

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

**Поверочный расчёт ректификационной колонны разделения  
этан-пропановой фракции**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Рахматовой Регины Абдуалиевны

Научный руководитель

д.х.н., профессор

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

**Введение.** Ректификация является основным процессом разделения жидких и газообразных смесей. Для расширения ассортимента товарной продукции и повышения её качества необходимо усовершенствование существующих технологий разделения, внедрение новых конструкций технологического оборудования, а также выбор оптимальных значений технологического режима. В связи с этим *целью работы* является моделирование ректификационной колонны разделения этан-пропановой фракции, входящей в состав газодиффузионной установки, для оптимизации её работы при различных сочетаниях технологических параметров.

*Актуальность выпускной квалификационной работы* заключается в необходимости повышения эффективности работы реальной ректификационной колонны при сохранении имеющегося аппаратного оформления.

В рамках выпускной квалификационной работы произведено моделирование ректификационной колонны для разделения этан-пропановой фракции, входящей в состав газодиффузионной установки, с помощью пакета прикладных программ ChemCad, с целью исследования режимов работы ректификационной колонны при различных сочетаниях технологических параметров.

Бакалаврская работа Рахматовой Регины Абдуалиевны «Поверочный расчёт ректификационной колонны разделения этан-пропановой фракции» состоит из следующих структурных элементов:

- введение;
- литературный обзор, состоящий из двух разделов;
- расчётная часть, состоящая из трёх разделов;
- выводы;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложение.

Выпускная квалификационная работа представлена на 65 страницах, содержит 41 рисунок, 9 таблиц, список использованных источников содержит 21 наименование.

**Основное содержание работы.** В ходе выпускной квалификационной работы проведен анализ литературных данных об устройстве и разновидностях ректификационных колонн, о современных ректификационных установках.

Особое внимание уделено аппаратурному оформлению ректификации, а именно контактными устройствами. Рассмотрены различные конструкции тарелок и насадок.

Изучено реальное производство, а именно ректификационная колонна для разделения этан-пропановой фракции К-6 газодиффузионной установки.

Определены нормы технологического режима работы колонны К-6:

- температура верха: не выше 65 °С;
- температура низа: не выше 87 °С;
- давление верха К-6: не более 35,5 кгс/см<sup>2</sup>;
- расход флегмы: не менее 4 т/ч;
- флегмовое число: от 2,0 до 14,0;
- массовая доля содержания пропана в дистилляте: не более 32%;
- массовая доля содержания этана в кубовом продукте: не более 4%.

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

Таблица 1 – Материальный баланс

Сырьё	Приход		Расход			
	кг/ч	%	Верх К-6, кг/ч	Куб К-6, кг/ч	Верх К-6, %	Куб К-6, %
ЭТАН	1718	5,21	1300	418	63	2,32
ПРОПАН	30940	94,79	750	30190	37	97,68

Сформированы исходные данные для проведения расчёта ректификационной колонны: температура верха колонны - 43 °С ; температура низа колонны- 79 °С ; давление - 31,6 кгс/см<sup>2</sup> ; требуемая степень разделения: этан- 63% , пропан- 97,68%.

Для расчёта анализа эффективности колонны, в программе Chemcad, была составлена схема, которая воспроизводит технологическую схему установки ЦГФУ колонны К-6.

В качестве колонны был использован блок точной ректификации, параметры которого позволили нам проводить исследования. Это массовые доли компонента в дистилляте и кубе, значения температуры верха и низа колонны, давление, перепад давления в конденсаторе, перепад давления в колонне. Также было введено значение количества тарелок в колонне, и номер тарелки, на которую подается сырьё.

На основе расчётов, полученных в ходе моделирования, проведён анализ эффективности разделения ректификационной колонны, построены зависимости эффективности разделения от температуры колонны, концентрации этана в сырьё и флегмового числа.

Таблица 2 - Зависимость эффективности разделения колонны от температуры

Температура(верх/низ)	Эффективность, % мас.	Производительность,кг/ч
13/49	94,5	984
23/69	70,6	992
33/69	52,3	1004
43/79	37,5	1023
53/89	25	1057

63/99	14,5	1142
-------	------	------

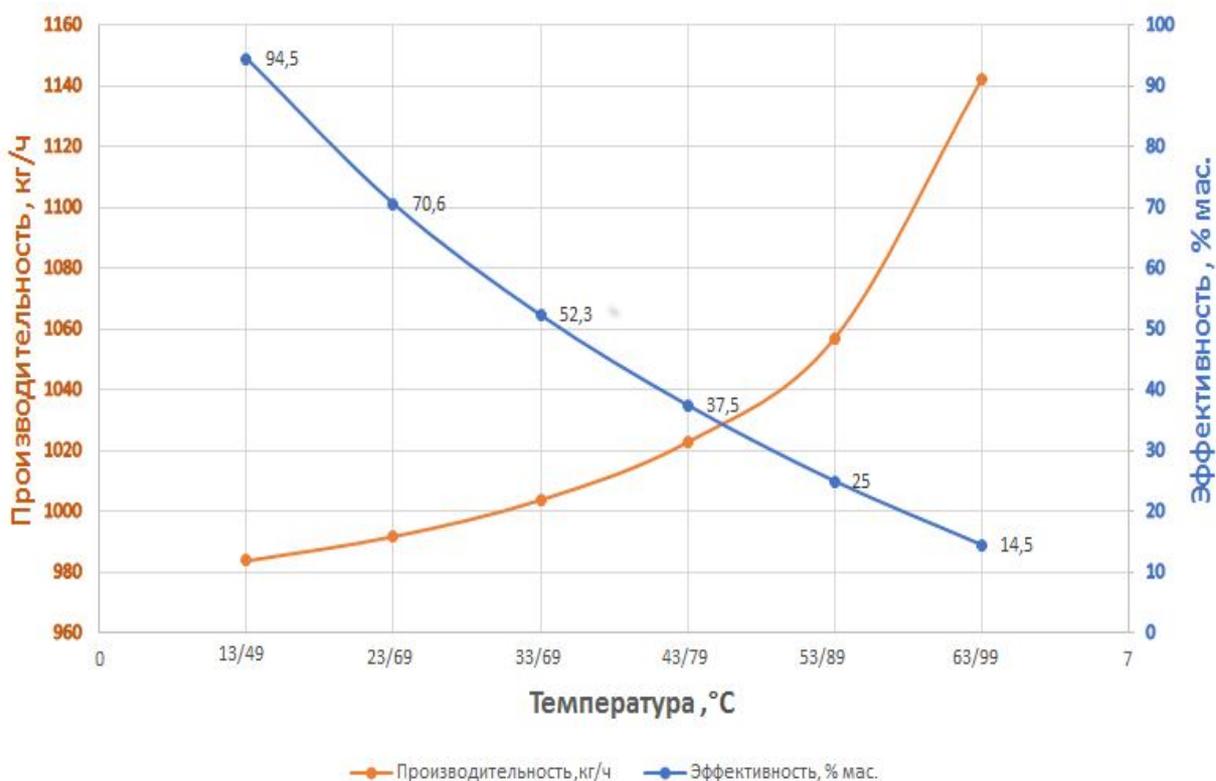


Рисунок 1 - График зависимости эффективности разделения колонны от температуры.

Таблица 3 - Зависимость эффективности разделения колонны от концентрации этана в сырье

Концентрация этана, %	Эффективность, % мас.	Производительность, кг/ч
2,6	31	767
3,1	37	916
4,2	49	1221
5,2	63	1553
6,3	77	1911
7,3	89	2200
8,4	99	2456

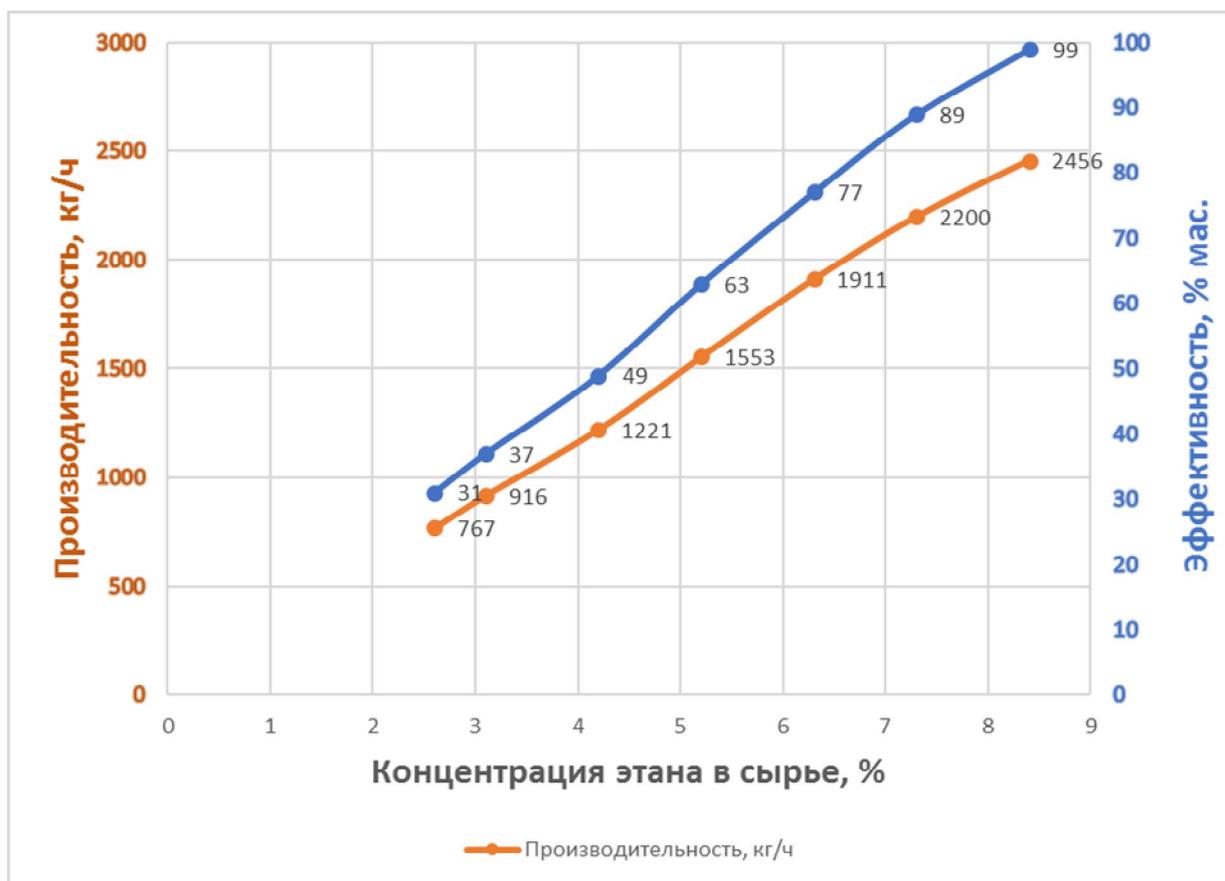


Рисунок 2 - График зависимости эффективности разделения колонны от концентрации этана в сырье.

Таблица 4 – Зависимость эффективности разделения колонны от флегмового числа

Флегмовое число	Эффективность, % мас.	Производительность, кг/ч
4	36,8	1521
6	46,5	1513
8	55,4	1490
10	60,7	1433
12	63,8	1381
14	66,5	1301
16	68,3	1218
18	70,2	1086
22	72,4	1040

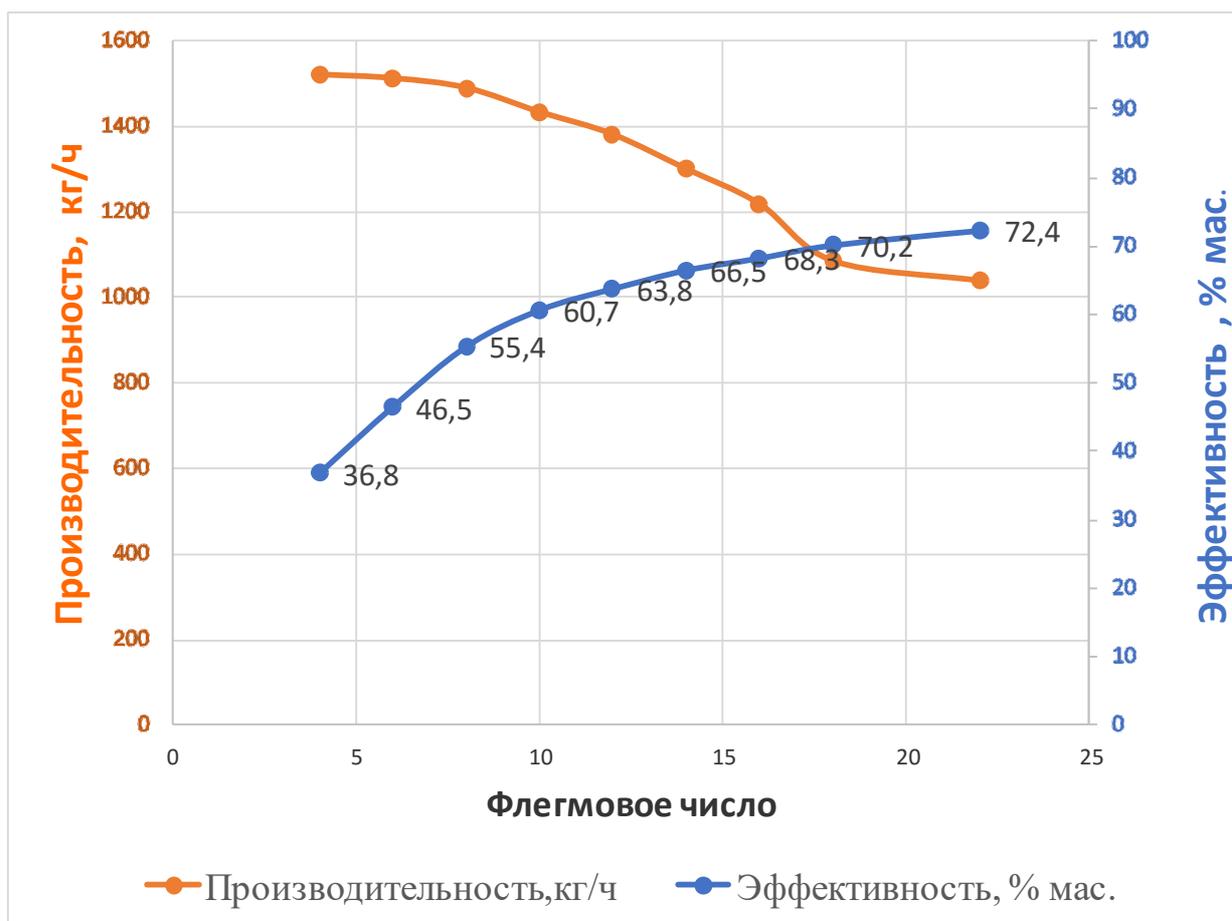


Рисунок 3 – График зависимости эффективности разделения колонны от флегмового числа

Проведен экономический анализ работы ректификационной колонны для разделения этан-пропановой фракции.

Таблица 5 - Зависимость стоимости товарной продукции от флегмового числа

Флегмовое число	Количество получаемых фракций(этан/пропан), кг/ч	Стоимость получаемых фракций, руб.	Стоимость продукции, руб./ч	Стоимость продукции, млн руб./год
12	1381	5862,3	401337,2	3515
	30159	395474,9		
14	1301	5522,7	401548,4	3517
	30201	396025,7		

16	1218	5170,4	406021,6	3556
	30569	400851,2		
18	1086	4610,0	407402,0	3568
	30717	402792,0		
22	1040	4414,8	409881,8	3590
	30921	405467,0		

**Заключение.** Проведена оценка эффективности работы колонны разделения этан-пропановой фракции при различных сочетаниях технологических параметров. Установлено, что при повышении температуры в колонне снижается эффективность с 94,5 % до 14,5%. Показано, что при содержании этана в исходном сырье ниже 5,2 %, реальная колонна не в состоянии обеспечить товарное качество получаемых фракций. Выявлено, что колонна может работать в регламентном режиме при флегмовом числе от 12 до 22, при этом эффективность составляет 68,3% и 72,4% соответственно, причем данная колонна может обеспечить получение этановой фракции только марки Б при любом режиме работы. Предложены оптимальные режимы работы колонны, обеспечивающие получение максимальной прибыли, показано, что при изменении флегмового числа в пределах с 12 до 22 стоимость получаемых фракций возрастает с 3515 млн руб./год до 3590 млн руб./год.

#### **Список использованных источников**

- 1 Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. 12-е изд., стереотип. М.: Альянс, 2006. 750с.
- 2 Тимонин, А. С. Машины и аппараты химических производств / А. С. Тимонин. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2008. 872 с.
- 3 Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов: в 2 ч. / Ю. И. Дытнерский. М.: Химия, 2002.
- 4 Айнштейн, В. Г. Общий курс процессов и аппаратов химической промышленности 2002. В 2 т. Т. 2. / В. Г. Айнштейн. М.: Издательство: Бинوم. ЛЗ,2014. 1758 с.

5 Игнатович, Э. Химическая техника. Процессы и аппараты: Пер. с нем. В 3 ч. Ч. 2. / Э. Игнатович. Москва: Техносфера, 2007. 656 с.

6 Захарова, А.А. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.]. М.: Академия, 2006. 528 с.