

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

## ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ НА ВЫДЕЛЕНИЕ БУТИЛОВЫХ СПИРТОВ ТРЕБУЕМОЙ ЧИСТОТЫ

Ulyanov B.A., Semenov I.A.

## THE EFFECT OF PRESSURE IN THE SYSTEM ON THE RELEASE OF BUTYL ALCOHOLS OF THE REQUIRED PURITY

**Аннотация.** Рассмотрено влияние давления на равновесие смесей н-бутанол–изобутил-бутират и н-бутанол–2-этилгексанол.

**Ключевые слова:** фазовое равновесие, дивинил, бутиловые спирты.

**Abstract.** The influence of pressure on the equilibrium of mixtures n-butanol – isobutylbutyrate and n-butanol – 2-ethylhexanol is considered.

**Keywords:** phase equilibrium, divinyl, butyl alcohols.

В производстве бутиловых спиртов требуется выделение смеси нормального бутанола и изобутанола с низким содержанием высококипящих компонентов. С этой целью осуществляется ректификация исходной смеси в колонне, снабженной 70-ю тарелками S-образного типа (рис. 1).

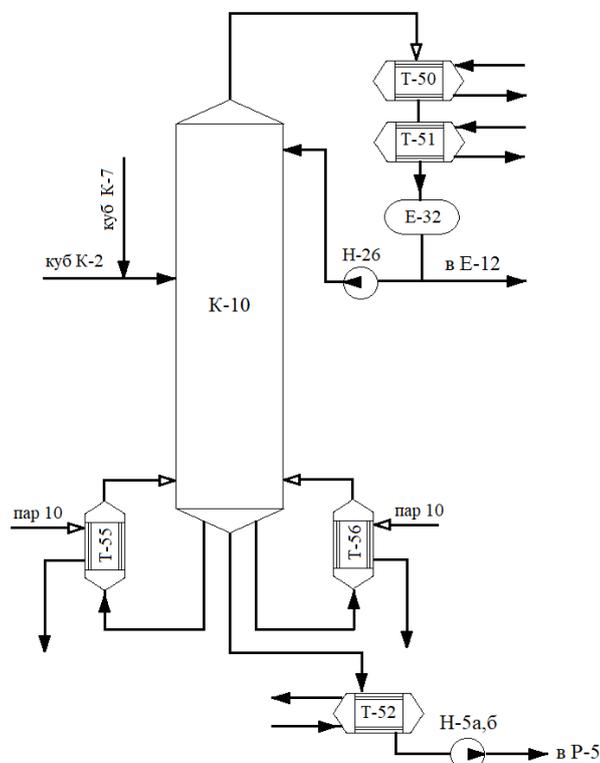


Рисунок 1 – Колонна выделения бутиловых спиртов и кубового остатка (КОБС):  
К – колонна; Т- теплообменник; Е – емкость; Н – насос

В результате разделения смеси получают дистиллят с содержанием высококипящих компонентов, не превышающим 0,2 % масс. и кубовый остаток (КОБС), средний состав которого представлен в таблице 1.

Таблица 1

Средний состав КОБС

№	Компонентный состав, % масс.	КОБС
1	i-Бутанол	0,1 - 0,2
2	n-Бутанол	10,5 - 12,3
3	Эфиры простые	0,2 - 0,5
4	i-Бутилизобутират	0,3
5	n-Бутилизобутират	1,7 - 1,8
6	i-Бутил-n-бутират	1,5 - 1,7
7	n-Бутил-n-бутират	6,2 - 6,3
8	2-Этилгексеналь	0,2
9	n-Бутилдиизобутилацеталь + 2-этилгексеналь	0,5 - 0,7
10	n-Бутилизобутилацеталь	1,5 - 1,6
11	2-Этил-4-метилпентанол	3,3 – 3,7
12	2-Этилгексанол	23,5 - 26,0
13	Неидентифицированные	38,5 – 42,0

Большое содержание n-бутанола в составе КОБСа ведет к существенным потерям этого продукта. Снижение содержания n-бутанола в кубовом остатке за счет повышения четкости разделения смеси являлась одной из задач исследования [1].

Наличие большого количества неидентифицированных компонентов (табл. 1) требует создания модельной смеси, адекватной по своим свойствам реально существующей. С этой целью сложный состав высококипящих веществ был заменен тремя компонентами, присутствующими в КОБСе в достаточно больших количествах – изобутилбутиратом, n-бутилбутиратом и 2-этилгексанолом. Концентрации и летучести их были выбраны так, чтобы наблюдалось совпадение рассчитанных концентраций и температур по высоте колонны с известными из практики работы установки (табл. 2).

Таблица 2

Состав модельной исходной смеси

№	Наименование компонентов смеси	Концентрация $x_F$ , масс. доля
1	Изобутаналь	0,0001
2	n-Бутаналь	0,0005
3	Изобутанол	0,2830
4	n-Бутанол	0,6014
5	Диизобутиловый эфир + муравьиная кислота	0,0120
6	Дибутиловый эфир	0,0214
7	Изобутил-изобутират	0,0008
8	n-Бутил-n-бутират	0,0012
9	2-Этилгексанол	0,0797

Моделирование и расчеты процесса выделения бутиловых спиртов позволили установить режимы эксплуатации колонны, обеспечивающие требуемое качество дистиллята и получение КОБСа с более низким содержанием н-бутанола в пределах 5-8 % масс. [1].

При выполнении работы было выявлено аномальное поведение парожидкостного равновесия высококипящих компонентов и бутиловых спиртов.

Наиболее трудно отделяемым высококипящим компонентом, затрудняющим получение бутиловых спиртов требуемой чистоты, является изобутил-изобутират. Причина состоит в том, что в области низких концентраций этого компонента линия равновесия приближается к диагонали квадрата (рис. 2) и движущая сила процесса становится низкой. Это отрицательно сказывается на отделении изобутил-бутирата от н-бутанола на верхних тарелках колонны [2].

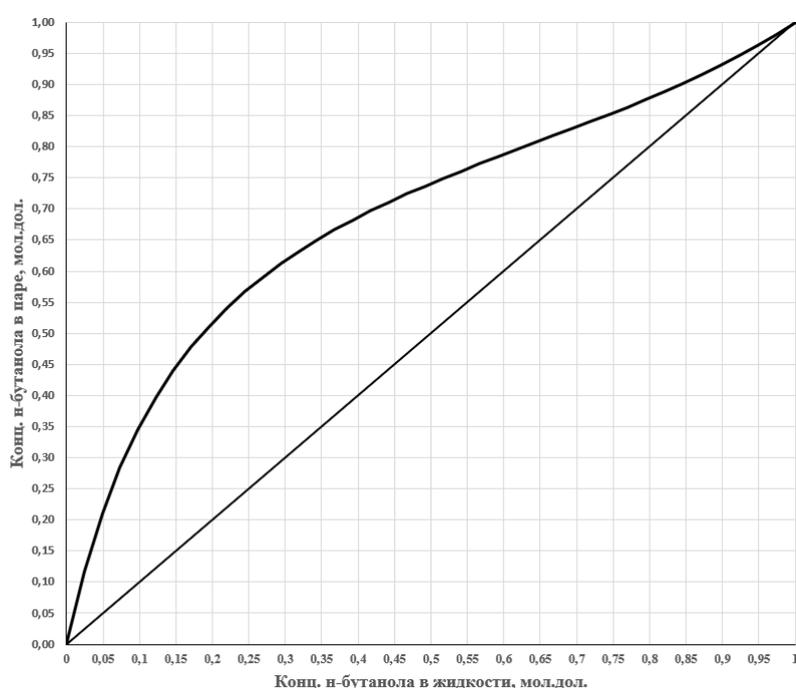


Рисунок 2 – Положение линии равновесия между паром и жидкостью для смеси н-бутанол – изобутил-изобутират при давлении 1 атм

В ходе расчетов было обнаружено, что повышение давления в системе благоприятно влияет на равновесие, что приводит к увеличению движущей силы процесса (табл. 3).

Увеличение давления с одной до трех атмосфер позволяло снизить концентрацию изобутил-бутирата в дистилляте приблизительно в 1,5 раза. Это обеспечивало более стабильную работу колонны и снижение расхода пара в испарителях.

Таблица 3

Значения равновесных концентраций  $y^*$  н-бутанола в паре над жидкостью состава  $x$  и максимальная движущая сила процесса массообмена ( $y^* - x$ ) при разных давлениях в системе для смеси н-бутанол – изобутил-изобутират

x, мол. дол.	Равновесная концентрация $y^*$ мол. дол. и $\Delta y$							
	P = 0,1 ата		P = 0,3 ата		P = 1 ата		P = 3 ата	
	$y^*$	( $y^* - x$ )	$y^*$	( $y^* - x$ )	$y^*$	( $y^* - x$ )	$y^*$	( $y^* - x$ )
0,9231	0,9264	0,0033	0,9369	0,0138	0,9462	0,0231	0,9527	0,0296
0,9487	0,9479	0,0008	0,9561	0,074	0,9628	0,0141	0,9675	0,0188
0,9744	0,9730	-0,0014	0,9771	0,0027	0,9807	0,0063	0,9832	0,0088

Однако поведение второго высококипящего компонента – 2-этилгексанола оказалось противоположным. Повышение давления приводило к снижению движущей силы процесса (табл. 4).

Таблица 4

Значения равновесных концентраций  $y^*$  н-бутанола в паре над жидкостью состава  $x$  и максимальная движущая сила процесса массообмена ( $y^* - x$ ) при разных давлениях в системе для смеси н-бутанол – 2-этилгексанол

x, мол. дол.	Равновесная концентрация $y^*$ , мол. дол.							
	P = 0,1 ата		P = 0,3 ата		P = 1 ата		P = 3 ата	
	$y^*$	( $y^* - x$ )	$y^*$	( $y^* - x$ )	$y^*$	( $y^* - x$ )	$y^*$	( $y^* - x$ )
0,9231	0,9955	0,0724	0,9938	0,0707	0,9915	0,0684	0,9891	0,066
0,9487	0,9971	0,0484	0,9960	0,0473	0,9945	0,0458	0,9929	0,0442
0,9744	0,9986	0,0242	0,9980	0,0236	0,9973	0,0229	0,9965	0,0221

Если сопоставить масштабы изменения движущих сил процесса для изобутил–изобутирата и 2-этилгексанола, то следует отметить, что во втором случае изменения значительно меньше. Однако содержание 2-этилгексанола в смеси во много раз превышает содержание изобутил–бутирата. Вследствие этого эффекты оказались соизмеримыми. В результате было принято решение продолжить работу колонны под атмосферным давлением. А для решения задачи использовать другие приёмы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет по теме «Пересчет узла разделения КОБСа и суммы бутиловых спиртов», АНГТУ, 2023. – 86 с.
2. **Ульянов, Б.А.** Процессы и аппараты химической технологии / Б.А. Ульянов, В.Я. Бадеников, В.Г. Ликучев. – Ангарск: Издательство АНГТУ, 2020. – 759 с.