

Ульянов Борис Александрович,
д.т.н., профессор, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: xtt-agta@yandex.ru

Семёнов Иван Александрович,
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет
e-mail: semenovia.chem@yandex.ru

Евсеева Дарья Викторовна,
магистрант, Ангарский государственный технический университет

РАЗДЕЛЕНИЕ БУТЕН-ДИВИНИЛЬНОЙ ФРАКЦИИ НА ОБОГАЩЕННЫЕ СЫРЬЕВЫЕ ПОТОКИ

Ulyanov B.A., Semenov I.A., Evseeva D.V.

SEPARATION OF THE BUTENE-DIVINYL FRACTION INTO ENRICHED RAW MATERIAL STREAMS

Аннотация. Рассмотрено влияние расхода разделяющего экстрагента на разделение бутен-дивинильной фракции.

Ключевые слова: бутадиев, экстрактивная ректификация, ацетонитрил.

Abstract. The effect of the separating extractant consumption on the separation of the butene-divinyl fraction is considered.

Keywords: butadiene, extractive rectification, acetonitrile.

Бутадиен-1,3 (дивинил) является ценным сырьем химической промышленности. Он используется для получения различных видов синтетического каучука, а также для производства термопластов, смол и других востребованных продуктов.

Самым конкурентоспособным способом производства бутадиена-1,3 является пиролиз, из продуктов которого выделяется бутен-дивинильная фракция (БДФ). На Ангарском заводе полимеров производится бутен-дивинильная фракция, состав которой представлен в таблице 1.

Таблица 1

Состав БДФ за период с 1.01.2021 по 20.09.2021

№ п/п	Наименование	Содержание, масс. дол.		
		среднее	минимальное	максимальное
1	Углеводороды C ₃	0,02	0,00	0,05
2	Изобутан	3,41	1,63	9,13
3	Углеводороды C ₅ и выше	0,10	0,03	0,34
4	н-Бутан	8,98	4,87	21,52
5	Бутен-1	9,60	8,40	10,92
6	Изобутилен	24,24	19,06	28,14
7	<i>транс</i> -Бутен-2	4,74	3,42	6,44
8	<i>цис</i> -Бутен	3,88	2,73	5,04
9	Бутадиен-1,3	44,44	34,95	50,57

Как следует из таблицы 1 наибольшая доля в смеси приходится на два компонента – изобутилен (~24 %) и бутадиен-1,3 (~44 %). Они же являются и наиболее ценными компонентами. Изобутилен служит сырьем для получения метил-*трет*-бутилового эфира (МТБЭ), а бутадиен-1,3, как указывалось, востребован в производстве каучуков, смол и других ценных продуктов.

Представляет интерес разделить БДФ на два обогащенных сырьевых потока. Один из них, включающий изобутилен и более легкие углеводороды, может быть использован для производства МТБЭ, а другой, содержащий бутадиен-1,3 и более тяжелые углеводороды, направляют на производство полимеров. В этом случае изобутилен и бутадиен-1,3 являются ключевыми компонентами. Разделение их с помощью ацетонитрила, как разделяющего агента, рассмотрено в работе [1]. При этом было выбрано массовое соотношение углеводороды : экстрагент как 1 : 4. Повышенный расход разделяющего агента ведет к увеличению энергетических затрат, связанных с его нагревом и частичным испарением в процессе ректификации, а также с последующей регенерацией и возвращением в цикл. С другой стороны, имеются сведения о повышении селективности процесса с увеличением расхода экстрагента [2].

С целью оценки влияния расхода ацетонитрила на качество разделения смеси изобутилен – бутадиен-1,3 были выполнены расчеты экстрактивной ректификации при разных соотношениях углеводород : экстрагент.

Параметры колонны и условия процесса представлены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры процесса ректификации

№ п/п	Наименование параметра, его обозначение и размерность	Значение
1	Число теоретических тарелок, n_{TT}	45
2	Подача питания на тарелку, считая сверху	35
3	Подача ацетонитрила на тарелку, считая сверху	1
4	Давление вверху колонны, P_B , ата	4,0
5	Давление внизу колонны, P_H , ата	4,3
6	Содержание изобутилена в смеси, $x_{И}$, масс. дол.	0,33
7	Содержание бутадиена-1,3 в смеси, x_B , масс дол.	0,67
8	Флегмовое число, R	4,5
9	Температура верха колонны, t_B , °C	42,9-43,1
10	Температура низа колонны, t_H , °C	73,9-96,1

В расчетах требовалось получить дистиллят с содержанием бутадиена-1,3, не превышающим 0,1 % масс. и кубовый остаток с содержанием изобутилена, не превышающим 1 % масс. Расчеты разделения смеси изобутилена и бутадиена-1,3 указанного состава проводились при четырех соотношениях исходной смеси и разделяющего агента (ацетонитрила): 1:2; 1:3; 1:4; 1:5. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Содержание отделяемых компонентов в дистилляте и кубовом остатке

№ п/п	Соотношение исходная смесь : ацетонитрил	Содержание бутадиена-1,3 в дистилляте, % масс.	Содержание изобутилена в кубовом остатке, % масс.
1	1:2	4,26	0,94
2	1:3	0,02	0,3
3	1:4	0,00	0,27
4	1:5	0,00	0,23

Из таблицы 3 следует, что колонна с 45-ю теоретическими ступенями в состоянии обеспечить заданную чистоту кубового остатка при всех указанных соотношениях питания и разделяющего агента, а дистиллят требуемого качества может быть получен при соотношениях расходов питания и ацетонитрила 1:3 и больших. Низкое содержание примесей в целевых продуктах для второго, третьего и четвертого вариантов указывает на то, что колонна с 45-ю теоретическими ступенями имеет избыточную разделяющую способность.

Анализ составов пара и жидкости по высоте колонны позволил оценить число теоретических ступеней разделения, обеспечивающих требуемое количество дистиллята и кубового остатка (табл. 4).

Таблица 4

Число теоретических ступеней, обеспечивающих требуемую степень разделения

№ п/п	Соотношение исходная смесь: ацетонитрил	Требуемое число теоретических ступеней		
		общее	в нижней части колонны	в верхней части колонны
1	1:3	40	11	29
2	1:4	33	11	22
3	1:5	27	10	17

Из таблицы 4 следует, что с увеличением расхода разделяющего агента необходимое число теоретических ступеней сокращается и, следовательно, требуется колонна меньшей высоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ульянов, Б.А.** Выделение дивинила из бутен-дивинильной фракции (бдф) продуктов пиролиза углеводородного сырья / Б.А. Ульянов, И.А. Семёнов, А.С. Немцов // Вестник Ангарского государственного технического университета. – 2022. – № 16. – С. 70-74.

2. **Павлов, С.Ю.** Выделение и очистка мономеров для синтетического каучука / С.Ю. Павлов – Л.: Химия, 1987. – 231 с.