

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Технико-экономическое сравнение типовой и разрезной
ректификационных колонн**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»
код и наименование направления, специальности

Института химии

Белоусовой Алины Викторовны

Научный руководитель

к.х.н., доцент
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

И.А.Никифоров
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина
инициалы, фамилия

Саратов, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Основы процесса ректификации.....	4
2. Анализ эффективности работы ректификационных колонн для разделения изобутан-бутановых фракций.....	8
3. Экономический анализ работы ректификационной колонны.....	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	14
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	15

ВВЕДЕНИЕ

Процесс ректификации применяется с начала XIX века в спиртовой и нефтяной промышленности и является наиболее распространенным методом разделения жидких однородных смесей, состоящих из двух или нескольких летучих компонентов. В настоящее время во всем мире данный процесс находит применение в разнообразных областях химической технологии, где выделение компонентов в чистом виде имеет большое значение [1].

Процесс ректификации есть диффузионный процесс разделения жидких смесей, компоненты которых различаются по температуре кипения, осуществляемой путем – противоточного многократного контактирования неравновесных паров и жидкости. Этот процесс осуществляется в ректификационных колоннах [2].

Целью преддипломной производственной практики являлось сравнение типовой и разрезной ректификационной колонны разделения изобутан-бутановой фракции установки газодифракционирования по технико-экономическим показателям.

Бакалаврская работа «Технико-экономическое сравнение типовой и разрезной ректификационных колонн» представлена на 56 страницах и состоит из трех разделов:

Раздел 1 – Основы процесса ректификации

Раздел 2 – Анализ эффективности работы ректификационных колонн для разделения изобутан-бутановых фракций

Раздел 3 – Экономический анализ работы ректификационной колонны

1 Основы процесса ректификации

1.1 Виды ректификационных колонн

К современным ректификационным аппаратам предъявляются следующие требования: высокая разделительная способность и производительность, достаточная надежность и гибкость в работе, низкие эксплуатационные затраты, небольшой вес и, наконец, простота и технологичность конструкции [1]. В зависимости от производительности и назначения ректификационные установки для разделения бинарных смесей делятся на установки непрерывного и периодического действия. Основным преимуществом установок непрерывного действия по сравнению с периодическим действием является возможность получения стабильных по составу продуктов и относительная простота автоматизации процесса [3].

Как и во всех массообменных процессах эффективность ректификации зависит от поверхности контакта фаз. Для увеличения поверхности массообмена используют различные контактные устройства насадочного, тарельчатого, пленочного или роторного типа. Наиболее распространенными ректификационными установками являются тарельчатые колонны, применяемые для больших производительностей, широкого диапазона изменений нагрузок по пару и жидкости и обеспечивающие весьма четкое разделение смесей (рисунок 1). Недостатком является относительно высокое гидравлическое сопротивление, однако в условиях ректификации это приводит лишь к некоторому увеличению давления и соответственно к небольшому повышению температуры кипения жидкости в кубе - испарителе колонны [4].

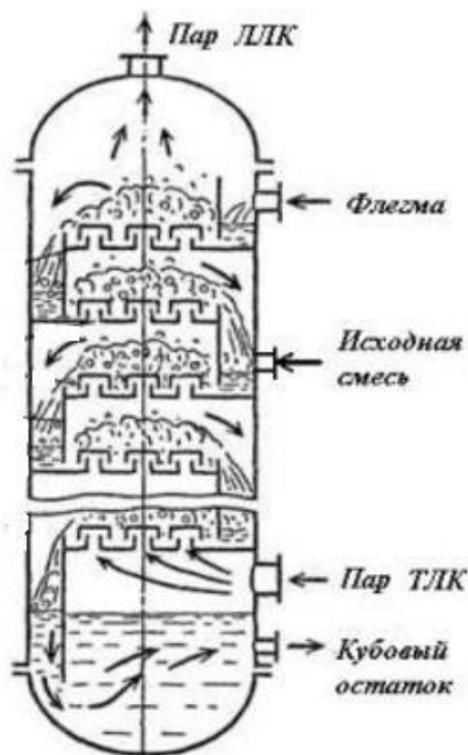
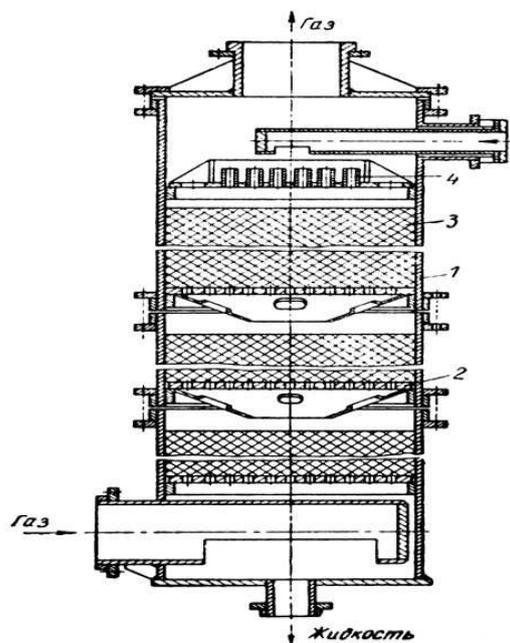


Рисунок 1 – Тарельчатая колонна

Для обеспечения более тесного соприкосновения между встречными потоками пара и жидкости ректификационные колонны оборудованы контактными устройствами – тарелками. От числа таких контактов и от количества флегмы (орошения), стекающей навстречу парам в основном зависит четкость разделения компонентов смеси [5].

Насадочные колонны получили широкое распространение в промышленности (рисунок 2). Они представляют собой цилиндрические аппараты, заполненные инертными материалами в виде кусков определенного размера или насадочными телами, имеющими форму, например, колец, шаров для увеличения поверхности фазового контакта и интенсификации перемешивания жидкой и паровой фаз [6].



1 – корпус колонны; 2 – распределительная решетка; 3 – насадка; 4 – ороситель.

Рисунок 2 – Насадочная колонна

Трубчатые пленочные ректификационные колонны состоят из пучка вертикальных труб[4], по внутренней поверхности которых тонкой пленкой стекает жидкость, взаимодействуя с поднимающимся по трубам паром (рисунок 3).

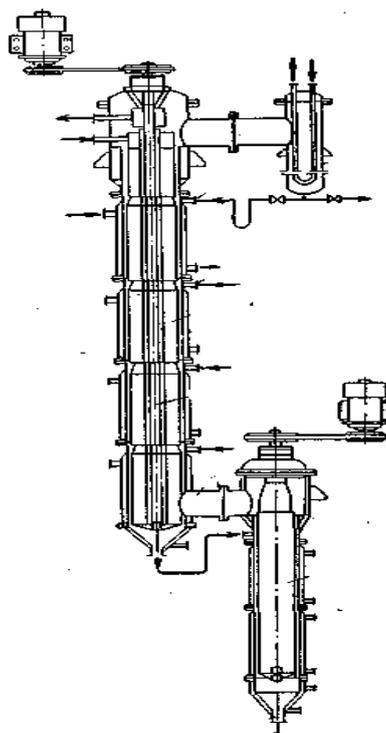


Рисунок 3 – Трубчатая пленочная колонна

1.2 Способы проведения ректификации

Разделение нефти на современных атмосферных установках и на атмосферных секциях комбинированных установок может осуществляться разными способами: как однократное испарение в одной ректификационной колонне, двукратное испарение в двух последовательно расположенных колоннах или перегонка с предварительным испарением легких фракций в колонне предварительного испарения. Также ректификационные колонны могут быть вакуумными, где конденсация паров происходит при минимальном давлении.

Фракции, кипящие при температуре свыше 360°C , при атмосферной перегонке (перегонке при атмосферном давлении) не отделяются, так как при более высокой температуре начинается их термическое разложение (крекинг): крупные молекулы распадаются на более мелкие и состав сырья меняется. Чтобы этого избежать, остаток атмосферной дистилляции (мазут) подвергают перегонке в вакуумной колонне. Так как в вакууме любая жидкость кипит при более низкой температуре, это позволяет разделить и более тяжелые составляющие. На этом этапе выделяются фракции смазочных масел, сырье для термического или каталитического крекинга, гудрон [7].

Гонопольский А.А. в 2013 году предложил изобретение [8], которое относится к ректификационным установкам, необходимым для массообменных процессов в системе "пар - жидкость", а также может найти применение в химической, нефтехимической, коксохимической, металлургической, машиностроительной и других отраслях промышленности, а также в промышленной экологии для очистки уксусной кислоты от примесей. Технический результат: снижение материальных затрат и времени на пуск ректификационной колонны.

В 2011 году Войнов Н.И., Паньков В.А. и Войнов А.Н. представили другое изобретение [9]. Оно относится к способам ректификации смеси жидкостей методами перегонки. Технический результат: повышение

эффективности разделения смеси, снижение габаритов ректификационной колонны.

В 2014 году Столяров В.В., Овсянников В.П., Харченко И.Я., Горин И.Г. и др. запатентовали изобретение, которое относится к нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, в частности к способам ректификации нефти [10]. Технический результат: уменьшение удельных энергетических затрат на переработку нефти, упрощение схемы процесса и увеличение отбора дизельной фракции.

2 Анализ эффективности работы ректификационных колонн для разделения изобутан-бутановых фракций

2.1. Существующая схема разделения изобутан-бутановых фракций

В качестве объекта исследования использовалась разрезная колонна К-3, входящая в состав газофракционирующей установки, схема которой приведена на рисунке 4.

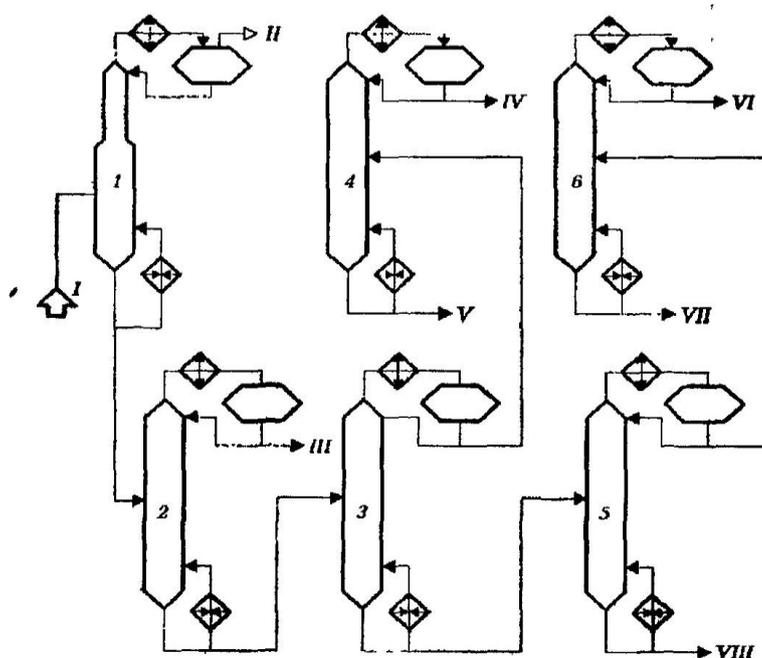


Рисунок 4 Принципиальная схема газофракционирующей установки (ГФУ): 1 – деэтанализатор; 2 – пропановая колонна; 3 – бутановая колонна; 4 – изобутановая колонна; 5 – пентановая колонна; 6 – изопентановая колонна; I – сырье; II – сухой газ; III – пропановая фракция; IV – изобутановая фракция; V – бутановая фракция; VI – изопентановая фракция; VII – пентановая фракция; VIII – фракция C_6 и выше

В блоке ректификации ГФУ из углеводородного газового сырья сначала в деэтанализаторе 1 извлекают сухой газ, состоящий из метана и этана. На вершине колонны 1 поддерживают низкую температуру подачи орошения, охлаждаемого в аммиачном конденсаторе холодильника. Кубовый остаток деэтанализатора поступает в пропановую колонну 2, где разделяется на пропановую фракцию, выводимую с верха этой колонны, и смесь углеводородов C_4 и выше, направляемую в бутановую колонну 3. Ректификатом этой колонны является смесь бутанов, которая в изобутановой колонне 4 разделяется на изобутановую и бутановую фракции. Кубовый продукт колонны 3 подается далее в пентановую колонну 5, где в виде верхнего ректификата выводится смесь пентанов, которая в изопентановой колонне 5 разделяется на н-пентан и изопентан. Нижний продукт колонны 5 – фракция C_6 и выше – выводится с установки [6].

2.2 Характеристики изобутан-бутановой фракции

Изобутановая фракция применяется как сырье для процессов дегидрирования в производстве синтетического каучука, сернокислотного алкилирования изобутана олефинами и др.

- Температура кипения: $-11,7^{\circ}\text{C}$
- Температура плавления: -160°C

Концентрационные пределы распространения пламени в воздухе (по изобутану) от 1,3 до 9,8 об. % .

Фракция нормального бутана используется в качестве сырья для получения бутадиена в производстве синтетического каучука, пиролиза, приготовления углеводородных сжиженных газов, предназначенных в качестве топлива для коммунально-бытового потребления, моторного топлива для автомобильного транспорта, а также в промышленных целях.

- Температура кипения: $-0,5^{\circ}\text{C}$
- Температура плавления: -135°C

Концентрационные пределы распространения пламени в воздухе (по бутану) от 1,4 до 9,3 об. %.

2.3 Моделирование процесса разделения с помощью пакета прикладных программ ChemCAD

Для расчета разрезной колонны разделения изобутан-бутановой фракции мы использовали пакет прикладных программ ChemCAD 5.2. Для анализа эффективности составили технологическую схему, используя блок строгого расчета ректификации.

Состав фракции задавался в соответствии с технологическим регламентом реального производства (таблица 1).

Таблица 1 – Материальный баланс

СЫРЬЁ	ПРИХОД		РАСХОД			
	КГ/Ч	%	ВЕРХ КОЛОННЫ		КУБ КОЛОННЫ	
			КГ/Ч	%	КГ/Ч	%
ИЗОБУТАН	15343	36,37	15303	98,94	40	0,22
БУТАН	26745	63,63	80	1,06	26665	99,78

Все расчеты проводились на цельной колонне, поскольку расчетная ректификационная колонна в составе ЦГФУ имеет 140 тарелок, следовательно, она не может быть сконструирована. Поэтому нами был разработан чертеж разрезной колонны, которая равна по эффективности расчетной.

Затем, изменяя значения некоторых параметров, а именно значение флегмового числа и концентрацию изобутана, построили графики зависимости данных параметров от производительности колонны по легколетучему компоненту и эффективности разделения смеси.

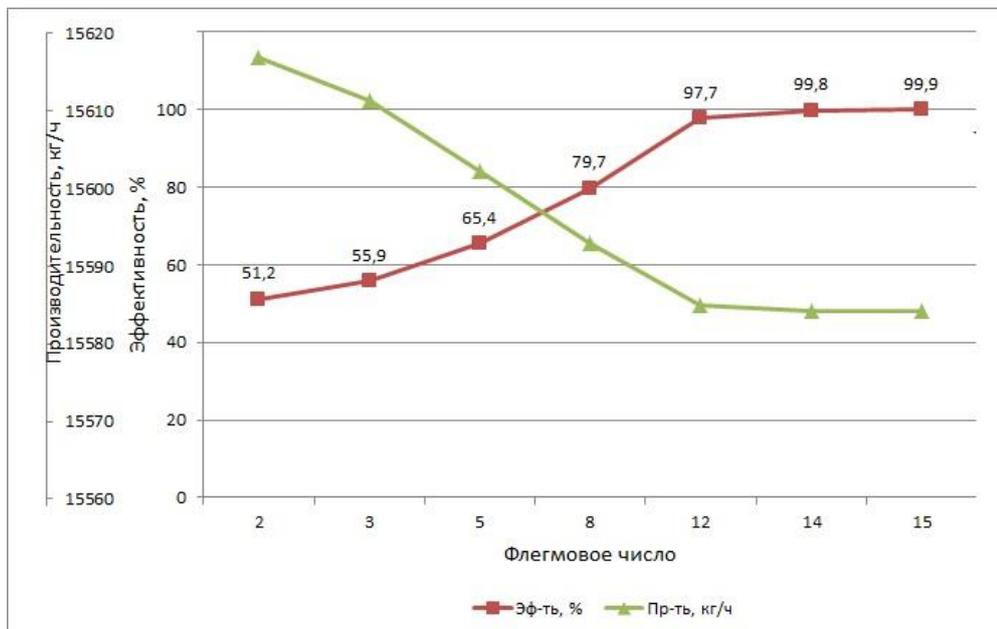


Рисунок 5 – Графическая зависимость эффективности разделения и производительности колонны от флегмового числа

Из представленной зависимости видно, что при изменении флегмового числа в пределах от 2 до 15 эффективность разделения смеси изменяется от 50% до 99%. При этом для обеспечения регламентной производительности и для необходимой степени разделения достаточно, чтобы флегмовое число было больше 12.

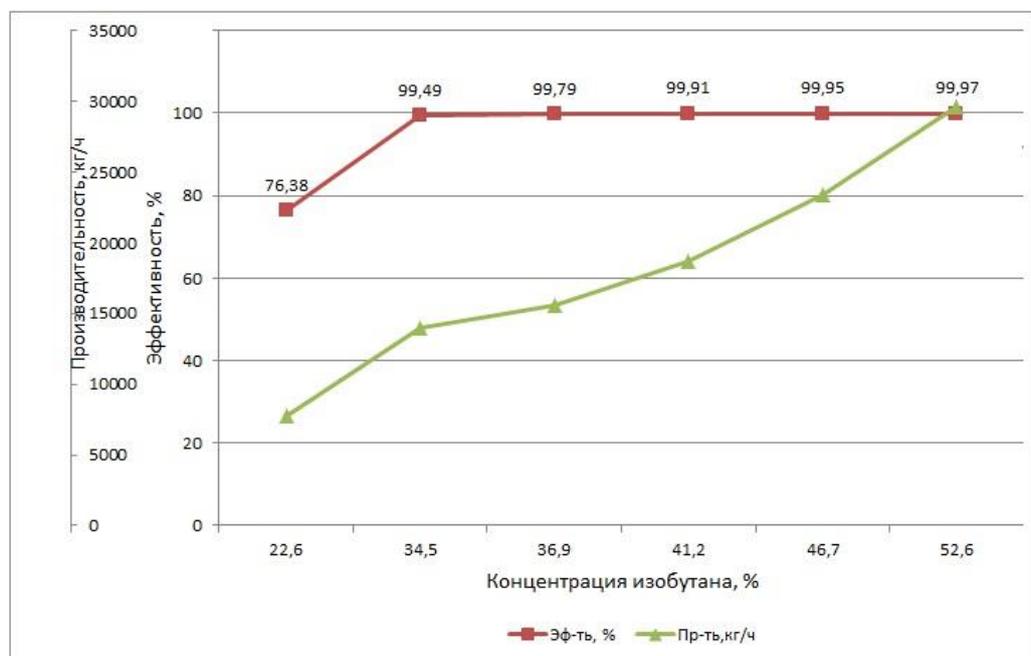


Рисунок 6 – Графическая зависимость эффективности разделения и производительности колонны от концентрации изобутана в сырье

Исходя из данной зависимости, установлено, что при снижении концентрации изобутана в исходном сырье ниже 34% реальная колонна не способна обеспечить товарное качество получаемых фракций.

3 Экономический анализ работы ректификационной колонны

Экономический анализ заключался в следующем:

- проанализировали стоимость бутановой и изобутановой фракции
- исследовали влияние флегмового числа на стоимость продукции

Исходные данные для расчета:

- Стоимость бутановой фракции марки А: 8887 руб./т
- Стоимость изобутановой фракции марки А: 9124 руб./т
-

Таблица 2 – Влияние флегмового числа на стоимость продукции, получаемой в колонне К-3.

Флегмовое число	Количество получаемых фракций, кг/ч (изобутан/бутан)	Стоимость, руб.	Стоимость продукции, руб./ч	Стоимость продукции, млн руб./год
12	15585	142195	376866	3301
	26406	234670		
13	15584	142188	379462	3324
	26699	237274		
14	15584	142188	379889	3327
	26747	237700		
15	15584	142188	380015	3328
	26761	237826		

Из данной зависимости видно, что наибольшую прибыль обеспечивает работа колонны при флегмовом числе 15. Поэтому наиболее выгодным для предприятия будет следующий режим работы колонны: флегмовое число 15, температура верха колонны 58°C, температура низа колонны 78°C, давлении 7,0 кгс/см².

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью пакета прикладных программ ChemCad проведена оценка эффективности работы колонны разделения изобутан-бутановой фракции в различных режимах. Установлено, что при повышении флегмового числа от 2 до 15, эффективность разделения изобутан-бутановой фракции повышается до 99%, при этом производительность колонны снижается с 15616 кг/ч до 15584 кг/ч.

Показано, что оптимальное значение флегмового числа, которое обеспечивает регламентные степень разделения смеси и может изменяться в пределах 12-14.

Определено, что при снижении концентрации изобутана в исходном сырье ниже 34% реальная колонна не способна обеспечить товарное качество, получаемых фракций;

Расчитана зависимость стоимости получаемых фракций от режимов работы колонны: наибольшую прибыль обеспечивает работа при флегмовом числе 15, температуре верха колонны 58°C, температуре низа колонны 78°C, давлении 7,0 кгс/см².

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии, /- 12-е изд., стереотип. -М.: Альянс, 2006. - 750с.
- 2 Игнатович Э. Химическая техника. Процессы и аппараты. Часть 1 (стр. 1-141) / пер. с нем. - Москва: Техносфера, 2007 - 656 с.
- 3 Игнатович Э. Химическая техника. Процессы и аппараты. Часть 2 (стр. 142-387) / пер. с нем. - Москва: Техносфера, 2007 - 656 с.
- 4 Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии 3-е изд. перераб. и доп. - М.: ООО Недра-Бизнесцентр, 2000. - 677 с.
- 5 Генералов М.Б. Машиностроение. Энциклопедия. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств. Т. IV-12 Издательство Машиностроение , 2004. – 832 с.
- 6 Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. Учебное пособие для вузов - Уфа, 2002г.-672с.
- 7 Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию; Под ред. Ю.И. Дытнерского. – 3 – е изд., стереотипное. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 496 с
- 8 Пат. В01D3/14. Ректификационная установка/ Гонопольский А.А.; №2528997; Заявлено 31.05.2013; Оpubл. 20.09.14.
- 9 Пат. В01D3/14. Способ ректификации/ Войнов Н.А., Паньков В.А., Войнов А.Н.; №2437698; Заявлено 04.05.2010; Оpubл. 27.12.11.
- 10 Пат. В01D3/14, С10G7/02. Способ ректификации нефти/Столяров В. В., Овсянников В. П., Харченко И. Я., Горин И. Г., Купин В. С., Куликов Д. А., Бельмаз Д.Н.; №2437699; Заявлено 24.06.2010; Оpubл. 27.12.11.