exchange in the complex model for straightforward current, countercurrent and crosscurrent conditions are analyzed. The values of efficiency are shown to be real and finite for all the types of currents. It supports the possibility of the use of the complex model for straightforward current, countercurrent and crosscurrent movement, that is the universality of the model.

Получившие наибольшее распространение модели Мерффри [1–3] при анализе эффективности в паровой и жидкой фазах и модель Хаузена [2–4], а также другие не в полной мере соответствуют реальным условиям массообмена. В этих моделях реальная тарелка несколько идеализируется, а идеальная приближается к действительным условиям, эффективность в первой тарелке завышается, а во второй – занижается. Нередко возникает ситуация, когда эффективность принимает значения больше единицы или меньше нуля. В связи с этим исследователи модифицируют известные модели или предлагают новые, применение большинства которых ограничено перечнем исследованных смесей либо технологическими и конструктивными параметрами.

Указанные недостатки устраняются в комплексной модели, отличающейся от известных моделей условиями взаимосвязи идеальной и реальной тарелок [5–7]. В ней составы взаимодействующих компонентов выравниваются на некотором расстоянии  $h$  для пара и  $h_1$  для жидкости. Комплексная модель обобщает известные модели Мерффри и Хаузена, а также гипотетическую модель [8, 9], включая их как предельные случаи. В частности, если коэффициент фазового равновесия имеет большие значения, то предельно комплексной модели является модель Хаузена, если  $m$  меньше единицы – гипотетическая модель, если  $m$  стремится к единице – модель Мерффри.

Эффективность массообмена в комплексной модели для прямоточного, противоточного и перекрестного движения паровой и жидкой фаз соответственно равны [5–7]:

$$E_n = \frac{(1-h) \frac{L}{mV} + 1 - h_1}{\frac{x_n - y_{n-1}}{x_n - x_{n-1}} - h \frac{L}{mV} - h_1}; \quad (1)$$

$$E_g = \frac{(1-h)\frac{L}{mV} - h_1}{\frac{x_n - y_{n-1}}{m} - h\frac{L}{mV} - h_1}; \quad (2)$$

$$E_k = \frac{(1-h)\frac{L}{mV} + \frac{1}{2} - h_1}{\frac{x_n - y_{n-1}}{m} - h\frac{L}{mV} - h_1}. \quad (3)$$

В работе [10] предложено расстояния  $h$  и  $h_1$  принять равными и принимать их в зависимости от некоторых свойств разделяемой смеси, например коэффициента фазового равновесия

$$h = h_1 = \frac{1}{m+1}. \quad (4)$$

С учетом зависимости (4) формулы (1) – (3) принимают соответственно вид

$$E_n = \frac{y_n - y_{n-1} + m(x_n - x_{n-1})}{mx_n - y_{n-1} + x_{n-1} - \frac{y_n}{m}}; \quad (5)$$

$$E_g = \frac{y_n - y_{n-1} - x_n + x_{n-1}}{mx_n - y_{n-1} + x_{n-1} - \frac{y_n}{m}}; \quad (6)$$

$$E_k = \frac{y_n - y_{n-1} + \frac{m-1}{2}(x_n - x_{n-1})}{mx_n - y_{n-1} + x_{n-1} - \frac{y_n}{m}}. \quad (7)$$

Графическое изображение процессов массопередачи для трех форм организации взаимодействия потоков пара и жидкости приведено на рисунке, на котором рабочая линия проходит через точки с координатами  $x_{n-1}, y_{n-1}$  и  $x_n, y_n$ , равновесная – через точки с соответствующими координатами для условий равновесия.

При прямоточном движении эффективность в соответствии с формулой (5) определяется соотношением (рис. а)

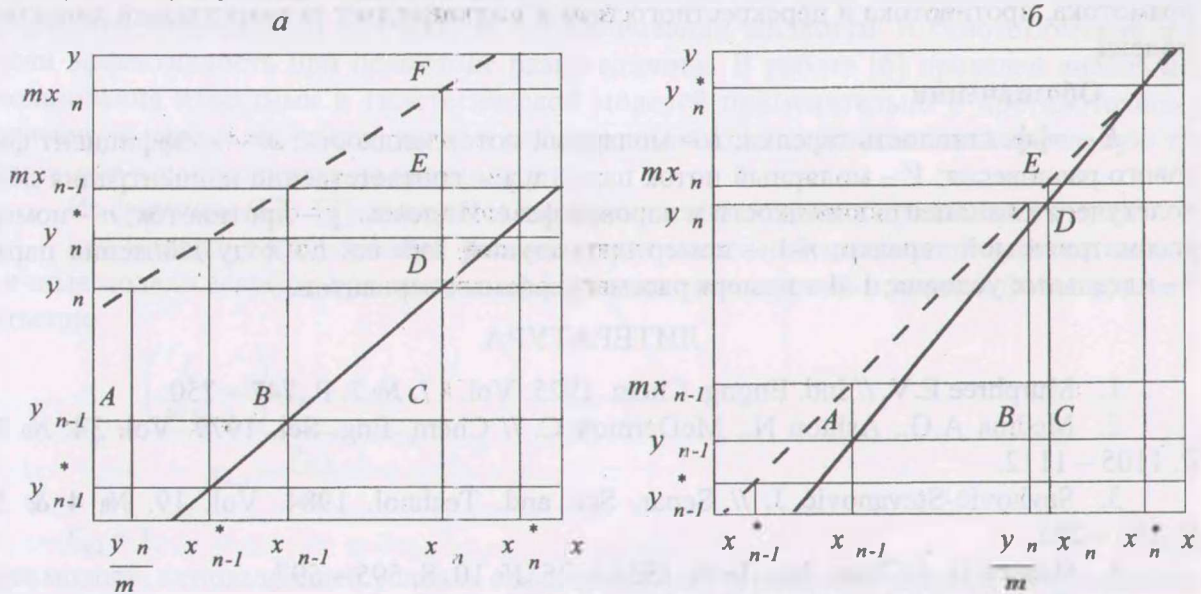
$$E_n = \frac{CD + EF}{CF - AB}. \quad (8)$$

Особенностью противоточного движения фаз, изображенного на рис. б, является возможность пересечения рабочей и равновесной линий в какой-либо точке при их непараллельности, если первая из них проходит через точки с координатами  $x_{n-1}, y_{n-1}$  и  $x_n, y_n$ . Поскольку такая особенность характерна для каждой тарелки, то рабочая линия для всей колонны или ее части должна представляться ломаной линией. Возможен также вариант прохождения рабочей линии через точку С. В этом случае ее координаты отличаются от соответствующих величин прямоточного движения паровой и жидкой фаз,

но она будет не прерывистой, а сплошной. При противотоке зависимость (6) представляется выражением

$$E_g = \frac{CD - AC}{CE - AB} \quad (9)$$

При перекрестном токе рабочая линия должна проходить через точки с координатами  $(x_n + x_{n-1})/2, y_{n-1}$ , как это показано на рис. в.



6

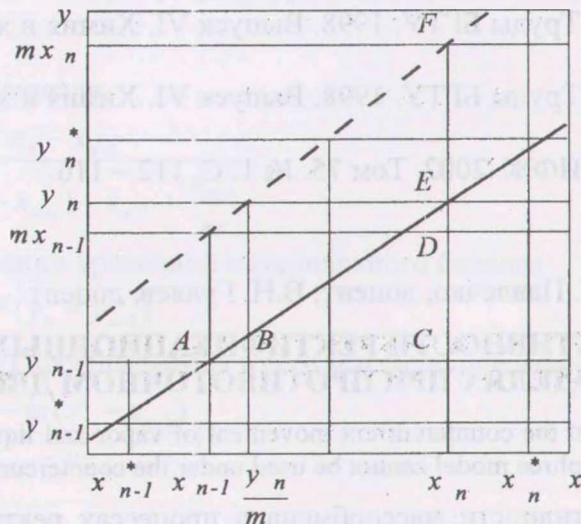


Рис. Схема массообмена на отдельной тарелке в комплексной модели при прямоточном (а), противоточном (б) и перекрестном (в) движении паровой и жидкой фаз

Эффективность при перекрестном токе выражается промежуточной зависимостью между прямотоком и противотоком:



$$E_k = \frac{CD + \frac{1}{2}(DF - AC)}{EF - AB} \quad (10)$$

Таким образом, в комплексной модели действительны и конкретны значения эффективности для всех трех рассмотренных форм организации движения взаимодействующих потоков жидкости и пара, что указывает на возможность использования ее для прямотока, противотока и перекрестного тока и подтверждает универсальный характер модели.

#### Обозначения

$E$  – эффективность тарелки;  $L$  – молярный поток жидкости;  $m$  – коэффициент фазового равновесия;  $V$  – молярный поток пара;  $x, y$  – соответственно концентрация летучего компонента в жидкости и паровой фазе. Индексы:  $g$  – противоток;  $n$  – номер рассматриваемой тарелки;  $n-1$  – номер предыдущей тарелки по ходу движения пара; \* – идеальные условия; 1–4 – номера рассматриваемых вариантов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Murphree E.V. // Ind. Engng. Chem. 1925. Vol. 17. № 7. P. 747 – 750.
2. Medina A.G., Ashton N., McDermott C. // Chem. Eng. Sci. 1979. Vol. 34. № 9. P. 1105 – 1112.
3. Savkovič-Stevanovič J. // Separ. Sci. and Technol. 1984. Vol. 19. № 4 & 5. P. 283 – 295.
4. Hausen H. // Chem. Ing. Tech. 1953. J. 25. № 10. S. 595 – 597.
5. Павлечко В.Н. // ИФЖ. 2001. Том 74. № 1. С. 50 – 56.
6. Павлечко В.Н. // ИФЖ. 2001. Том 74. № 1. С. 57 – 61.
7. Павлечко В.Н. // ИФЖ. 2001. Том 74. № 2. С. 43 – 47.
8. Павлечко В.Н. // Труды БГТУ. 1998. Выпуск VI. Химия и химическая технология. С. 131 – 138.
9. Павлечко В.Н. // Труды БГТУ. 1998. Выпуск VI. Химия и химическая технология. С. 138 – 144.
10. Павлечко В.Н. // ИФЖ. 2002. Том 75. № 1. С. 112 – 116.

УДК 66.048.375

В.Н. Павлечко, доцент; В.Н. Гуляев, доцент

#### АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКТИФИКАЦИОННЫХ ТАРЕЛОК В НЕКОТОРЫХ МОДЕЛЯХ ПРИ ПРОТИВОТОЧНОМ ДВИЖЕНИИ ФАЗ

The efficiencies at the countercurrent movement of vapor and liquid are analyzed. It is shown that the Murphree model cannot be used under the countercurrent conditions.

При анализе эффективности массообмена в процессах ректификации наиболее широкое применение получили модели Мерффри [1–3] и Хаузена [2–4]. Причем модель Мерффри по условиям связи идеальной и реальной тарелок представлена двумя вариантами. В первом рассматривается эффективность в паровой фазе, во втором – в жидкости. В работах [5, 6] показано, что оба этих варианта являются самостоятельными, независимыми друг от друга моделями, в каждой из которых эффективности по паровой и жидкой фазам равны. Кроме того, в этих публикациях предложена гипотетическая мо-