

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 за счет
изменения ее конструкции**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента(ки) 2 курса 252 группы
направления (специальности) 18.04.01 «Химическая технология»
код и наименование направления (специальности)
Института химии
наименование факультета, института, колледжа
Тукбатова Талгата Анатольевича
фамилия, имя, отчество

Научный руководитель
доцент, к.х.н., доцент
должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

И.А. Никифоров
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой
д.х.н., профессор
должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

Р.И. Кузьмина
инициалы, фамилия

Саратов 2018

Введение

Целью дипломной работы является повышение эффективности ректификационной колонны путем изменения ее конструкции.

Так как ректификация - это основной способ для разделения смесей на индивидуальные компоненты и имеет важное значение в химической технологии, то модернизирование ректификационных колонн в настоящее время является актуальной задачей.

Выпускная квалификационная работа магистра Тукбатова Талгата Анатольевича «Повышение эффективности ректификационной колонны за счет изменения ее конструкции » представлена на 55 листах и состоит из 2 двух.

Глава 1 – Литературный обзор.

Глава 2 – Технологическая часть.

В *первой главе* выпускной квалификационной работы осуществлен поиск литературных данных об устройствах и разновидностях ректификационных аппаратов, а также проанализированы перспективные разработки в области модернизации существующих контактных устройств.

В литературе приведены примеры устройств ректификационных аппаратов. Ректификационная колонна имеет цилиндрический корпус, внутри которого установлены контактные устройства в виде тарелок или насадки. Снизу вверх по колонне движутся пары, поступающие в нижнюю часть аппарата из кипятильника, который находится внизу колонны (встроен в куб). С помощью него создается восходящий поток пара. Пары проходят через слой жидкости на нижней тарелке, а в результате взаимодействия между жидкостью и паром, имеющим более высокую температуру, жидкость частично испаряется, причем в пар переходит преимущественно НК. Поэтому на следующую тарелку поступает пар с содержанием НК.

Особое внимание уделено контактным устройствам процесса ректификации, описаны различные конструкции тарелок и насадок. Выяснено, что мерой совершенства контактного устройства является степень отличия реального состояния пара и жидкости после их взаимодействия в контактном устройстве от предельно возможного равновесного состояния. Эта степень отличия от теоретического предела характеризуется коэффициентом полезного действия контактного устройства и в значительной мере определяет само совершенство 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 тарелка оснащена ситчатыми тарелками типа ТСП. Для повышения эффективности различных контактных устройств необходимо изменить их геометрию.

Для определения КПД у ситчатой тарелки необходимо провести следующие 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:

$$R_{\min} = \frac{xd - yf}{yf - xf}$$

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

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

Определяем молярную массу жидкости для верхней части колонны.

$$M_{cp}^e = M_{hk} \cdot x_{cp}^e + M_{ek} (1 - x_{cp}^e).$$

Определяем массовый расход жидкости для верхней части колонны.

$$L_{verx} = G_D * R * \frac{M_D^e}{M_x^e}$$

Определяем молярную массу пара для верхней части колонны.

$$M_{cp}^e = M_{hk} \cdot y_{cp}^e + M_{ek} (1 - y_{cp}^e)$$

Определяем массовый расход пара для укрепляющей части колонны:

$$G_{\text{вепx}} = G_D * R * \frac{M_D^6}{M_y^6}$$

Рассчитываем паросодержание барботажного слоя:

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

Для клапанных тарелок рассчитываем рабочую скорость пара:

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

Расчет диаметра в колонне :

$$D_e = \sqrt{\frac{4 * G_n}{3,14 * \rho_{\Pi}^B * w_{\Pi}^B * 3,6}}$$

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.

$$\beta_{xf} = 6,24 \cdot 10^5 D_x^{0,5} \left(\frac{U}{1-e} \right)^{0,5} h_0 \left(\frac{\mu_y}{\mu_x + \mu_y} \right)^{0,5};$$

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

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

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 ситчатыми тарелками дал следующие результаты:

- Рабочая скорость пара = 1.516 м/с
- Диаметр колонны = 1.52 м
- Коэффициент массоотдачи в газовой фазе = 0,511 м/с
- Коэффициент массоотдачи в жидкой фазе = 0,00952 м/с
- Коэффициент массопередачи = 0,052 кмоль/м²*с²
- Высота светлого слоя жидкости на тарелке = 0,0242 м
- Высота переливной планки = 30 мм
- Эффективность по Мерфи = 52 %.

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

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

В ходе расчетов было определено, что максимальное значение высоты переливной планки составляет 70 мм.

Проведены аналогичные расчеты:

- Рабочая скорость пара = 1.516 м/с
- Диаметр колонны = 1.52 м
- Коэффициент массоотдачи в газовой фазе = 0,678 м/с
- Коэффициент массоотдачи в жидкой фазе = 0.01092 м/с
- Коэффициент массопередачи = 0. 042 кмоль/м²*с²
- Высота светлого слоя жидкости на тарелке = 0,0418 м
- Высота переливной планки = 70 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 ситчатой тарелки с целью повышения эффективности, заключающимся в увеличении высоты сливной перегородки с 30 мм до 70 мм, значение КПД тарелки увеличилось на 13%

