

УДК 66-93

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ УСТАНОВКИ ПО ПЕРЕГОНКЕ БИНАРНОЙ СМЕСИ ВЗАИМОРАСТВОРИМЫХ КОМПОНЕНТОВ

Османов К.О., Хатянович П.П.

Научный руководитель – старший преподаватель Космачёва Э.М.

Ректификация – это разделение жидкой смеси компонентов с различными летучестями в результате противоточного движения жидкой и паровой фаз, в процессе которого пары смеси, соприкасаясь с несколько более холодной жидкой смесью, имеющей большее содержание летучего компонента, конденсируются; за счет выделяющейся теплоты фазового перехода образуются пары, обогащенные летучим компонентом, которые в свою очередь контактируют с жидкостью, конденсируются, и происходит образование паров с еще большим содержанием летучего и т.д.

Процесс разделения компонентов, различающихся степенью летучести, проводится в ректификационной колонне, являющейся основным аппаратом ректификационной установки (рисунок 1).

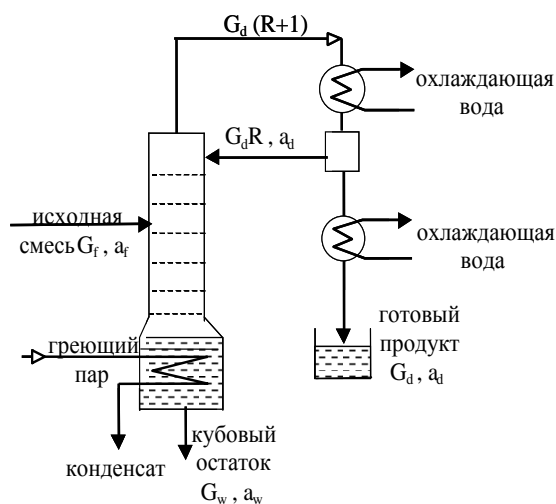


Рисунок 1 - Принципиальная схема ректификационной установки

Для обогащения паров летучим компонентом на верхнюю тарелку колонны непрерывно подается жидкость с высоким содержанием летучего (флегма), полученная в результате частичной конденсации паров, выходящих из колонны. Ее расход определяется флегмовым числом  $R$  – количеством флегмы на единицу готового продукта. Минимальное число флегмы  $R_{\min}$  определяется достижением равновесия фаз во входном сечении ректификационного аппарата:

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_f^*}{y_f^* - x_f}, \quad (1)$$

где  $x_d$  – молярная доля летучего компонента в дистилляте (готовом продукте);  $x_f$  – то же в исходной жидкости (питании) колонны;  $y_f^*$  – то же в паре, равновесном с жидкостью питания.

Рабочее (действительное) флегмовое число  $R > R_{\min}$ . От значения  $R$  зависят капитальные затраты и эксплуатационные расходы на ректификацию (рисунок 2). Эксплуатационные расходы (линия 1) прямо пропорциональны  $R$  и определяются расходом теплоносителя (греющего пара) на испарение жидкости в кубе-испарителе. Капитальные затраты (кривая 2)

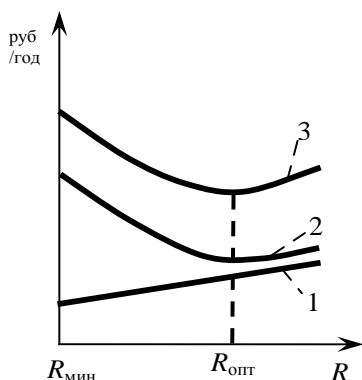


Рисунок 2 - Определение оптимального флегмового числа по минимуму приведенных затрат на ректификацию

в зависимости от  $R$  имеют минимум, соответствующий минимальному рабочему объему колонны. Суммарные (приведенные) затраты в зависимости от значения флегмового числа (кривая 3) также будут иметь минимум, который в общем случае не совпадает с минимумом капитальных затрат.

В работе проанализировано поведение величины рабочего объема колонны при изменении флегмового числа и определена величина флегмового числа, соответствующая минимальному объему колонны. За основу выбраны следующие характеристики процесса перегонки: вид бинарной смеси – этанол-вода; производительность установки по исходной смеси  $G_f = 1$  т/ч; массовые концентрации летучего компонента в исходной смеси  $a_f = 15\%$ , готовом продукте  $a_d = 90\%$  и кубовом остатке  $a_w = 1\%$ .

Объем активной, занятой контактными устройствами (тарелками), части колонны

$$V = S \cdot H = S h (n - 1) \tag{2}$$

где  $S$  - площадь сечения колонны;  $H$  – высота активной части колонны;  $h$  – расстояние между тарелками;  $n$  - действительное количество тарелок.

С увеличением флегмового числа площадь сечения колонны согласно уравнению неразрывности потока паров (3), поднимающихся по колонне вверх, увеличивается

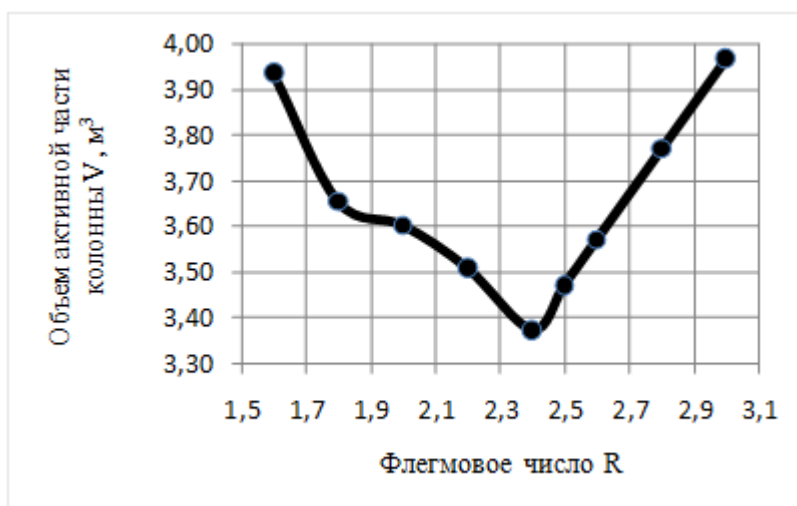
$$S = \frac{G_d(R+1)}{\rho_n w_n} \tag{3}$$

при этом скорость паров  $w_n$ , отнесенная к полному поперечному сечению колонны должна быть оптимальна во всех режимах, т.е. обеспечивать максимальное совершенство процессов тепло- и массообмена на тарелке [1]. В уравнении (3)  $G_d$  - массовая производительность установки по готовому продукту;  $G_d(R+1)$  - расход паров, движущихся по колонне вверх, считая его одинаковым в любом сечении колонны;  $\rho_n$  – плотность паров.

Теоретическое число тарелок  $n_T$  в ректификационной колонне для различных значений флегмового числа  $R$  определялось традиционным в инженерной практике графоаналитическим методом с помощью диаграммы равновесия смеси, а действительное их число с учетом несовершенства процессов тепло- и массообмена в реальных условиях по формуле  $n = n_T / \eta$ , где  $\eta$  – КПД тарелки (для всех вариантов принят  $\eta = 0,5$ ). Результаты исследований представлены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таблица 1 – Результаты исследований зависимости активного объема колонны для перегонки бинарной смеси этанол – вода от величины рабочего флегмового числа

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Флегмовое число								
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
			1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	3
Теоретическое число тарелок	$n_T$	-	15	13	12	11	10	10	10	10	10
Действительное число тарелок	$n$	-	30	26	24	22	20	20	20	20	20
Площадь сечения колонны	$S$	м <sup>2</sup>	0,45	0,49	0,52	0,56	0,59	0,61	0,63	0,66	0,70
Объем активной части колонны	$V$	м <sup>3</sup>	3,94	3,66	3,60	3,51	3,37	3,47	3,57	3,77	3,97



Как показали исследования, проведенные по описанной выше методике и представленные в таблице 1 и на рисунке 3 для рассмотренной бинарной смеси взаиморастворимых компонентов, коэффициент избытка флегмы  $\varphi$  (по отношению к минимальному флегмовому числу  $R_{\min} = 1,26$ ), при котором достигается минимальный активный объем колонны  $V = 3,37\text{ м}^3$ , составляет  $\varphi = R/R_{\min} = 2,4/1,26 = 1,9$ .

#### Литература

1. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / Ю.И. Дытнерский. – 2-е изд. – М.: Химия, 1995. – 400 с.
2. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учебное пособие для вузов / П.Г. Романков [и др.]; под общ. Ред. П.Г. Романкова. - СПб.: Химия, 1993. – 576 с.