

Изследване на ефективността и кинетичните характеристики при ректификация на двукомпонентна смес в лабораторна колона

Мариана Караиванова, Желчо Стефанов

Research on the efficiency and kinematic characteristics by rectification of the binary mixture in laboratory column: *The efficiency of separation by rectification is connected with the kinetics of mass-exchange process and it is determined by the following three groups of factors of the rectified mixture: design and size of the apparatus; hydrodynamic conditions; physicochemical properties.*

The aim of present work is to study experimentally on the number of transmission units and the total volume coefficient of mass transfer in rectification of the model mixture dichloromethane - n-propyl alcohol a laboratory column with one sieve plate at atmospheric pressure and full phlegm. Processing of results is to determine the phase resistances for rectification of the studied mixture.

Key words: *rectification, local efficiency, kinematic characteristics*

ВЪВЕДЕНИЕ

Ректификацията е широко използван метод за разделяне на течни смеси на съставящите ги индивидуални компоненти или на фракции с желан състав. В производството ректификацията се осъществява предимно в тарелкови колони.

Основна характеристика на процеса е неговата ефективност. Ефективността се оценява по различни начини [1,3]. В практиката при тарелкови колони ефективността на масопренасяне се оценява обикновено, чрез коефициента на полезно действие (КПД), който се използва при оразмеряване на колоните за преизчисляване на определения брой теоретични тарелки в действителни тарелки.

Ефективността на разделяне при ректификация е свързана със скоростта (кинетиката) на масообменния процес и се определя от три групи фактори [5,6]: конструкция и размер на тарелката; хидродинамични условия на движение на двете фази върху тарелката; физикохимични свойства на разделяната смес.

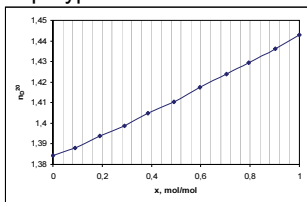
Масопренасянето при ректификация в тарелкови колони не е изучено напълно и не е описано теоретично, тъй като се осъществява в условна хидродинамична обстановка. За да се отстрани влиянието на хидродинамиката, експерименталните изследвания върху ефективността при ректификация се провеждат в лабораторни колони с малък размер. При това се приема, че двете фази се намират в идеални хидродинамични условия - парната фаза се издига през газо-течностния слой в режим на идеално изместване, а течната фаза се движи в режим на идеално смесване [6]. При тези условия се получават опитни данни за локалната ефективност и при тяхната обработка може да се получи информация за редица кинетични закономерности на масопреносния процес при ректификация.

Целта на настоящата работа бе да се получат опитни данни за броя преносни единици и общия обем на коефициент на масопренасяне при ректификация на моделната смес Дихлоретан – n-Пропиллов алкохол на лабораторна колона с една ситеста тарелка при атмосферно налягане и пълна флегма. Обработката на получените резултати е с цел определяне на фазовите съпротивления при ректификация на изследваната смес.

ЕКСПЕРИМЕНТЕЛНА ЧАСТ

Използвана е лабораторна стъклена апаратура за опитно измерване на ефективността при ректификация на бинарни и многокомпонентни смеси [2]. Лабораторната колона има изнесени външни преливници за елиминирание на пристенния ефект върху образуващия се газотечностен двуфазен слой върху тарелката. Използвана е ситеста стъклена тарелка [4].

Като първи етап на експеримента бе избран на подходящ метод за определяне на съставите на постъпващите и напускащите тарелката потоци. Като достатъчно точен и лесно приложим бе избран методът на рефрактометрично определяне на съставите. За целта бе построена по опитни данни зависимостта на коефициента на рефракция при 20°C ($n_d^{20} = f(x)$) от състава на сместа Дихлоретан – n-Пропилов алкохол, която е представена на фигура 1.



Фиг.1. Зависимост на $n_d^{20} = f(x)$

Всички анализи на съставите на бинарните смеси се провеждат с рефрактометър на АВВЕ с допълнително прикачен термостат.

Колоната работи при следните натоварвания по парна фаза, скорост на парите спрямо общото сечение на колоната $w_p = 0.03 \div 0.23$ m/s, респ. скорост на парите в свободното сечение на тарелката $w_0 = 1.14 \div 8.75$ m/s.

За всеки опит са измерени опитно състава на изходната смес и след влизане на колоната в режим са взети проби за анализ, измерени са средните състави на постъпващите и напускащите тарелката парни потоци, както и напускащата тарелката течност. Отчита се температурата и дебита на флегмата.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

За определяне дела на съпротивлението в парната фаза при ректификация се използва зависимостта [4]:

$$r_v = K_{OG} \cdot a \cdot \frac{100}{\beta_G \cdot a} \cdot \% \quad (1)$$

За целта е необходимо познаването на стойностите на общия обменен коефициент на масопренасяне ($K_{OG} \cdot a$) и на частния коефициент на масопренасяне в парната фаза ($\beta_G \cdot a$).

Общият обменен коефициент на масопренасяне се определя по зависимостта:

$$K_{OG} \cdot a = W_n \cdot \rho_n \cdot \frac{N_{OG}}{h_n \cdot M_n}, \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{s}, \quad (2)$$

където:

$$N_{OG} = -\ln(1 - E_{OG}), \quad (3)$$

а локалния КПД (E_{OG}) по израза:

$$E_{OG} = \frac{y_2 - y_1}{y^* - y_1} \quad (4)$$

където:

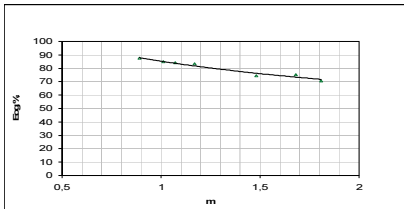
y_1 - концентрация на ЛЛК в парната фаза под тарелката, mol/mol; y_2 - концентрация на ЛЛК в парната фаза над тарелката, mol/mol; y^* - равновесната концентрация на ЛЛК в парната фаза определена по у-х диаграма, спрямо концентрацията на течната фаза напускаща тарелката.

Наклонът на равновесната линия (m) може да се определи по уравнението:

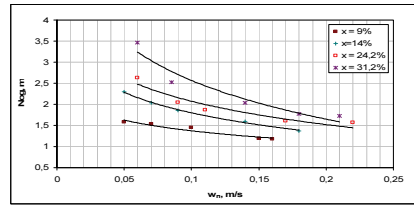
$$m = \frac{\alpha}{[1 + (\alpha - 1)X]^2} \quad (5)$$

На фиг.2 са представени опитните данни за изменението на локалния КПД от наклона на равновесната линия m , осреднени за даден експеримент. Видно е, че при

увеличаване на наклона на равновесната линия локалната ефективност намалява с около 15-20%.



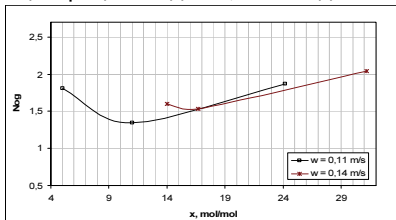
Фиг. 2. Зависимост $E_{OG} = f(m)$
Зависимост на локалния КПД от наклона на равновесната линия



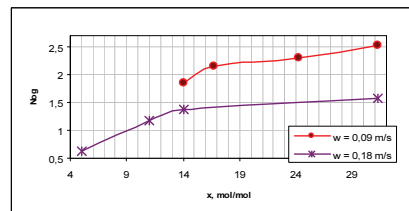
Фиг. 3. Зависимост $N_{OG} = f(w_n)$
Зависимост на броя преносни единици от скоростта на парната фаза в колоната при дадено X_{1W}

На фиг. 3 е представено влиянието на скоростта на парната фаза в колоната върху броя преносни единици в зависимост от различния състав на бинарната смес в куба на колоната. От тези зависимости е видно, че при концентрации на изходната смес $x_w = 9\%$, 14% , $24,2\%$ и 31% , броят преносни единици при скорости от $0,05$ до $0,22$ m/s намалява.

На фиг. 4 и 5 са представени опитните данни за изменението на броя преносни единици от състава на изходната смес при дадена скорост. От построените зависимости се вижда, че при скорост на парната фаза $0,11$ m/s с увеличаване на изходната концентрация от 5 до 11% N_{OG} намалява, след което се увеличава при концентрации от 11 до $24,2\%$. При скорост на парната фаза $0,14$ m/s, N_{OG} намалява от концентрация 14 до $16,7\%$ след което рязко се увеличава (фиг.4).



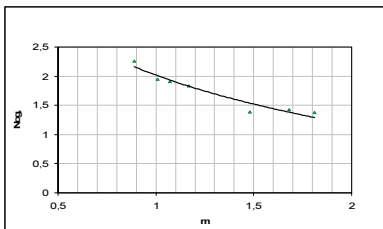
Фиг. 4. Зависимост $N_{OG} = f(x_w)$
Зависимост на броя преносни единици от състава на бинарната смес, при дадена скорост



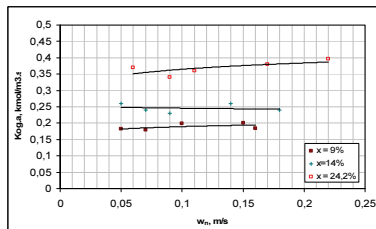
Фиг. 5. Зависимост $N_{OG} = f(x_w)$

Влиянието на концентрацията на леснолетливия компонент в изходната смес върху броя преносни единици е представено на фиг.5. Видно е, че при скорости на парите в колоната $0,09$ m/s и $0,18$ m/s с увеличаване на изходната концентрация, N_{OG} нараства като при скорост на парите $0,18$ m/s с увеличаване на изходната концентрация в диапазона $5 - 14\%$ това нарастване е по рязко.

На фиг. 6 е представена зависимостта $N_{OG}=f(m)$. Вижда се, че броят преносни единици намалява линейно с увеличаване наклона на равновесната линия.



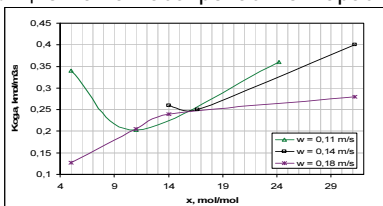
Фиг. 6. Зависимост $N_{OG} = f(m)$
Зависимост на броя преносни единици от наклона на равновесната линия, осреднени за даден експеримент



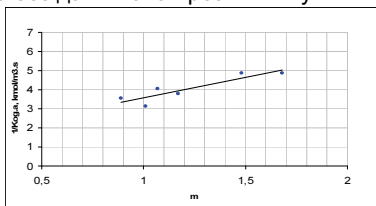
Фиг. 7. Зависимост $K_{OG.a} = f(w_n)$
Зависимост на общия обменен коефициент на масопренасяне от фиктивната скорост на парите в колоната, при ниски стойности на x_W

Зависимостта на общия обменен коефициент на масопренасяне от скоростта на парите в колоната, при даден състав на бинарната смес е представено на фигура 7. При концентрации на леснолетливия компонент в изходната смес 9%, 14% и 24,2% нарастването на скоростта на парите, не оказва влияние върху общия обменен коефициент на масопренасяне.

На фиг. 8 е представена зависимостта на общия обменен коефициент на масопренасяне от състава на бинарната смес при дадени скорости. При скорост 0,11 m/s с увеличаване на концентрацията на сместа от 5 до 11% се наблюдава намаляне на коефициента на масопренасяне, а след 11 % коефициента на масопренасяне рязко нараства. Същата зависимост се наблюдава и при скорост 0,14 m/s, като с увеличаване на концентрацията от 14 до 16,7% коефициента на масопренасяне намалява, а след това също рязко нараства. При скорост 0,18 m/s с увеличаване на концентрацията на леснолетливата компонента в изходната смес, коефициента на масопренасяне нараства, но без да минава през минимум.



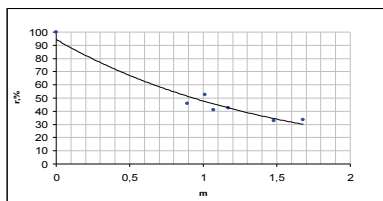
Фиг. 8. Зависимост $K_{OG.a} = f(x_W)$
Зависимост на общия коефициент на масопренасяне от състава на бинарната смес в куба на колоната, при дадена скорост



Фиг. 9. Зависимост $1/K_{OG.a} = f(m)$
Зависимост на $1/K_{OG.a}$ от наклона на равновесната линия

На фиг.9 е представена графичната зависимост на общото съпротивление при ректификация на моделната смес Дихлоретан – n-Пропилов алкохол ($1/K_{OG.a}$) от наклона на равновесната линия m . От представената графична зависимост се определят частните коефициенти на масопренасяне в парната и течната фази ($\beta_{G.a}$, $\beta_{L.a}$). $\beta_{G.a} = 0.61 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{s}$; $\beta_{L.a} = 0.49 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{s}$

Съпротивлението в парната фаза r_v за изследваната моделна смес Дихлоретан – n-Пропилов алкохол за целия изследван концентрационен диапазон се изменя от 100 до 33,6% (фиг. 10).



Фиг. 10. Зависимост $r_v = f(m)$
Зависимост на съпротивлението в парната фаза от наклона на равновесната линия

ИЗВОДИ:

1. На лабораторна ректификационна колона с една ситеста тарелка са определени броят преносни единици и обемните коефициенти на масопренасяне в условия на пълна флегма за сместа Дихлоретан – n-Пропилов алкохол.
2. Общият обмен коефициент на масопренасяне в целия изследван концентрационен интервал, с увеличаване на скоростта на парите в колоната не се променя, а броят преносни единици - намалява.
3. Съпротивлението в парната фаза се изменя от 100 до 33,6 %.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Александров И. А., "Массопередача при ректификации и абсорбции многокомпонентных смесей", Химия, Л., 1975.
- [2]. Biddulph, M.W. and M.A. Kalbassi, Trans I. Chem. Eng., 68, Part A, (1990), p. 453.
- [3] Еленков Д., „Процеси и апарати в химическата промишленост“, ДИ „Техника“, София, 1970.
- [4]. Иванов Ж., Ж. Стефанов и Ж. Тасев, Год на У-т „Проф.д-р Ас.Златаров“, Бургас, XXXV, кн.1, (2006), с. 43
- [5] Тасев Ж., Митев Д., „Записки по процеси и апарати в химическата промишленост“, ПБ ВХТИ - Бургас, 1982.
- [6]. Тасев Ж., „Върху някои основни проблеми на инженерната химия при създаване на високоефективни апарати за ректификация“, докторска дисертация, ВХТИ-Бургас, 1997.

За контакти:

Гл. ас. Мариана Кръстева Караиванова, катедра „Химично инженерство“, Университет „Проф.д-р Асен Златаров“ – гр.Бургас, тел. 056 858 424, E-mail: anamariana@abv.bg

Доц. д-р Желчо Стефанов Стефанов, катедра „Химично инженерство“, Университет „Проф.д-р Асен Златаров“ – гр.Бургас, тел. : 056 858 255, E-mail: zhstefanov@abv.bg

Докладът е рецензиран