

УДК 677.042.5

**О РАСЧЕТЕ РЕКТИФИКАЦИИ
ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССАХ ОТДЕЛКИ ТКАНЕЙ***

Г. И. ЕФРЕМОВ, М. Е. ПИНСКИЙ

(Московская государственная текстильная академия им. А. Н. Косыгина)

В настоящее время широко обсуждается проблема использования органических растворителей вместо воды и в виде растворов в процессах отделки и крашения текстильных материалов [1]. Применение органических растворителей выгодно с точки зрения расхода энергии при

обработке материала, поскольку температуры их кипения ниже, а теплоемкость, теплота и коэффициенты испарения на порядок меньше, чем у воды, что позволяет увеличить скорость движения ткани и сократить продолжительность ее обработки. Кроме того, растворимость некоторых красителей в органических растворителях значительно выше, чем в воде, и не зависит от температуры, обеспечивая крашение при комнатной температуре и минимальных потерях в окружающую среду.

При использовании органических растворителей и их растворов возникает вопрос регенерации их после отработки, предпочтительно с организацией замкнутого производственного цикла. Чистота стоков характеризуется эффективностью их очистки. Глубокое извлечение отработанного растворителя и возвращение в технологический процесс необходимо вследствие относительно высокой его стоимости.

Рассмотрим особенности расчета ректификации растворителей, применяемых в процессах отделки тканей.

Параметры наиболее используемых растворителей приведены в [3]. Основным, а в большинстве случаев единственным процессом регенерации растворителя является ректификация, при которой часто возникают определенные трудности, заключающиеся в том, что некоторые красители перегоняются вместе с растворителем (если их сублимация проходит при низкой температуре). В некоторых случаях происходит пенообразование, затрудняющее процесс разделения. Многие растворители образуют азеотропные смеси (перхлорэтилен, дихлорметан, бутанол и др.).

Образование гомогенных азеотропных (постоянно кипящих) смесей не позволяет разделить их методом ректификации. Однако с точки зрения технологии процессов крашения и отделки [1, 2] применение азеотропной смеси во многих случаях является желательным, поскольку в течение всего процесса обработки обеспечивает постоянство температур и концентраций паровой и жидкой фаз, что необходимо в целях стабилизации и воспроизводимости сорбции и диффузии красителей в волокнистых материалах при использовании органических растворителей. Кроме того, постоянство температуры и концентраций растворителя обуславливает стабильность физико-механических показателей волокна после обработки [1].

Для разделения азеотропной смеси методом ректификации необходимо изменить давление, с повышением которого азеотропная точка на диаграмме $X-Y$ перемещается выше по диагонали. Если точка смещается в правый верхний угол диаграммы, то смесь становится разделяемой путем ректификации. Многие из применяемых органических растворителей [1] образуют бинарные расслаивающиеся смеси, формируя систему двух жидких фаз с ограниченной взаимной растворимостью. Такие системы называются гетероазеотропами. Переход их в гомогенные азеотропные смеси происходит при достаточно высоком давлении, когда температура кипения смеси становится выше критической точки растворимости компонентов [4].

Разделение азеотропов возможно также при введении в систему дополнительного третьего компонента, смещающего точку азеотропа.

В МГТА разработан алгоритм и программа расчета процесса ректификации органических растворителей на языке Паскаль. Результаты расчета числа тарелок ректификационной колонны для регенерации ДМФ из водного раствора, содержащего 20 % ДМФ, приведены в табл. 1. Допустимая концентрация в сточных водах принята равной 0,1 %, а содержание воды в очищенном ДМФ — 5 %, так как отсутству-

ет необходимость в более глубоком разделении ввиду повторного использования ДМФ в технологическом цикле. Легколетучим компонентом является вода. Все проценты мольные.

Расчет выполнен методом «от тарелки к тарелке» на компьютере IBM. Особенности расчета заключаются в том, что для определения числа тарелок при «переборе» точек равновесия интерполяция промежуточных значений проводилась квадратным трехчленом по трем значениям точек. При этом возрастает точность расчетов, программа которых включает нахождение оптимальных размеров колонны. По заданному ряду флегмовых чисел P каждый раз рассчитывается число N тарелок и определяется их оптимальное число при минимуме произведения $N(P+1)$ в зависимости от коэффициента избытка флегмы. В распечатке результатов табл. 1 приведены концентрации исходной смеси x_f , дистиллята x_d и остатка x_w , а также равновесные данные [5]. Расчет выполнен для флегмового числа $P=1,3$. Приведены уравнения рабочих линий верхней и нижней частей колонны и соответствующее им расчетное число N тарелок. Дальнейший расчет (выбор типа тарелок, диаметра и высоты колонны) аналогичен [4].

Таблица 1

Равновесные данные		$P=1,3$
x	y	
1,0000	1,0000	Количество точек равновесной кривой 23 $x_d=0,9990$, $x_f=0,8000$, $x_w=0,0500$ Уравнения рабочих линий: $y=0,5283x+0,4712$ $y=1,1252x-0,0063$
0,9730	0,9921	
0,9713	0,9918	
0,9450	0,9845	
0,9436	0,9842	
0,9416	0,9839	
0,9402	0,9829	
0,8930	0,9745	
0,8583	0,9663	
0,8022	0,9532	
0,7945	0,9506	
0,7191	0,9274	
0,6337	0,8964	
0,6247	0,8939	
0,6155	0,8921	
0,4875	0,8371	
0,2863	0,7373	
0,2100	0,6900	
0,1750	0,6400	
0,1115	0,5158	
0,0967	0,4572	
0,0461	0,2260	
0,0223	0,1150	
0,0000	0,0000	
		Результаты расчетов
		x y
		0,9966 0,9990
		0,9922 0,9927
		0,9843 0,9954
		0,9693 0,9913
		0,9408 0,9833
		0,8665 0,9682
		0,7244 0,9290
		Количество тарелок в верхней части колонны 7
		0,4304 0,8088
		0,1020 0,4780
		Общее количество тарелок 9

Важным этапом расчета ректификационной установки является тепловой расчет куба, дефлегматора, подогревателя и холодильников. Вычислительные трудности возникают здесь при расчете конвективной теплоотдачи от органического теплоносителя к стенке с неизвестной температурой. В уравнения теплоотдачи в этом случае входит отношение критериев $P_r/P_{гст}$ [4]. Указанные трудности исключаются при ис-

пользовании для аппроксимации зависимости P_r от температуры показательной функции вида [9]:

$$P_r = ab^{-t}. \quad (1)$$

Тогда

$$P_r/P_{rct} = b^{\Delta t}, \quad (2)$$

где Δt — разница температур стенки и растворителя. Последняя легко выражается через коэффициент теплоотдачи и тепловой поток. Составлен алгоритм такого расчета и реализован на ЭВМ. В табл. 2 приведена зависимость физических свойств бутанола и критерия P_r от температуры [3, 6, 7].

Обработка критерия P_r по уравнению (1) методом наименьших квадратов приводит к зависимости (среднее отклонение 7,9 %):

$$P_r = 58,08 \cdot 1,0139^{-t}. \quad (3)$$

Таблица 2

Температура $t, ^\circ\text{C}$	Теплоемкость $C_p, \text{Дж/кг}\cdot\text{К}$	Коэффициент динамической вязкости μ , Па·с	Теплопроводность λ , Вт/м·К	Критерий P_r
17	2319	0,00321	0,153	48,65
27	2404	0,00248	0,151	39,48
47	2625	0,00152	0,147	27,14
67	2890	0,000988	0,143	19,97
87	3220	0,000672	0,139	15,57
107	3680	0,000484	0,136	13,10

При определении P_r для смеси двух жидкостей необходимо сначала для заданной концентрации и температуры найти значения μ , λ и C_p . При расчете указанных параметров для смесей органических растворителей следует использовать не правило аддитивности [8], а более сложные зависимости [8]. Особенно большие погрешности возникают при расчете параметров гетероазетропов. Так, опытные данные вязкости смеси уксусная кислота — вода дают отклонение от правила аддитивности до 300 % [8].

ВЫВОДЫ

1. Разработан и реализован на ЭВМ алгоритм расчета ректификации органических растворителей, используемых при отделке тканей.
2. Предложена аппроксимация показательной функцией зависимости критерия P_r от температуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Б. Н. и др. Применение органических растворителей при крашении текстильных материалов красителями различных классов. — М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1972.
2. Кузнецов В. Б. и др. Пути интенсификации процесса промывки тканей после крашения и печати. — М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1990.
3. Справочник химика. Т. V. — М.: Химия, 1967.
4. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. — М.: Химия, 1973.

-
5. Коган В. Б., Фридман В. М. Справочник по равновесию между жидкостью и паром в бинарных и многокомпонентных системах. — М., 1962.
 6. Васильев И. А., Петров В. М. Термодинамические свойства кислородсодержащих органических соединений. — Л.: Химия, 1984.
 7. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов. — М.: Энергоатомиздат, 1990.
 8. Брейтшнайдер С. Свойства газов и жидкостей. — М.: Химия, 1966.
 9. Ефремов Г. И. Расчет теплообменных аппаратов. — М., МТИ, 1989.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии. Поступила 29.01.97.
