

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

**Оптимизация технологической схемы разделения этан-пропановой
фракции**

АВТОРЕФЕРАТ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ
студента 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»

Института химии

Горбачева Дмитрия Андреевича

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 2016

Введение

Существует большое количество ректификационных типов колонн, они разнообразны. Есть более простые колонны, такие как насадочные и представляются технологом дешёвыми.

Цель работы: На основании расчётов наиболее популярных типов колонн сделать выбор оптимальной технологической схемы ректификации для разделения этан-пропановой фракции в составе установки ЦГФУ. Актуальность работы: Сложность при обоснованном выборе ректификационной колонны из-за многообразия типов технологических схем процесса ректификации.

В рамках данной работы был проведён расчёт разных типов колонн, для работы в составе реальной установки. И результаты расчётов, позволили нам сделать вывод о том, какая колонна и эффективнее и экономически выгоднее.

Для обоснованного выбора оптимальной колонны необходимо произвести следующие расчёты:

- Определить диаметр тарельчатой ректификационной колонны;
- Определить высоту тарельчатой ректификационной колонны;
- Определить диаметр насадочной ректификационной колонны;
- Определить высоту насадочной ректификационной колонны;
- Произвести сравнительный анализ затрат на рассчитанные аппараты.

Выпускная квалификационная работа Горбачева Дмитрия Андреевича "Оптимизация технологической схемы ректификации этан-пропановой фракции" представлена на 57 страницах и состоит из четырёх глав.

Глава 1 - Процессы разделения лёгких углеводородов ;

Глава 2 - Классификация ректификационных установок;

Глава 3 - Технологическая часть;

Глава 4 - Экономический расчёт.

Основное содержание работы. В *первой главе* выпускной квалификационной работы осуществлён поиск литературных данных о предназначении и способах переработки ШФЛУ.

Приведены примеры переработки и назначения той или иной фракции в нефтехимическом производстве, входящей в состав ШФЛУ. Таким образом рассмотрены четыре основных варианта разделения ШФЛУ на ГПЗ.

- для производства стабильного газового бензина (углеводороды C_{5+}) и топливного газа (углеводороды C_1-C_4);
- для производства стабильного газового бензина (углеводороды C_{5+}), топливного газа (углеводороды C_1-C_2) и сжиженной пропан-бутановой фракции;
- для производства стабильного газового бензина (углеводороды C_{5+}), топливного газа (метан с примесями этана) и индивидуальных углеводородов (этан, пропан, изобутан, нормальный бутан и др.);
- для производства индивидуальных углеводородов и их смесей (при переработке ШФЛУ, практически не содержащих C_{5+}).

Рассмотрены основные процессы разделения углеводородных смесей.

Основным технологическим процессом газоперерабатывающего завода является процесс отбензинивания.

Применяют четыре способа отбензинивания:

1. компрессионный;
2. низкотемпературная конденсация и ректификация;
3. абсорбционный
4. адсорбционный

Таким образом в первой главе выпускной квалификационной работы были рассмотрены процессы переработки ШФЛУ, тем самым подтверждена актуальность переработки данной фракции соответственно и темы.

Во *второй главе* выпускной квалификационной работы представлены наиболее популярные типы ректификационных колонн. Особое внимание уделено контактными устройствам процесса ректификации, описаны различные вариации конструкций колонн с различными контактными устройствами, выявлено то, что тарельчатые и насадочные аппараты наиболее популярные и эффективные, тем самым подтверждена актуальность разработки оптимальной установки процесса ректификации.

В *третьей главе* выпускной квалификационной работы указаны основные технические параметры (давление в колонне, температура укрепляющей и исчерпывающей части колонны, исходное количество этана и пропана), приведена технологическая схема, служащая прототипом создания двух типов колонн (тарельчатая, насадочная). Выполнены следующие расчёты:

- Расчёт диаметра тарельчатой колонны;
- Расчёт высоты тарельчатой колонны;
- Расчёт диаметра насадочной колонны;
- Расчёт высоты насадочной колонны;
- Экономические расчёты для тарельчатой и насадочной колонны.

Также произведен выбор контактных устройств:

- для тарельчатой колонны были выбраны клапанные тарелки типа ТКП.
- для насадочной колонны была выбрана насадка - керамические кольца Рашига (50x50x5 в мм.), так как они более эффективные и популярные.

Для расчёта диаметров и высот колонн необходимо произвести расчёты описанные ниже.

Был рассчитан материальный баланс процесса. Произведён расчёт флегмового числа на основе диаграммы "состав пара-состав жидкости".

$$R = \beta R_{min} + 0,3 \quad (1)$$

где R_{\min} -минимальное флегмовое число, $\beta=1,3$

Находятся уравнения рабочих линий для верхней и нижней части колонны. Для исчерпывающей части :

$$y = \frac{R + f}{R + 1}x - \frac{f - 1}{R + 1}x_w \quad (2)$$

где $f = GF/GD$ - количество исходной смеси на единицу готового продукта; R - флегмовое число, равное 3,42.

Для укрепляющей части:

$$y = \frac{R}{R + 1}x - \frac{x_D}{R + 1} \quad (3)$$

Найдены объёмные расходы пара и жидкости, на основе расчётов мольной массы компонентов для верхней и нижней частей колонны, а также их плотностей. Для пара:

$$V = \frac{G_m}{\rho_{cp}} \quad (4)$$

V -объёмный расход пара в колонне ($\text{м}^3/\text{с}$); G_m -массовый расход пара в колонне ($\text{кг}/\text{ч}$); ρ_{cp} -плотность пара в колонне ($\text{кг}/\text{м}^3$). Для жидкости:

$$V_{ж} = \frac{G_D R}{\rho_{ж} 3600} \quad (5)$$

Исходя из полученных параметров, была рассчитана скорость пара и диаметр тарельчатой колонны:

$$\omega_{п} = C \sqrt{\frac{\rho_{ж}}{\rho_{п}}} \quad (6)$$

где C - коэффициент, зависящий от конструкции тарелок и расстояния между тарелками, рабочего давления и нагрузки по жидкости. Принимаем расстояние

между тарелками $h = 600$ мм. По [18] находим C – коэффициент, зависящий от конструкции тарелок.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{3,14 \cdot \omega_{\pi}}}, \quad (7)$$

D -диаметр тарельчатой колонны; V -объёмный расход пара в колонне ($\text{м}^3/\text{с}$); ω_{π} - скорость пара в колонне ($\text{м}/\text{с}$).

Диаметр насадочной колонны был найден по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 * G}{\pi * w * \rho_y} * \frac{1000}{3600}} \quad (8)$$

где G - массовый расход пара в колонне ($\text{кг}/\text{ч}$); w -предельная скорость захлёбывания ($\text{м}/\text{с}$); ρ_y -плотность пара в колонне ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Расчёт диаметра тарельчатой и насадочной колонн дал следующие результаты:

- массовый расход пара в колонне $G_{\text{м}}= 26049,2$ (верх) и $28792,3$ (низ) $\text{кг}/\text{ч}$;
- объёмный расход пара в колонне $V_y = 5,50$ (верх) и $5,0$ (низ) $\text{м}^3/\text{с}$;
- объёмный расход жидкости в колонне $V_{\text{ж}}=0,017$ (верх) и $0,020$ (низ) $\text{м}^3/\text{с}$;
- скорость пара в тарельчатой колонне $W_{\pi}=1,12$ (верх) и $1,24$ (низ) $\text{м}/\text{с}$;
- диаметр тарельчатой колонны $D_{\text{т}}=1,6$ метра;
- скорость захлёбывания насадочной колонны $W=1,450$ (в) и $1,320$ (н.) $\text{м}/\text{с}$;
- диаметр насадочной колонны $D_{\text{н}}=2,4$ метра.

Расчёт высоты тарельчатой колонны. Включал в себя расчёт высоты светлого слоя жидкости.

$$h_o = 0,787 \cdot q^{0,2} \cdot h_{\text{пер}}^{0,56} \cdot w_t^m \cdot [1 - 0,31 \cdot \exp(-0,11\mu_x)] \cdot (\sigma_x / \sigma_{\text{вод}})^{0,09} \quad (9)$$

где $q = Q/L_c$ –линейная плотность орошения; L_c – периметр перелива (ширина переливной перегородки) тарелки; Q – объёмный расход жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$; $m =$

0,05 – 4,6* $h_{пер}$ – показатель степени; μ_x – в мПа·с; σ_x , $\sigma_{вод}$ – в мН/м; w_T – есть скорость пара в рабочем сечении тарелки.

Также был произведен расчёт *коэффициентов массоотдачи* по жидкостной и газовой фазе, который включал в себя расчёты коэффициентов диффузии, объёмных плотностей орошения, и были найдены необходимые плотности и вязкости веществ для температуры 20°C.

По жидкостной фазе:

$$\beta_{xf} = \beta_x * \frac{\rho_x}{M_x} \quad (10)$$

β - коэффициент массоотдачи, отнесенный к единице рабочей площади тарелки (м/с); ρ_x -средняя плотность жидкости в верхней и нижней части колонны (кг/м³); M_x -молярный состав жидкости для верхней и нижней части колонны (кг/кмол).

По газовой фазе:

$$\beta_{yf} = \beta_y * \frac{\rho_y}{M_y} \quad (11)$$

Аналогичные величины, только для газовой фазы.

Пользуясь методом "тарелка к тарелке" с помощью расчёта КПД по Мерфи и диаграммы "состав пара -состав жидкости" построена кинетическая кривая, с помощью которой обнаружили действительное число тарелок, соответственно и высоту колонны.

Расчёт высоты насадочной колонны. Высота насадки была найдена по модифицированному уравнению массопередачи.

$$H = n_{oy} * h_{oy} \quad (12)$$

где n_{oy} – общее число единиц переноса по паровой фазе; h_{oy} – общая высота единиц переноса, м.

Общая высота единиц переноса вычислялась по формуле:

$$h_{oy} = h_y + m * h_x \frac{G}{L} \quad (13)$$

где h_y и h_x -частные высоты единиц переноса соответственно жидкой и паровой фазы м.; m -коэффициент распределения для соответствующей части колонны.

Для верного определения высоты насадочной колонны , были найдены коэффициенты диффузии для разных фаз, критерий Прандтля, задались высотой одной секции насадки $Z = 3$ метра.

Результаты расчёта высоты насадочной и тарельчатой колонны:

- Количество тарелок в колонне N-41шт;
- Высота тарельчатой колонны H_k -28 метра;
- Высота насадки $H_{насад}$ -27,8 метров, секций насадки -9 шт.;
- Высота насадочной колонны H_k -40 метров.

Глава четыре содержит экономический расчёт. Затраты на конструирование данных типов колон, рассчитывались на основе графиков, представленных в выпускной квалификационной работе и свидетельствует о том ,что тарельчатая колонна в два раза дешевле насадочной.

Общая стоимость колонны с клапанными тарелками

$$C_{к.общ} = 10,790 \text{млн руб.}$$

Общая стоимость колонны с насадкой :

$$C_{к.общ} = 16,276 + 5,200 = 21,463 \text{ млн.руб.}$$

Заключение

Проведён расчёт двух типов ректификационных колонн насадочной и тарельчатой для работы в составе ГФУ блока разделения этан-пропановой фракции. Установлено, что для обеспечения заданной эффективности разделения требуется тарельчатая колонна с характеристиками: диаметр 1,600мм и высотой 28 метров насадочная: диаметр 2,400мм и высотой 40метров. При этом ориентировочная стоимость тарельчатой 10,8млн.руб., а насадочной 21,5млн.руб.

