

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ № 10
«ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗДІЛЕННЯ РІДКИХ
ОДНОРІДНИХ СУМІШЕЙ У РЕКТИФІКАЦІЙНІЙ КОЛОНІ
ТАРІЛЧАСТОГО ТИПУ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ»
З КУРСУ «ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ УСІХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Затверджено на засіданні
кафедри процесів та апаратів
хімічної технології.
Протокол № 11 від 04.06.2010.

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 10
«Дослідження процесу розділення рідких однорідних сумішей у
ректифікаційній колоні тарілчастого типу безперервної дії» з курсу «Процеси та
апарати хімічної технології» для студентів усіх спеціальностей / Укл.:
Т.П. Єльцова, Т.В. Гриднева – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2011. – 8 с.

Укладачі: Т.П. Єльцова
Т.В. Гриднева

Відповідальний за випуск П.Г. Сорока, д-р техн. наук

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 10
«Дослідження процесу розділення рідких однорідних сумішей у
ректифікаційній колоні тарілчастого типу безперервної дії» з курсу
«Процеси та апарати хімічної технології» для студентів усіх спеціальностей»

Укладачі: ЄЛЬЦОВА Тетяна Петрівна
ГРИДНЄВА Тетяна Василівна

Редактор Л.М. Тонкошкур
Коректор В.П. Синицька

Підписано до друку 31.03.11. Формат 60×84¹/₁₆. Папір ксерокс. Друк різнограф.
Ум.-друк. акр. 0,36. Обл.-вид. арк. 0,55. Тираж 100 прим. Зам. № 149.
Свідоцтво ДК № 303 від 27.12.2000.

ДВНЗ УДХТУ, 49005, м. Дніпропетровськ-5, просп. Гагаріна, 8.

Видавничо-поліграфічний комплекс ІнКомЦентру

1 ВСТУП

Ректифікація – це процес розділення рідких однорідних сумішей, компоненти яких відрізняються за температурами кипіння, на складені речовини, який здійснюється шляхом протитечійного багаторазового контактування не рівноважних парової та рідинної фаз.

При взаємодії пари та рідини одна група речовин, що складають суміш, переходить переважно у пару (низько киплячі компоненти), а друга – у рідину (високо киплячі компоненти).

Створення парового та рідинного потоків, що контактують між собою, здійснюються у ректифікаційних установах безперервної або періодичної дії. Основними апаратами установки є ректифікаційні колони, які залежно від типу контактних пристроїв поділяються на плівкові, насадкові та барботажні.

Барботажні колони широко використовуються у промисловості. Вони мають високу розподільну здатність, стійко працюють при значних коливаннях навантаження рідиною та паром, припускають створення апаратів великого діаметра. В якості контактних пристроїв у цих апаратах використовується тарілки різних конструкцій: ковпачкові, клапанні, гратчасті та інші.

2 МЕТА РОБОТИ

Ознайомитись з будовою та роботою ректифікаційної установки безперервної дії з колоною барботажного типу при розділенні бінарної суміші етиловий спирт-вода.

Визначити температурний режим роботи колони та середній по колоні ККД ковпачкової тарілки з круглими ковпачками.

3 ОПИС УСТАНОВКИ

Схема лабораторної ректифікаційної установки безперервної дії наведена на рис. 1.

Вихідна суміш у кількості F з ємності E через електропідігрівач T_1 подається у середню частину колони K на тарілку живлення. Ця тарілка поділяє колону на дві частини: верхню – укріплювальну та нижню – вичерпуючу. У кубі колони, що підігрівається електричним струмом, кипить кубова рідина. Пара, підіймаючись вгору, взаємодіє з рідиною, яка стікає. На кожній тарілці внаслідок контакту парової та рідинної фаз, відбувається перерозподіл компонентів між ними. Внаслідок цього процесу пара, що виходить з верху колони у кількості $P(R+1)$, переважно містить низькокиплячий компонент (етиловий спирт), а кубова рідина – висококиплячий компонент (воду). Пара з колони надходить у дефлегматор X_1 , де повністю конденсується. Частина конденсату через подільник флегми D у кількості P відбирається як верхній продукт дистилят, який попередньо охолоджується у холодильнику X_2 . Друга частина в кількості PR подається на зрошення колони у вигляді флегми. Флегма подається у колону з метою створення різниці концентрацій як рушійної сили, а

також забезпечення наявності двох фаз. Накопичений нижній продукт (кубова рідина в кількості W) відводиться через холодильник X_3 . Всі холодильники охолоджуються проточною водою.

Установка обладнана відповідною запірною арматурною, яка забезпечує її роботу і дозволяє відібрати проби на аналіз.

Управління установкою здійснюється з пульта (на схемі не вказано).

Під час роботи установки контролюється температурний режим термометрами 1, 2, 3: температура кипіння вихідної суміші – t_f^n , температура кипіння кубового залишку – t_w^n і температура пари, що виходить із верху колони – t_p^n .

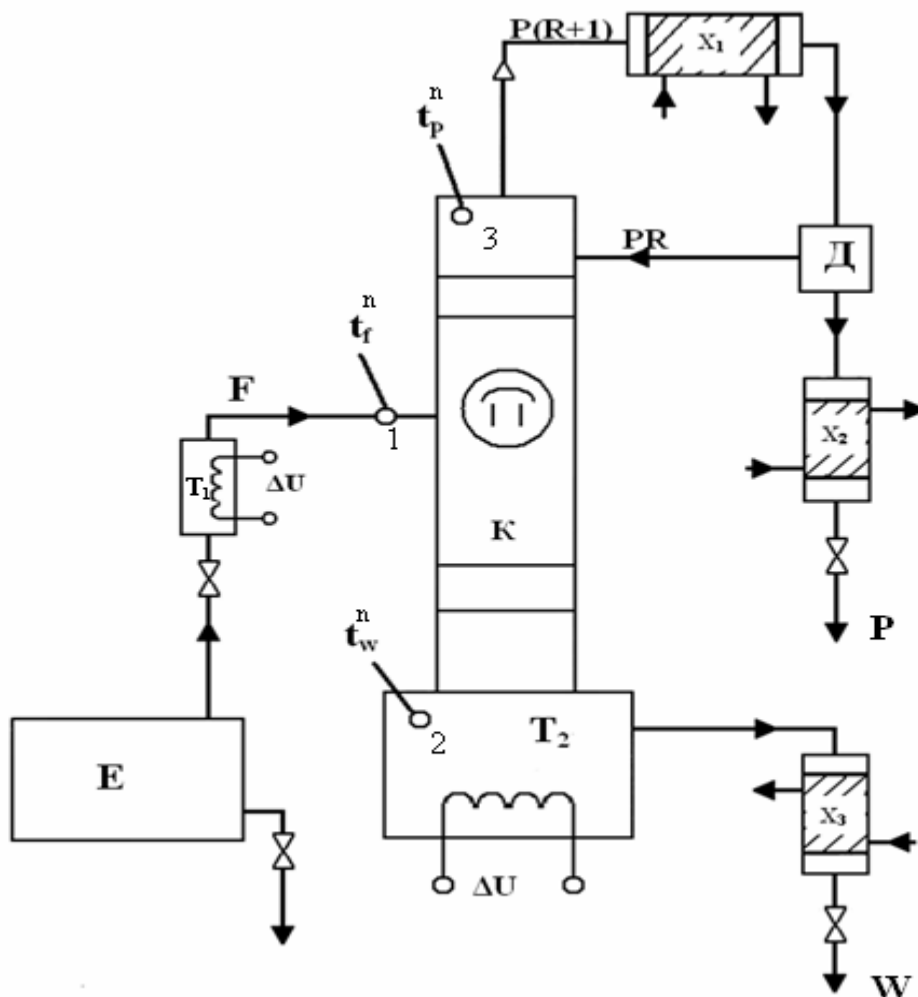


Рис. 1. Схема лабораторної ректифікаційної установки безперервної дії:

- 1 – термометр, який визначає температуру кипіння вихідної суміші – t_f^n , 2 – термометр, який визначає температуру кипіння кубового залишку – t_w^n , 3 – термометр, який визначає температуру пари, що виходить із верху колони – t_p^n . T_1 – електродігрівач вихідної суміші, K – ректифікаційна колона, E – ємність для вихідної суміші, T_2 – електродігрівач кубу, X_1 – дефлегматор, X_2 – холодильник дистилату, X_3 – холодильник кубового залишку, $Д$ – подільник флегми

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Випробування колони проводиться на суміші етиловий спирт–вода з точкою азеотропи, що відповідає суміші 96 мас.% спирту і 4 мас.% води, та має температуру кипіння 78,15⁰С.

4.1. Ознайомитись з лабораторною установкою, після чого з дозволу викладача приступити до роботи.

4.2. Подати охолоджуючу воду в холодильники X₁, X₂, X₃.

4.3. Приєднати пульт управління установкою до електромережі.

4.4. Подати напругу управління поворотом вимикача в положення «Струм».

4.5. Ввімкнути підігрівач живлення тумблером «Підігрів живлення» та підігрівати куб тумблером «Підігрів куба», розташованими на пульті управління, встановити напругу підігріву куба 30–40 В і протягом 5–10 хвилин підтримувати її незмінною. Після цього довести напругу до 90 В (період прогрівання колони закінчено). Повільно збільшуючи напругу, довести температуру до кипіння, контролюючи цей процес термометром 2, слідкуючи за інтенсивністю кипіння (кипіння не повинне бути бурхливим).

4.7. Подати живлення на колону.

4.8. Вивести роботу установки на режим. За допомогою подільника флегми Д, роботою якого керують з пульта, весь одержаний верхній продукт (дистилят) повертають у колону, поки колона не вийде на режим. З цією метою тумблери «Автоматичне керування» і «Ручне керування» встановити у таке положення, щоб постійно горіла лампочка «Клапан закритий».

Досягнення рівноваги визначають аналізом відібраних проб дистиляту і кубового залишку, доки не повторюватимуться отримані результати. Проби відбирають через визначені проміжки часу (2...3 хвилини) невеликими порціями для того, щоб зменшити до мінімуму зміну концентрації в установці, викликану відбором.

4.9. Встановити в автоматичному режимі задане флегмове число R=4...10 і ввімкнути тумблер «Автоматичне керування».

Флегмове число регулюється відповідними регуляторами. При цьому встановлюється визначене співвідношення часу закритого та відкритого положення клапана.

4.10. Перевірити правильність встановлення флегмового числа:

$$R = \frac{\tau_1}{\tau_2},$$

де τ_1 , τ_2 – час, за який відповідно здійснюється відбір флегми та дистиляту, с, визначається за секундоміром.

4.11. Визначити температури пари в верху колони, кипіння вихідної суміші та кипіння у кубі колони t_p^n – термометром 3, t_f^n – термометром 1, t_w^n – термометром 2.

5 ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ

5.1. Відібрані проби проаналізувати. Аналіз провести за допомогою рефрактометра ІРФ-454 у такій послідовності: протерти етиловим спиртом приладовий столик; нанести піпеткою одну краплю відібраної проби (вихідної суміші, кубової рідини та дистилляту). Встановити межу розділу у центрі перехрестя. За нижньою шкалою зняти показання (число поділок). Потім за градированим графіком визначити концентрацію аналізованої проби у масових відсотках, після чого перерахувати у мольні частки

$$x_i = \frac{\overline{x}_i / M_i}{\sum \overline{x}_i / M_i},$$

де \overline{x}_i – масова частка компонента суміші;

M_i – мольна маса компонента суміші.

5.2. Побудувати на міліметровому папері ізобарні криві та криву рівноваги для системи етиловий спирт – вода.

5.3. За побудованими ізобарними кривими визначити температурний режим роботи колони, тобто знайти t_p , t_f , t_w і порівняти з температурами t_p^n , t_f^n , t_w^n .

5.4. Графічно визначити число теоретичних ступенів зміни концентрацій, використовуючи раніше побудовану криву рівноваги.

5.5. Визначити середній ККД тарілки:

$$\eta = \frac{n_m}{n},$$

де n_m – теоретичне число тарілок (за графіком);

n – дійсне число тарілок ($n=10$).

5.6. Дані занести до таблиці.

6 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Схема установки та її опис.
4. Таблиця дослідних даних.
5. Графіки визначення температурного режиму та число теоретичних тарілок установки.
6. Розрахунок.
7. Висновок.

Таблиця дослідних даних

Параметр	Позначення	Одиниці вимірювання	Значення
Флегмове число	R		
Дистилят:			
Коефіцієнт заломлення	n_p		
Мольна частка	\bar{x}_p	$\frac{\text{кг спирту}}{\text{кг суміші}}$	
Масова частка	x_p	$\frac{\text{кмоль спирту}}{\text{кмоль суміші}}$	
Вихідна суміш:			
Коефіцієнт заломлення	n_f		
Масова частка	\bar{x}_f	$\frac{\text{кг спирту}}{\text{кг суміші}}$	
Мольна частка	x_f	$\frac{\text{кмоль спирту}}{\text{кмоль суміші}}$	
Кубовий залишок:			
Коефіцієнт заломлення	n_w		
Масова частка	\bar{x}_w	$\frac{\text{кг спирту}}{\text{кг суміші}}$	
Мольна частка	x_w	$\frac{\text{кмоль спирту}}{\text{кмоль суміші}}$	
Температурний режим, визначений за приладами:			
Температура пари, що виходить з колони	t_p^n	$^{\circ}\text{C}$	
Температура кипіння вихідної суміші	t_f^n	$^{\circ}\text{C}$	
Температура кипіння у кубі колони	t_w^n	$^{\circ}\text{C}$	
Температурний режим розрахунковий:			
Температура пари	t_p	$^{\circ}\text{C}$	
Температура кипіння вихідної суміші	t_f	$^{\circ}\text{C}$	
Температура кипіння у кубі колони	t_w	$^{\circ}\text{C}$	
ККД	η		

7 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Мета роботи.
2. Пояснити принцип роботи установки.
3. Ректифікація, поняття, область використання.
4. Ідеальна та реальна суміші. Закон Рауля, Дальтона, Коновалова.
5. Рівновага в процесі ректифікації. Рівняння лінії рівноваги для ідеальної суміші.
6. Мінімальне і робоче флегмове число, поняття, призначення.
7. Визначте мінімальне флегмове число. Колони безперервної і періодичної дії.

8. Рівняння робочих ліній, колони безперервної дії. Їх побудова.
9. Побудова діаграм $t-x, y$ та $y-x$. Призначення.
10. Що таке флегма? Пояснити чому флегму необхідно повернути в колону.
11. Припущення, які використовуються при розрахунку ректифікаційних колон і значно спрощують розрахунок. Пояснити на прикладі.
12. Графічне визначення числа ступенів зміни концентрації.
13. Що таке ККД тарілки? Його фізичний зміст та від чого він залежить?
14. Поняття температурного режиму та визначення його за допомогою діаграми $t-x, y$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973. – 750 с.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 575 с.

Додаток

Рівноважні склади рідина–пара та температури кипіння для системи етиловий спирт–вода при атмосферному тиску 101305 Па

Температура	Мольні частки	
	x	y
100,0	0,00	0,00
96,9	0,018	0,113
96,0	0,0144	0,135
95,6	0,0176	0,156
94,8	0,0222	0,186
93,8	0,0246	0,212
92,9	0,0331	0,248
90,5	0,0530	0,314
89,4	0,0625	0,339
88,4	0,0673	0,370
87,2	0,0871	0,406
85,4	0,126	0,468
84,5	0,143	0,487
83,4	0,206	0,530
82,3	0,255	0,552
81,5	0,324	0,586
80,9	0,405	0,614
80,2	0,449	0,633
80,0	0,506	0,661
79,5	0,545	0,673
78,8	0,663	0,733
78,5	0,735	0,776
78,4	0,804	0,815
78,3	0,917	0,906
78,3	1,00	1,00