

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ НА АНАЛОГОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

Э. В. МАКИЕНКО

(Представлена научным семинаром вычислительной лаборатории ТПИ)

Для расчетов процессов разделения многокомпонентных смесей на аналоговых вычислительных машинах используется математическое описание процесса дифференциальными уравнениями массопередачи.

Основное уравнение процесса массопередачи между жидкой и паровой фазами в предположении о постоянстве потоков пара и жидкости по высоте колонны записывается в следующем виде [2]:

$$\frac{dl_i}{dH} = \beta_x \left(x_i - \frac{y_i}{K_i} \right), \quad (1)$$

где K_i — константа равновесия, x_i — концентрация компонента в жидкости, y_i — концентрация компонента в паре, β_x — коэффициент мало-передачи.

Значения K_i выражаются через относительные летучести компонентов, взятые по отношению с ключевым компонентом.

$$\alpha_i = \frac{K_i}{K_b},$$

где K_b — константа равновесия ключевого разделяемого компонента.

В любом сечении колонны должно выполняться условие

$$\sum_{\kappa=1}^p y_{\kappa} = \sum_{\kappa=1}^p K_{\kappa} x_{\kappa} = 1. \quad (2)$$

Из (2) получаем константу равновесия для 1-го компонента, выраженную через составы в рассматриваемом сечении и относительные летучести.

$$K_i = \alpha_i \sum_{\kappa=1}^m \frac{y_{\kappa}}{\alpha_{\kappa}}. \quad (3)$$

Уравнения материального баланса для 1-го компонента:

$$v_i = l_i + d_i, \quad (4)$$

$$v_i + l_i = \omega_i.$$

Получаем из (1) с учетом (3) и (4) выражения для изменения 1-го компонента [1] в укрепляющей секции

$$\frac{dl_i}{dH} = \beta_x \left(\frac{l_i}{L} - \frac{l_i + d_i}{\alpha_i \sum_{\kappa=1}^p \frac{l_{\kappa} + d_{\kappa}}{\alpha_{\kappa}}} \right), \quad (5)$$

и отпарной секции

$$\frac{dl_i}{dH} = \beta_x \left(\frac{l_i}{L} - \frac{l_i - \omega_i}{\alpha_i \sum_{\kappa=1}^p \frac{l_{\kappa} - \omega_{\kappa}}{\alpha_{\kappa}}} \right). \quad (6)$$

Расчет проводился для 3-компонентной смеси следующего состава:

количество поступающей в колонку смеси: $F = 10 \frac{\text{моль}}{\text{час}}$

$$f_a = 1,5 \frac{\text{моль}}{\text{час}},$$

$$f_b = 4,25 \frac{\text{моль}}{\text{час}},$$

$$f_c = 4,25 \frac{\text{моль}}{\text{час}};$$

распределение компонентов в дистилляте:

$$d_a = 0,35 \frac{\text{моль}}{\text{час}},$$

$$d_b = 4,25 \frac{\text{моль}}{\text{час}},$$

$$d_c = 4,23 \frac{\text{моль}}{\text{час}};$$

распределение компонентов в кубовом остатке:

$$\omega_a = 1,146 \frac{\text{моль}}{\text{час}},$$

$$\omega_b = 0,002 \frac{\text{моль}}{\text{час}},$$

$$\omega_c = 0,03 \frac{\text{моль}}{\text{час}}.$$

При расчете учитывалось изменение величин относительной летучести по высоте колонны.

Зависимости $\alpha_i(t)$ и $t(\kappa_b)$, где $K_b = \frac{\sum_{i=1}^p \frac{l_i + d_i}{\alpha_i}}{V}$ задавались графически и воспроизводились на нелинейных блоках.

При интегрировании систем уравнений (5) и (6) необходимо задаться граничными условиями. Для колонны с прямоточным конденсатором концентрация 1-го компонента в жидкости в верхнем сечении колонны берется равной концентрации его в остаточном газе [1]:

$$l_{di} = \frac{d_i L_d}{\alpha_i \sum_{\kappa=1}^p \frac{d_{\kappa}}{\alpha_{\kappa}}} \quad (7)$$

В нижнем сечении колонны концентрации компонента в паре и жидкости принимаются равновесными:

$$v_{i\omega} = \frac{\omega_i \alpha_i V_{\omega}}{\sum_{\kappa=1}^p \omega_{\kappa} \alpha_{\kappa}} \quad (8)$$

Из уравнения материального баланса $l_i = v_i + \omega_i$.

Расчет полной колонны сводится к совместному решению уравнений (5) и (6) с начальными условиями, определяемыми из (8) и (9), и граничными условиями, определяемыми из уравнения материального баланса на тарелке питания;

$$l_{im} = l_{if} + l_{in},$$

где m — сечение, взятое ниже ввода питания;

n — сечение, взятое выше ввода питания.

Для определения компонента используется уравнение общего материального баланса $l_p = L - \sum_{i=1}^{p-1} l_i$, где p — количество компонентов.

Решение проводилось на аналоговой вычислительной машине „ЭМУ-10“.

Для сравнения результатов было проведено решение систем уравнений (5) и (6) при $\alpha = \text{const}$. Различия в результатах оказались незначительными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Г. Берго. Разделение многокомпонентных смесей. Изд-во «Химия», 1965.
2. В. В. Кафаров. Основы массопередачи. Изд-во «Высшая школа», 1962.
3. Р. Арис. Оптимальное проектирование химических реакторов, 1963.