

Кафедра "Процеси і
апарати хімічної
технології"

Лабораторна робота № 23
"Аналіз роботи ректифікаційної насадкової колони
періодичної дії"

Виконав:
ст гр. ХТ-35
Іванкевич Р.

Львів 2007

1. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

За допомогою ректифікації здійснюють розділення багатоконпонентних сумішей за допомогою безперервного контакту рідкої та парової фаз, які рухаються протитічно.

За способом організації процесу ректифікаційні установки поділяються на два типи: неперервної та періодичної дії.

Особливістю роботи ректифікаційної колони періодичної дії є поступове зменшення концентрації легколеткого компоненту в кубі. Тому при роботі колони з постійним флегмовим числом вміст легколеткого компонента з дистилляту поступово зменшується. Збільшуючи флегмове число, можливо одержати дистиллят постійної концентрації.

Для розрахунку ректифікації користуються y, y^*-x діаграмою, на якій позначені робочі концентрації низько-киплячого компонента в мольних частках у рідкій фазі (x) та в паровій фазі (y). На цій же діаграмі зображена рівноважна крива, яка будується згідно з довідниковими даними (1). Рівняння робочої лінії для верхньої частини ректифікаційної колони має вигляд

$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_D}{R+1}, \quad (1)$$

де x_D – концентрація легколеткого компонента з дистилляту а мольних частках;

R – флегмове число (відношення Флегми (Φ), яка повертається в колону, до відібраного продукту (D – дистилляту).

Якщо продукт (D) не відбирається з колони, тоді флегмове число прямує до нескінченності (колонна працює "на себе"), робоча лінія при цьому збігається з діагоналлю.

Розрахунок колон насадкового типу зводиться до встановлення основних розмірів апарата: діаметра та висоти шару насадкових тіл. Висоту шару насадки в апараті можна визначити теоретично з модифікованого рівняння масопередачі:

$$H = \frac{G}{\psi K_y S \cdot a} \cdot \int_{y_w}^{y_D} \frac{dy}{y^* - y}, \quad (2)$$

де $\int_{y_w}^{y_D} \frac{dy}{y^* - y}$ – кількість одиниць перенесення, яка показує на скільки змінюється робоча

концентрація на одиницю рушійної сили;

$$h = \frac{G_V}{\psi \cdot K_y \cdot S \cdot a} - \text{висота одиниць перенесення, м;}$$

K_y – коефіцієнт масопередачі, кмоль/(м/с);

G_V – витрата парової фази, м/с;

a – питома поверхня насадки, м²/м³;

ψ – коефіцієнт змочуваності насадки.

Отже, висота насадкової частини апарата буде:

$$H_T = n \cdot h, \quad (3)$$

Кількість одиниць перенесення можна прийняти такою, що дорівнює кількості ступенів зміни робочих концентрацій (рис. 1.), або точніше визначити методом графічного інтегрування (рис. 2):

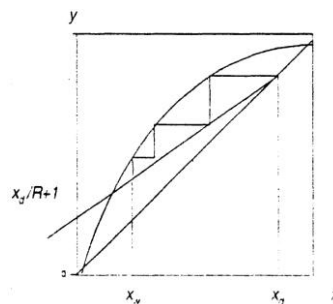


Рис. 1

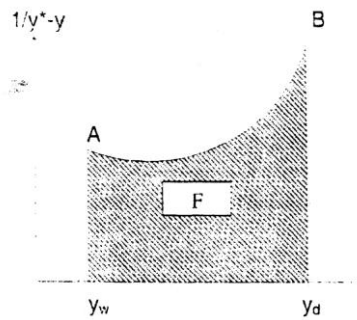


Рис. 2

$$n = F \cdot m_y \cdot m_x, \quad (4)$$

де F – площа під кривою;
 m_y – масштаб по осі ординат;
 m_x – масштаб по осі абсцис.

Висоту одиниць перенесення можна визначити з наближеної критеріальної залежності:

$$h = 28,6 \cdot d_e \cdot \text{Re}_{II}^{0,2} \cdot \text{Sc}^{0,66}, \quad (5)$$

де d_e – еквівалентний діаметр насадки, м;
 Re – число Рейнольдса для парової фази;

$$d_e = \frac{4\varepsilon}{a}, \quad (6)$$

$$\text{Re}_{II} = \frac{w \cdot d_e \cdot \rho_{II}}{\mu_{II}}, \quad (7)$$

Sc – число Шмідта для парової фази;

$$\text{Sc} = \frac{\mu_{II}}{\rho_{II} \cdot D_{II}}, \quad (8)$$

ρ_{II} – густина пари, кг/м³.

Густина пари визначається:

$$\rho_{II} = \rho_{СП} y + \rho_{H_2O} (1 - y), \quad (9)$$

μ_{II} – динамічний коефіцієнт в'язкості пари, (Па·с), який можна визначити за формулою:

$$\frac{M_{II}}{\mu_{II}} = y \frac{M_{СП}}{\mu_{СП}} + \frac{(1 - y) M_{H_2O}}{\mu_{H_2O}}, \quad (10)$$

M_{II} , $M_{СП}$, M_{H_2O} – молекулярні маси відповідно пари, спирту і водяної пари;

D_{II} – коефіцієнт дифузії парів етилового спирту, м²/с;

ε – вільний об'єм насадки, м³/м³;

w_{II} – швидкість пари через шар насадкових тіл, м/с:

$$w_{II} = \frac{w_0}{\varepsilon}, \quad (11)$$

w_0 – фіктивна швидкість у колоні, тобто швидкість, віднесена до площі поперечного перерізу колони, м/с.

2. МЕТА РОБОТИ

Теоретичний та експериментальний аналіз роботи насадкової колони періодичної дії. ознайомлення з конструкцією і принципом роботи ректифікаційної колони.

3. ОПИС ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ

Лабораторна установка (рис. 3) складається з ємності циліндричної форми (кубу) 1 та ректифікаційної колони 2. У куб колони заливають водяний розчин спирту невеликої концентрації. Нагрівають вихідну суміш за допомогою гарячого трансформаторного масла, яке подається в оболонку із кубової частини колони. Нагрівши водяний розчин до температури кипіння, пари легколеткого (низько-киплячого) компонента надходять у насадкову частину колони 2, яка заповнена стальними кільцями Рашіга. Паропроводом 3 пари дистилату надходять у дефлегматор-холодильник 4, де конденсуються та охолоджуються за рахунок другого теплоносія – холодної води, яка подається в міжтрубний простір холодильника.

За допомогою вентиля В-5 сконденсовану речовину скеровують у збірник 7, або через вимірний циліндр 6 визначення витрати дистилату.

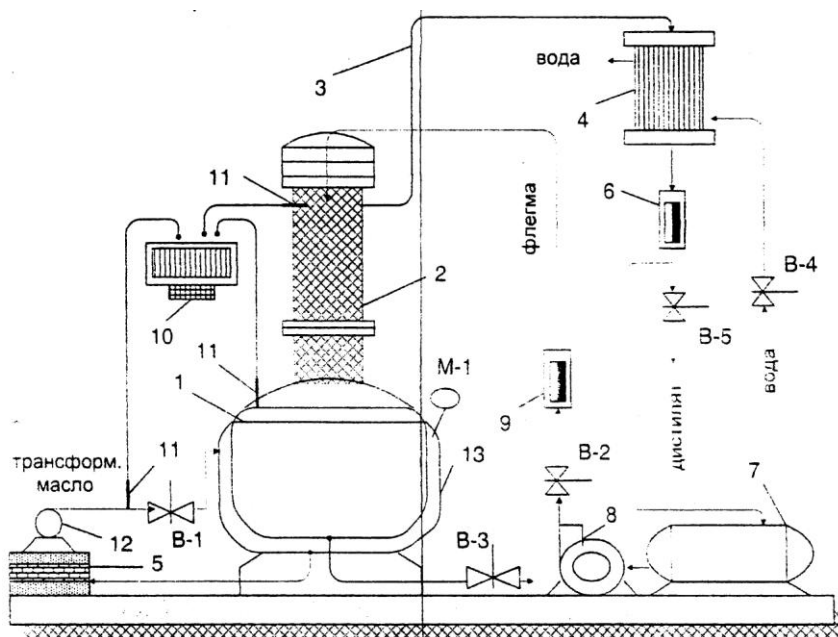


Рис. 3. Схема ректифікаційної установки періодичної дії:

Для подавання флегми в колону використовують насос 8. Витрату флегми можна регулювати вентилем В-2, а також ротаметром 9, покази якого необхідні для визначення об'ємної витрати флегми за допомогою тарувального графіка (рис. 4).

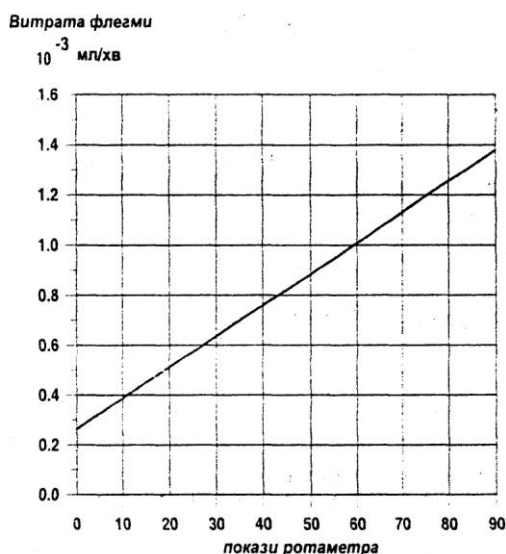


Рис. 4. Тарувальний графік

Для вимірювання температури трансформаторного масла в електронагрівачі пари у верхній частині колони та рідини в кубі використовують термopари 11 та вторинний реєструвальний пристрій 10.

4. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Відкрити кран В-1 для подачі трансформаторного масла в оболонку кубової частини колони. Вентиль В-3 повинен бути обов'язково закритий!

2. Ввімкнути електронагрівач масла 5 та насос 12. Відкрити вентиль В-4 для подачі охолоджувальної води в дефлегматор 4.

3. Суміш у колоні нагріти до температури кипіння низьнокиплячого компонента. Необхідно уважно стежити за показами манометра М-1, які не повинні перевищувати 0,2 ат. Коли конденсат почне надходити через ротаметр 6 в збірник 7, необхідно ввімкнути насос 8. Вентилем В-2 відрегулювати подачу флегми в колону і відрегулювати її витрату так, щоб рівень рідини в збірнику залишався постійним.

4. Відкрити вентиль В-5. Зливши перші порції дистилляту (приблизно 100 мл), визначити його об'ємну витрату за допомогою секундоміра, після чого закрити вентиль. Пробу дистилляту охолодити до кімнатної температури і визначити його концентрацію спиртометром.

5. Закрити вентиль В-2 і вимкнути насос 8.

6. Вимкнути електронагрівач трансформаторного масла.

7. Взяти пробу кубової рідини, обережно відкривши вентиль В-3 в конічну колбу (приблизно 250 мл), охолодити до кімнатної температури і спиртометром виміряти його концентрацію.

8. Дистиллят та кубову рідину здати лаборанту.

5. ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛОНИ

Внутрішній діаметр колони – 139 мм

Висота насадки в колоні – 1650 мм

Насадка – сталеві кільця – 18x18x2,5 мм

Питома поверхня кілець – 300 м²/м³

Вільний об'єм насадки – 0,92 м³/м³

6. ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

1. Побудувати у-х діаграму рівноважного стану бінарної суміші "етилловий спирт – вода" (3).

2. За показами ротаметра 9 та тарувального графіка визначити витрату флегми.

3. Для кращого зрошення насадки в колону подається та кількість флегми, яка дорівнює або більша від продуктивності, тому можна вважати, то $R = \infty$. Робоча лінія при цьому буде максимально наближена до діагоналі. Якщо витрата флегми менша від витрати дистилляту, тоді необхідно визначити флегмове число, як відношення флегми до різниці між продуктивністю та кількістю флегми.

4. Визначити кількість ступенів зміни концентрації (графічним способом).

5. Графічно визначити кількість одиниць перенесення і порівняти з кількістю ступенів зміни робочих концентрацій, визначених аналітично.

6. При відомому значенні витрати дистилляту можна визначити витрату пари

$$G_v = \frac{V_d \cdot \rho_d}{\rho_{II}}, \quad (12)$$

а також її фіктивну швидкість:

$$w_0 = \frac{G_v}{S}, \quad (13)$$

