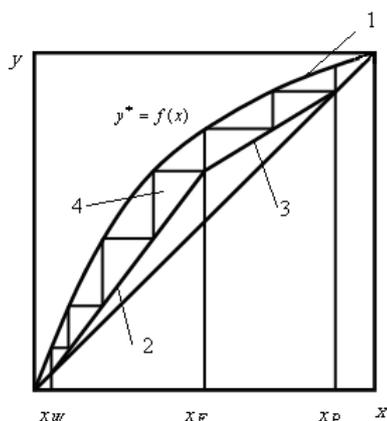


Раздел 11. Перегонка и ректификация и конструкция ректификационных колонн. Расчет

Лекция № 14

Определение числа теоретических тарелок

Число теоретических тарелок находят с помощью y - x – диаграмм при допущении постоянства потоков по высоте аппарата. На диаграмме строятся кривые зависимости равновесных и рабочих концентраций компонентов в потоках.



- 1 – равновесная кривая;
- 2 – рабочая линия верхней части колонны;
- 3 – рабочая линия нижней части колонны;
- 4 – тарелка питания.

Для тарельчатой колонны число реальных тарелок будет равно:

$$n_p = \frac{n_T}{\text{КПД}}$$

Для бинарной смеси $\text{КПД}_T \approx 0,5 \div 0,7$; для многокомпонентных смесей $\text{КПД}_T \approx 0,2 \div 0,5$

Высота тарельчатой колонны:

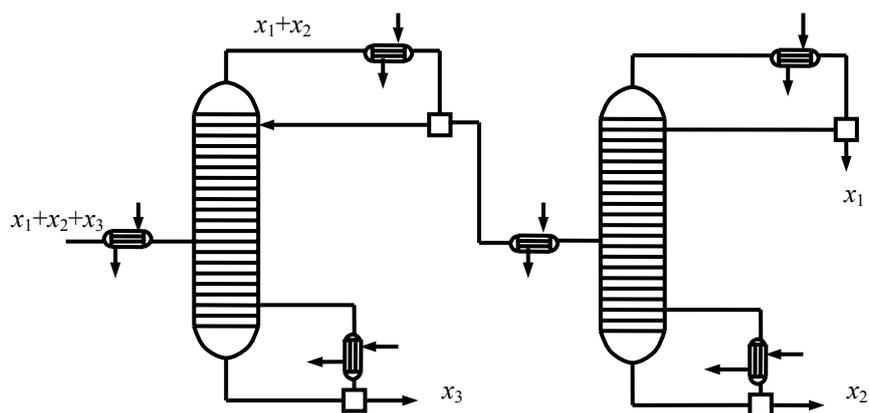
$$H_k = n_p \cdot H_{\text{тар}}$$

где $H_{\text{тар}} = (0,35 \div 0,6)$ м в зависимости от типа и диаметра тарелки.

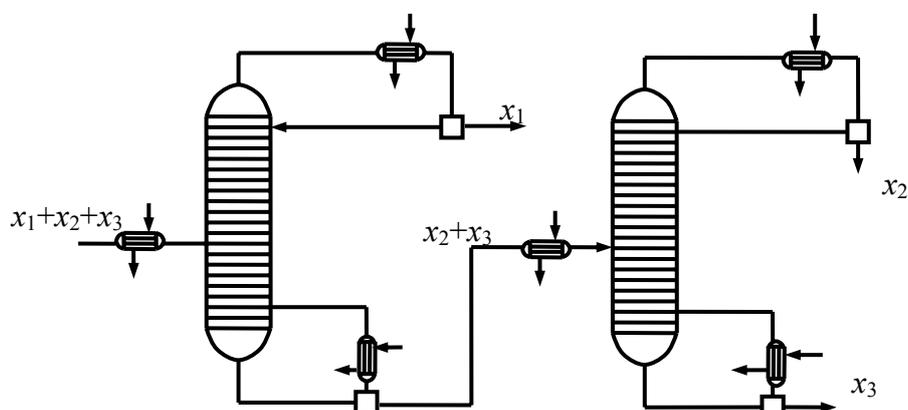
Схема разделения многокомпонентных смесей

Пусть мы имеем трехкомпонентную смесь с составом x_1, x_2, x_3 . Необходимо получить чистые компоненты.

1. Пусть x_1, x_2 – имеют близкую относительную летучесть; а x_3 – тяжелолетучий компонент.



2. Пусть x_1 – более летучий из компонентов; а x_2, x_3 – имеют близкую относительную летучесть.



Из рассмотренных выше схем следует, что для разделения n – компонентной смеси требуется $(n-1)$ колонна.

Переработка нефти. Получение нефтяных топлив

Непрерывные смеси типа нефти и ее фракций состоят из большого числа компонентов с близкими температурами кипения и относительными летучестями, поэтому они характеризуются непрерывным изменением этих свойств в зависимости от состава смеси. Обычно в качестве характеристики состава и указанных выше свойств непрерывных смесей используют зависимость температуры кипения исследуемой смеси при атмосферном давлении от общего отбора при этой температуре.

Фракция (погон) объединяет все соединения, которые кипят в определенном интервале температур.

При температуре кипения менее 32°C – углеводородные газы (самая легкая фракция).

32-105 °C – бензин (газолин);

105-160 °C – нефтя (тяжелый бензин, легроин);

160-230 °C – керосин;

230-430 °C – газойль;

Более 430 °C – тяжелый остаток (мазут).

Важной характеристикой нефти, как и любого другого топлива, является содержание серы.

Если содержание серы менее 0,5%, то нефть называют мелкосернистой (сладкой); если >35% - сернистая нефть (кислая); если 0,5÷2,5% - кисло-сладкая.

Колонны с боковыми отборами называют сложными.

При высоких температурах (более 480 °C) происходит крекинг нефти, т.е. раскол большой молекулы на 2 маленькие.

Для разделения тяжелых остатков без крекинга используют вакуумную ректификацию, т.е. давление в колонне значительно ниже атмосферного, что вызывает меньшую температуру кипения.

Каталитический крекинг – тяжелый газойль нагревают при повышенном давлении в контакте с катализатором. Целью каталитического крекинга является превратить тяжелые фракции в бензин.

Процесс обратный крекингу – алкирование, т.е. превращение небольших молекул в более крупные. Установка алкирования, как правило, состоит из холодильных аппаратов, реакторов, узла отделения кислоты.

Каталитический реформинг: сырьем является прямогонная нефтя. Целью реформинга является получение высокоароматических бензиновых дистиллятов, которые используются в качестве высокооктановых компонентов или для выделения ароматических углеводородов: бензола, толуола, ксилола.

Экстрактивная и азеотропная ректификации

При ректификации смесь разделить тем трудней, чем ближе температуры кипения компонентов. Для этого требуется большее количество теоретических тарелок.

Трудность разделения смеси можно оценить по коэффициенту относительной летучести:

$$\alpha = \frac{P_A}{P_B}$$

где P_A , P_B – давление насыщенных паров компонентов A и B .

При малых значениях α смесь можно разделить под вакуумом (чем глубже вакуум, тем больше затраты энергии).

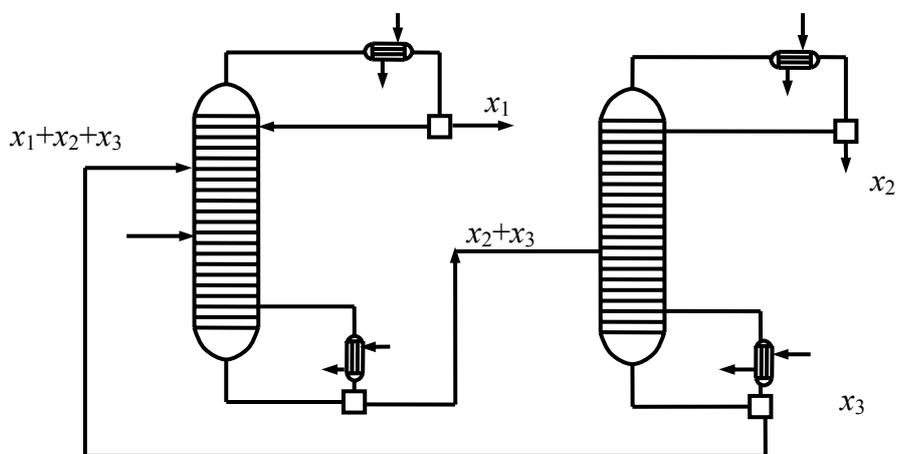
Новые возможности техники ректификации появились с появлением методов азеотропной и экстрактивной ректификации.

Данные методы основаны на увеличении движущей силы процесса разделения за счет изменения условий равновесия между жидкостью и паром, которые достигаются путем добавления к заданной смеси специально подобранных веществ – разделяющих агентов.

Метод экстрактивной ректификации заключается в проведении процесса ректификации с практически нелетучими разделяющими агентами, или имеющими значительно меньшую относительную летучесть, чем компоненты заданной смеси. В процессах экстрактивной ректификации почти весь разделяющий агент отводится с кубовой жидкостью, а в дистиллят обычно попадает в очень небольших количествах.

Разделяющий агент подается в ректификационную колонну на некотором расстоянии от ее верха и стекает вместе с флегмой.

Образование азеотропных смесей разделяющим агентом с компонентами исходной смеси нежелательно во избежание загрязнения дистиллята разделяющим агентом.



A, B – исходная смесь (трудноразделимое)

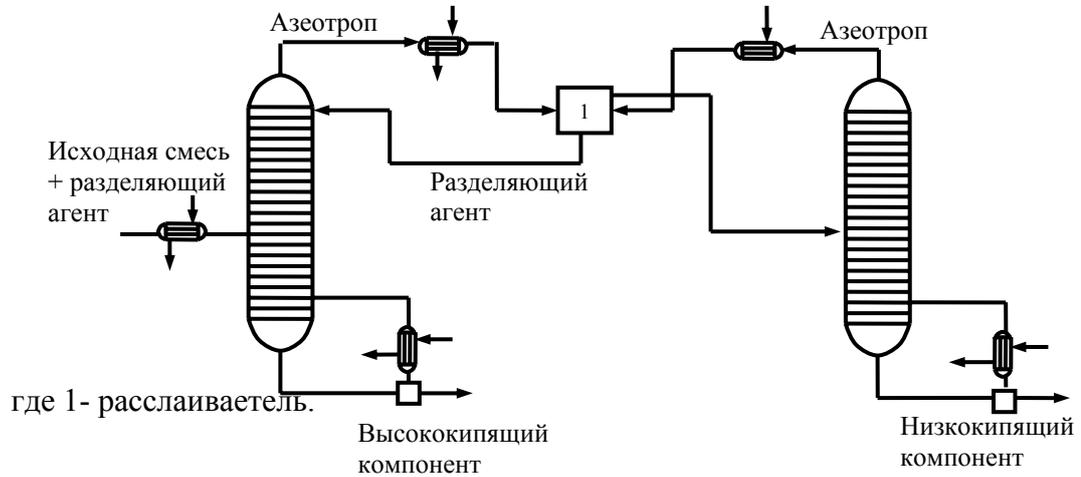
C – разделяемый компонент, который подается в первую колонку (экстрактивно-ректификационная колонна)

В первой колонне выделяется компонент A ; B и C подаются во вторую колонну, где выделяется разделяющий компонент C , возвращающийся в первую колонну.

Недостатком экстрактивной ректификаций является использование второй колонны для выделения разделяющего агента.

Метод азеотропной ректификации заключается в проведении процесса ректификации с разделяющими агентами, образующими с одним или

несколькими компонентами исходной смеси азеотропные смеси, которые при ректификации отбираются в виде дистиллята. Поэтому такие разделяющие агенты должны быть летучими веществами. Обычно процесс азеотропной ректификации проводится так, чтобы вводимый в колонну разделяющий агент почти полностью выводился с дистиллятом.



Однако в некоторых случаях экстрактивной ректификации применяются разделяющие агенты, образующие азеотропную смесь с компонентом отбираемого дистиллята. Такой процесс называют азеотропно-экстрактивной ректификацией.

Регенерация разделяющего компонента при экстрактивной ректификации не представляет сложности. За счет разной летучести разделяющего компонента и смеси, разделяющий агент через кубовый остаток возвращается в первую колонну. При азеотропной ректификации разделяющий агент выводится из системы в виде азеотропной смеси, поэтому регенерация затруднена. В связи с этим для процессов азеотропной ректификации наиболее желательны разделяющие агенты, обладающие ограниченной взаимной растворимостью в компонентах, отбираемых в виде дистиллята.

Энергосбережение при ректификации

Ректификация характеризуется большой энергоемкостью, т.к. вся жидкость в колонне должна находиться при температуре кипения.

Основные способы энергосбережения:

1. оптимизация технологического режима;
2. оптимизация технологической схемы;
3. повышение эффективности контактных устройств, что дает возможность снизить флегмовые числа, и как следствие, уменьшить расход греющего пара в кипятыльнике.

Оптимальное флегмовое число определяется на основе технико-экономического анализа.

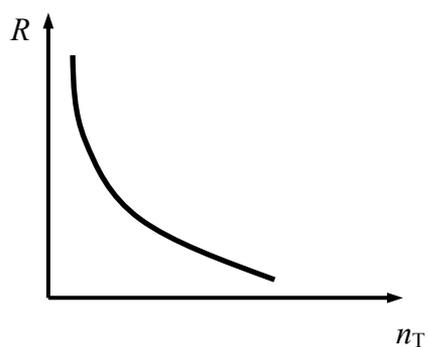
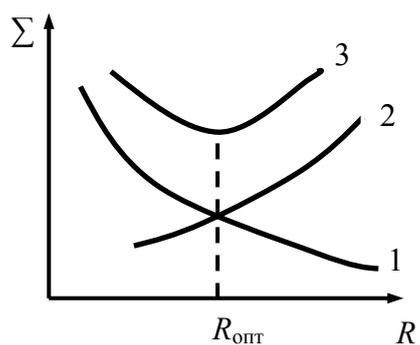


Рис. Зависимость флегмового числа R от числа тарелок n_T



- 1 – капитальные затраты;
- 2 – затраты на греющий пар;
- 3 – суммарные затраты.

Минимум затрат дает оптимальное значение флегмового числа
4. рекуперация тепла.

