

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

**Повышение эффективности ректификационной колонны путем
изменения конструкции клапанной тарелки**

АВТОРЕФЕРАТ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРА

студента 4 курса 431 группы

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

Института химии

Тукбатова Талгата Анатольевича

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

Целью дипломной работы является повышение эффективности ректификационной колонны путем изменения конструкции клапанной тарелки. Так как ректификация – это основной способ для разделения жидких смесей на индивидуальные компоненты, то данный вопрос, безусловно, актуален.

Выпускная квалификационная работа бакалавра Тукбатов Талгата Анатольевича "Повышение эффективности ректификационной колонны путем изменения конструкции клапанной тарелки" представлена на 42 страницах и состоит из двух глав.

Глава 1 - Литературный обзор.

Глава 2 - Технологическая часть.

В *первой главе* выпускной квалификационной работы осуществлён поиск литературных данных об устройстве и разновидностях ректификационных аппаратов, а также найдены в источниках и представлены основные процессы разделения лёгких углеводородных смесей.

Ректификация известна с начала XIX века как один из важнейших технологически процессов главным образом спиртовой и нефтяной промышленности. В настоящее время ректификацию все шире применяют в самых различных областях химической технологии, где выделение компонентов в чистом виде имеет весьма важное значение (в производства органического синтеза, изотопов, полимеров, полупроводников и различных других веществ высокой чистоты).

В данной литературе приведены примеры устройств ректификационных аппаратов. Процессы ректификации осуществляются периодически или непрерывно при различных давлениях: при атмосферном давлении, под вакуумом (для разделения смесей высококипящих веществ), а

также под давлением больше атмосферного (для разделения смесей, являющихся газообразными при нормальных температурах). В ректификационных установках используют главным образом аппараты двух типов: насадочные и тарельчатые ректификационные колонны. Кроме того, для ректификации вакуумом применяют пленочные и роторные колонны различных конструкций.

Особое внимание уделено контактными устройствам процесса ректификации, описаны различные конструкции тарелок и насадок. Выяснено, что мерой совершенства контактного устройства (тарелки) является степень отличия реального состояний пара и жидкости после их взаимодействия в контактном устройстве от предельно возможного (теоретически достижимого) равновесного состояния. Эта степень отличия от теоретически предела характеризуется коэффициентом полезного действия (КПД) контактного устройства η и в значительной степени определяет совершенство самой ректификационной колонны. При выборе типа контактных устройств обычно руководствуются следующими основными показателями: производительностью, гидравлическим сопротивлением, коэффициентом полезного действия, диапазоном рабочих нагрузок, возможностью работы в средах, склонных к образованию смолистых отложений, материалоемкостью, простотой конструкции, удобством изготовления, монтажа и ремонта. Универсальных конструкций контактных устройств, эффективно работающих «всегда и везде», не существует. При выборе конкретного типа тарелок из множества альтернативных вариантов следует отдать предпочтение той конструкции, основные показатели эффективности которой в наибольшей степени удовлетворяют требованиям, предъявляемым исходя из функционального назначения ректификационных колонн. Так, в вакуумных колоннах предпочтительно применение контактных устройств, имеющих как можно меньшее гидравлическое сопротивление.

Во второй главе выпускной квалификационной работы приведена технологическая схема, в которой указаны основные технические параметры (давление в колонне, температура, высота цилиндрической части, количество тарелок, межтарельчатое расстояние).

Данная ректификационная колонна оснащена клапанными тарелками типа ТКП. Для повышения эффективности клапанного контактного устройства необходимо определить максимальную высоту поднятия клапана. Для определения КПД и высоты поднятия клапана у действующей тарелки необходимо провести расчеты, описанные ниже.

Рассчитан материальный баланс процесса. Произведён расчёт флегмового числа.

Расходы продуктов (дистиллята и кубового остатка) определяются из уравнений материального баланса для колонны по всей смеси.

$$G_F = G_D + G_W, \quad (1)$$

где G_F, G_D, G_W – расходы исходного сырья, дистиллята и кубового продукта и по легколетучему компоненту, т/ч.

Определение количества исходной смеси и остатков при совместном решении уравнений материального баланса колонны по веществу и по низкокипящему компоненту:

$$G_F \cdot \bar{x}_F = G_D \bar{x}_D + G_W \bar{x}_W$$

где $\bar{x}_F, \bar{x}_D, \bar{x}_W$ – массовые доли легколетучего компонента (низкокипящего) в исходной смеси, дистилляте и кубовом остатке:

$$G_D = G_F - G_W,$$

$$G_F \cdot \bar{x}_F = (G_F - G_W) \cdot \bar{x}_D + G_W \cdot \bar{x}_W,$$

$$G_F \cdot \bar{x}_F - G_F \bar{x}_D = G_W \cdot \bar{x}_W - G_W \bar{x}_D,$$

Рабочее (оптимальное) флегмовое число R определяет нагрузки ректификационной колонны по пару и по жидкости и наряду с производительностью колонны обуславливает геометрические размеры колонного аппарата и затраты теплоты на проведение процесса.

Исходным при выборе рабочего флегмового числа является минимальное его значение R_{\min} .

R_{\min} определяется по формуле Иоффе:

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_f}{y_f - x_f} = 3,14$$

Выполняем расчет среднего мольного состава жидкости по уравнениям рабочей линии верхней части колонны:

$$x_{\text{ср}}^B = \frac{x_F + x_D}{2}$$

Определяем молярную массу жидкости для верхней части колонны.

$$M_{\text{ср}}^B = M_{\text{нк}} \cdot x_{\text{ср}}^B + M_{\text{вк}}(1 - x_{\text{ср}}^B).$$

Определяем массовый расход жидкости для верхней части колонны.

$$L_{\text{верх}} = G_D \cdot R * \frac{M_D^B}{M_x^B}$$

Определяем молярную массу пара для верхней части колонны.

$$M_{\text{ср}}^B = M_{\text{нк}} \cdot y_{\text{ср}}^B + M_{\text{вк}}(1 - y_{\text{ср}}^B)$$

Определяем массовый расход пара для укрепляющей части колонны:

$$G_{\text{верх}} = G_D \cdot R * \frac{M_D^B}{M_y^B}$$

Рассчитываем паросодержание барботажного слоя:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{F_r}}{1 + \sqrt{F_r}}$$

Для клапанных тарелок рассчитываем рабочую скорость пара:

$$w_{\Pi}^B = \sqrt{\frac{G * 2g}{3,14 * S_0 * \varepsilon * \rho_y}} * Fc$$

Расчет диаметра в колонне :

$$D_B = \sqrt{\frac{4 * G_{\Pi}}{3,14 * \rho_{\Pi}^B * w_{\Pi}^B * 3.6}}$$

Рассчитаем высоту светлого слоя жидкости на тарелке :

$$h_{\text{выс.ст}} = 0,787 \cdot q^{0.2} \cdot h_{\text{пер.}}^{0.56} \cdot w^m \cdot [1 - 0.31 * \exp(-0.11\mu_x)] * (\alpha_x/\alpha_B)^{0.09}$$

Расчет коэффициентов массоотдачи в газовой фазе.

$$\beta_{yf} = 6,24 \cdot 10^5 S_0 D_y^{0.5} \left(\frac{\omega_T}{\varepsilon}\right)^{0.5} h_0 \left(\frac{\mu_y}{\mu_x + \mu_y}\right)^{0.5}$$

Расчет коэффициентов массоотдачи в жидкой фазе.

$$\beta_{xf} = 6,24 \cdot 10^5 D_x^{0.5} \left(\frac{U}{1-e}\right)^{0.5} h_0 \left(\frac{\mu_y}{\mu_{\lambda} + \mu_y}\right)^{0.5};$$

Коэффициент диффузии для жидкости при 20°C (2.22 стр. 289 [5]):

$$D_x^{20} = \frac{10^{-6}}{A \cdot B \sqrt{\mu_x} \cdot (v_{HK}^{1/3} + v_{BK}^{1/3})^2} \sqrt{\frac{1}{M_{HK}} + \frac{1}{M_{BK}}} \text{ м}^2/\text{с}$$

Расчет коэффициента массопередачи.

Коэффициент массопередачи выражается в коэффициентах массоотдачи в паровой β_{yV}^i и жидких фазах β_{xV}^i :

$$\frac{1}{K_{yV}^i} = \frac{1}{\beta_{yV}^i} + \frac{m_i}{\beta_{xV}^i}$$

Определяем эффективность по Мерфи

$$E_{My} = \frac{E'_{My}}{1 + e\lambda E'_{My} / [m(1 - \theta)]}$$

Расчет ректификационной колонны с клапанными тарелками дал следующие результаты:

- Рабочая скорость пара = 1.724 м/с
- Диаметр колонны = 1.52 м
- Коэффициент массоотдачи в газовой фазе = 0,619 м/с
- Коэффициент массоотдачи в жидкой фазе = 0.00957 м/с
- Коэффициент массопередачи = 0.058 кмоль/м*с²
- Высота светлого слоя жидкости на тарелке = 0,0256 м
- Высота клапана = 6 мм
- Эффективность по Мерфи = 54 %.

В настоящее время существует ряд способов для повышения эффективности ректификационных колонн.

Нами выбран путь повышения эффективности контактного устройства заключающийся в изменении высоты поднятия клапана у клапанной тарелки. Это не требует серьезных изменений в конструкции и может быть массово внедрен в производство.

В ходе расчетов было определено, что максимальное значение высоты поднятия клапана у клапанной тарелки составляет 10 мм.

Произведены аналогичные расчеты:

- Рабочая скорость пара = 1.724 м/с
- Диаметр колонны = 1.52 м
- Коэффициент массоотдачи в газовой фазе = 1.14 м/с
- Коэффициент массоотдачи в жидкой фазе = 0.0257 м/с
- Коэффициент массопередачи = 0.1054 кмоль/м²·с
- Высота светлого слоя жидкости на тарелке = 0,0256 м
- Высота клапана = 10 мм
- Эффективность по Мерфи = 65 %.

Заключение

1. В данной работе были выявлены несколько путей увеличения эффективности контактных устройств ректификационных колонн: изменение конструкции контактных устройств (модернизирование действующих контактных устройств, и разработка новых) и изменение режима работы.
2. Установлено, что при изменении конструкции клапанной тарелки с целью повышения эффективности, заключающимся в увеличении высоты

поднятия клапана с 6 мм до 10 мм, значение КПД тарелки увеличилось на 11%