

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА РЕКТИФИКАЦИИ С УЧЕТОМ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИ ПОСТОЯННЫХ ПОТОКАХ ПАРОВ И ЖИДКОСТИ ПО ВЫСОТЕ КОЛОННЫ

Мухитдинов Джалолитдин Пахритдинович

доктор технических наук, профессор кафедры автоматизация производственных процессов, Ташкентского государственного технического университета, Узбекистан.

Холиков Мухриддин Мардикулович

магистрант, кафедры автоматизация производственных процессов, Ташкентского государственного технического университета, Узбекистан.

Аннотация: *Рассматривается метод расчета ректификации многокомпонентных спиртовых смесей с учетом взаимовлияния компонентов при постоянных потоках паров и жидкости по высоте колонны.*

Ключевые слова: ректификация, пар, жидкость, кипения, массив, компонент.

Моделирование ректификационной колонны методом независимого определения концентраций компонентов по высоте колонны начинается с расчета ректификации бинарной смеси (этанол-вода). Методом Льюиса-Матисона определяется профиль распределения концентраций этанола и воды по высоте колонны. В дальнейших вычислениях значения температур кипения смесей $T_{кип,i,j}$, коэффициентов фазового равновесия этанола и воды $k_{i,j}$, концентраций этилового спирта и воды в жидкой $x_{i,j}$ и паровой $y_{i,j}$ фазах на всех тарелках колонны используются в качестве первого приближения в расчете процесса ректификации многокомпонентной спиртовой смеси по методу независимого расчета распределения концентраций.

В качестве исходных данных используются величины всех входящих и исходящих потоков (кроме кубового остатка), состав потока питания, номера тарелок для ввода питания и боковых отборов, а также значение давлений внизу и вверху колонны. Расчет колонны ведется снизу вверх. Принимается постоянство расходов потоков паров G_j и жидкости L_j . Боковые отборы и ввод питания разделяют колонну на шесть секций. Для каждой секции составляются соответствующие уравнения материального и покомпонентного балансов.

После ввода исходных данных производится вычисление расхода неизвестного выходного потока - кубового остатка W . Искомой величиной является концентрация этилового спирта в кубовом остатке. По методу

Льюиса-Матисона, задаваясь начальным значением концентрации этилового спирта в кубовой жидкости $x_{i,1}$, определяется профиль распределения концентраций этилового спирта по высоте колонны.

Поиск искомой величины $x_{i,1}$ ведется пошаговым методом, в качестве функции цели используется уравнение материального баланса колонны по этанолу.

Если покомпонентный баланс всей колонны (1) не соблюдается с заданной точностью ζ , то задается новое значение концентрации этанола в кубе.

$$\left(\frac{G_0 y_{i,G} + F x_{i,f} - W x_{i,1} - w_1 y_{i,nw_1} - w_2 y_{i,nw_2} - w_3 x_{i,nw_3} - w_4 x_{i,nw_4} - D x_{i,D}}{G_0 + F - w_1 - w_2 - w_3 - w_4 - D} \right) \leq \zeta; \quad (1)$$

где $\zeta = 10^{-12}$ - заданная точность вычислений по балансу.

Спецификой метода независимого определения концентраций является то, что значения концентраций, полученные на очередной итерации, не могут быть прямо использованы в качестве нового приближения. Это обусловлено тем, что при заданных значениях констант фазового равновесия рассчитываемые значения концентраций компонентов не удовлетворяют условиям:

$$\sum_{j=1}^k x_j^{(i)} = 1$$

выполнение которых необходимо для расчетов температур на ступенях разделения.

Простейшим способом коррекции является нормирование концентраций по всем ступеням разделения, однако при этом могут быть нарушены уравнения покомпонентного материального баланса [1].

Согласно методу расчета ректификации многокомпонентных спиртовых смесей с учетом взаимовлияния компонентов при постоянных потоках паров и жидкости по высоте колонны полученные значения составов, температур кипения и констант фазового равновесия уточняются путем вычислений методом прогонки.

Разница между температурой кипения, полученной в предыдущей $(k-1)$ и текущей (k) -и итерации, для каждой тарелки не должна превышать заданной точности:

$$\frac{\left| (T_{\text{ëëv}.j})_{(k)} - (T_{\text{ëëv}.j})_{(k-1)} \right|}{(T_{\text{ëëv}.j})_{(k-1)}} \leq \varepsilon, \quad (1)$$

где $(T_{\text{êêî}.j})_{(k-1)}$ - массив температур кипения, использованный для расчета уточненных концентраций компонентов по высоте колонны в (k)-й итерации, K; $(T_{\text{êêî}.j})_{(k)}$ - массив температур кипения, вычисленных с использованием рассчитанных концентраций компонентов по высоте колонны K; $\varepsilon = 10^{-6}$ - заданная точность вычислений.

Несоблюдение условия (1) ведет к продолжению расчетов. Вычисляются уточненные значения констант равновесия, с использованием которых ведется расчет составов на тарелках в очередной итерации.

$$(k_{i,j})_{(k+1)} = (k_{i,j})_{(k)}(1 - \varphi) - (k_{i,j})_{(k-1)} \cdot \varphi, \quad 0 \leq \varphi \leq 1, \quad (2)$$

где $(k+1)$, (k) , $(k-1)$ - индекс, обозначающие номер итерации. Задаются значения концентраций компонента в кубовом остатке $x'_{i,1}, x''_{i,1}$ и головной фракции $x'_{i,D}, x''_{i,D}$ (для компонентов второй группы). Используя данные потарелочного расчета методом Льюиса-Матисона с уточненными значениями коэффициентов равновесия, определяются величины коэффициента a и b линейных уравнений). Затем вычисляется значение концентрации компонента в кубовом остатке $x_{i,1}$, (в головной фракции $x_{i,D}$ для компонентов второй группы) и распределение концентраций компонента по высоте колонны. После независимого расчета всех компонентов проводится нормировка составов к единице, определяются температуры кипения смесей. Завершении расчетов осуществляется выполнение неравенства (1).

Литература

1. Abrams D. S., Prausnitz J. M. Statistical Thermodynamics of liquid mixtures: A new expression for the excess Gibbs energy of partly or completely miscible systems. AIChE Journal, 21, 116-128 (2015).