

**ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ПОВЪРХНОСТНОТО НАПРЕЖЕНИЕ
(МАРАНГОНИ ЕФЕКТ) ВЪРХУ ЕФЕКТИВНОСТТА ПРИ РЕКТИФИКАЦИЯ НА
ДВУКОМПОНЕНТНИ СМЕСИ**

Добрин Георгиев, Адриана Георгиева, Краси Панайотова, Десислава Колева
*Университет "Проф. д-р Асен Златаров" – Бургас, Факултет по технически науки, Бул.
"Проф. Якимов" №1, 8010 Бургас, България, E-mail: zh_ivanov@btu.bg*

**INVESTIGATION OF INFLUENCE OF THE SURFACE TENSION (MARANGONI
EFFECT) ON THE EFFICIENCY BY RECTIFICATION OF THE BINARY MIXTURES**

Dobrin Georgiev, Adriana Georgieva, Kراسi Panayotova, Desislava Koleva
*Prof. Assen Zlatarov University, Prof. Yakimov str, 8010Burgas, Bulgaria, Faculty of Technical
Sciences*

ABSTRACT

Surface tension is a measure of the free energy of the surface per unit area. The surface tension gradient develops at a vapor-liquid interface when one component of the liquid mixture processes lower surface tension than the other. Pure liquids or mixtures whose components have similar surface tension do not exhibit a surface tension gradient. The Marangoni effect might be induced by heat and mass transfer. In both cases instabilities develop at the interface. The mechanism of froth stabilization caused by the surface tension gradient is known as Marangoni effect. The Marangoni effect is important in many separation processes. This is because the convective flows produced by the Marangoni effect can lead to increase mass transfer and interfacial turbulence.

It is purpose of this paper to begin investigation into the relationship between efficiencies of separation process and amending of the surface tension by determination of the stabilization index (*M*-index) for the rectification of different binary mixtures in a laboratory column with one sieve tray. To achieve the present work, mixtures with different values of the surface tension gradient were used.

Key words: *distillation, surface tension, M-index*

ВЪВЕДЕНИЕ

Влиянието на повърхностното напрежение е известен още като ефект на Марангони. Този ефект се проявява на междуфазовата повърхност течност-пари в двуфазния слой, поради изменението на концентрацията и температурата възниква градиент на повърхностното напрежение, което влияе върху размера на мехурите. Влиянието на повърхностното напрежение при процеса ректификация се отнася към т.н. проблем на повърхностните ефекти при масопренасянето от една фаза в друга и е свързано с различни видове нарушения на междуфазовата повърхност. Основното явление тук е междуфазовата или повърхностна турбулентност, която е следствие от изменението на повърхностното напрежение при масопренасянето. Междуфазовата турбулентност е спонтанна турбулентност на повърхността, при която постъпва пренасяне на веществото от една фаза в друга чрез крупномасабни вихри. Междуфазовата турбулентност се съпровожда с пулсации на потоците, които естествено, увеличават интензивността на масообменния процес [1].

Повърхностното напрежение оказва сложно влияние върху кинетиката на масопреносния процес. От една страна повърхностното напрежение сравнително слабо влияе върху коефициентите на масопренасяне, но от друга страна то оказва съществено влияние върху структурата на паро-течностния слой, главно върху размера на образувалите се мехури. Състоянието на междуфазовата повърхност силно зависи от характера на изменението на повърхностното напрежение на течността със състава и [2-5]. Съгласно класификацията на Zuiderweg и Hermens разделяните смеси се класифицират на положителни, отрицателни и неутрални [6]. При положителните смеси труднолетливият компонент има по-голяма стойност на повърхностното напрежение от леснолетливият. При отрицателните смеси леснолетливият компонент има по-голяма стойност на повърхностното напрежение от труднолетливия. При неутралните смеси и двата компонента на сместа имат

близки стойности на повърхностното напрежение.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ

За оценка влиянието на повърхностното напрежение върху масообмена се използват следните величини [7]:

- Стабилизационен индекс, наричан още M -индекс:

$$M = -(x - x^*) \frac{\Delta\sigma}{\Delta x} \quad (1)$$

- Критерии на Марангони, които се изразява по няколко начина:

$$M_a = - \left(\frac{d\sigma}{dx} \right) \left(\frac{\Delta c L}{\mu_L D_L} \right) \quad (2)$$

$$M_a = - \left(\frac{\Delta\sigma\theta}{\rho_L D_L} \right) \quad (3)$$

$$M_a = - \left(\frac{\Delta\sigma}{K_L^0 \mu_L} \right) \quad (4)$$

Анализа на горните уравнения показва, че в тях са включени величини, които са характерни L , Q или възможни за определяне само при колоните с оросяеми стени или при колони с пълнеж. Като база за количествена оценка на влиянието на повърхностното напрежение (ефект на Марангони) върху ефективността при ректификация в барботажен слой може да се използва M -индекса. Той представлява произведение от движещата сила по течна фаза, която е определяща за процеса и от изменението на градиента на повърхностното напрежение с изменението на концентрацията на леснолетливия компонент в течната фаза [1].

Опитните данни за локалния КПД (E_{OG}) са получени при ректификация на смесите Дихлоретан – Пропанол, Метанол – Пропанол на лабораторна стъклена колона с една ситеста тарелка с диаметър 32 mm и изнесени външни преливници. При тези условия е прието, че двете фази се движат в условията на идеални хидродинамични режими – парите в режим на пълно изместване, течността в режим на пълно смесване. Тогава опитно получените данни за локалния КПД са функция само от скоростта на парите и физикохимичните свойства на разделяната смес. При отсъствие на примеси в моделните смеси се приема, че локалния КПД зависи от повърхностните отнасяния на моделните смеси [8, 9].

Изчисляването на локалния КПД (E_{OG}) се извършва по формулата [10]:

$$E_{OG} = \frac{(y_n - y_{n-1})}{(y^* - y_{n-1})} \quad (5)$$

Повърхностното напрежение за двете смеси при различен състав бяха изчислени по следната формула:

$$\sigma_m^{1/4} = \rho_m \left(\frac{x_1}{\rho_1} \sigma_1^{1/4} + \frac{1-x_1}{\rho_2} \sigma_2^{1/4} \right) \quad (6)$$

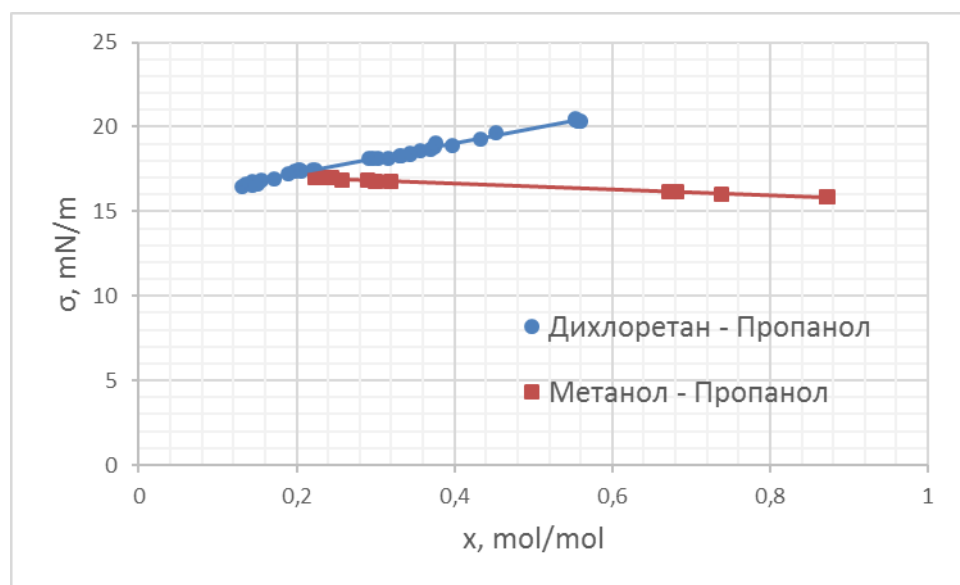
Плътноста на моделните смеси при различен състав беше изчислена по следната формула:

$$\rho_m = \frac{1}{\frac{x_1}{\rho_1} + \frac{1-x_1}{\rho_2}} \quad (7)$$

За оценка на влиянието на повърхностното напрежение върху локалния КПД беше изчислен стабилизационният индекс съгласно уравнение (1).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

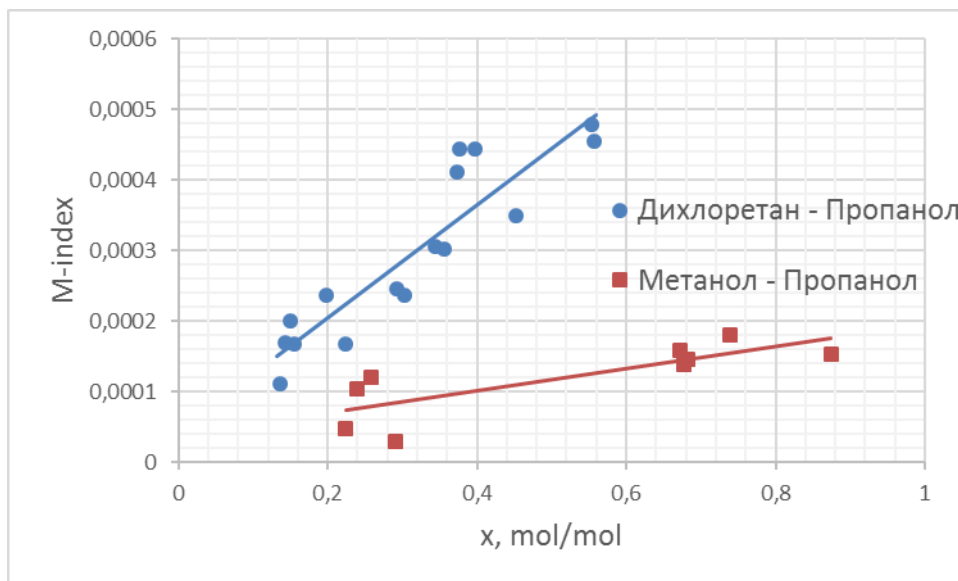
На фиг. 1. е показано изменението на повърхностното напрежение за смесите Дихлоретан – Пропанол и Метанол – Пропанол. При бинарната смес Метанол – Пропанол стойностите на чистите компоненти на повърхностното напрежение са приблизително еднакви и с нарастването на концентрацията на леснолетливия компонент в куба на колоната, повърхностното напрежение се изменя в интервала $16,9 \div 15,84$ mN/m. Стойностите на чистите компоненти за бинарната смес Дихлоретан – Метанол се изменят в интервала $16,5 \div 20,3$ mN/m с нарастването на леснолетливия компонент в куба на колоната.



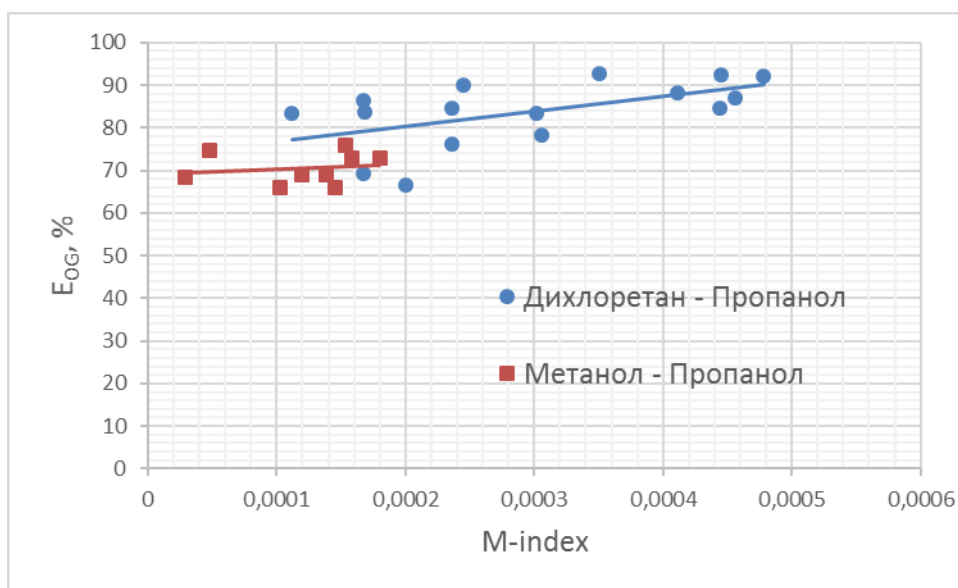
Фиг.1. Изменение на повърхностното напрежение за смесите Дихлоретан – Пропанол и Метанол - Пропанол за целия концентрационен интервал

Изменението на M -индекса от концентрацията на леснолетливата компонента в куба на колоната за сместа Дихлоретан – Пропанол и сместа Метанол – Пропанол е показана на фиг. 2. От фигурата е видно, че за отрицателната смес ($d\sigma/dx > 0$) Дихлоретан – Пропанол стойностите на M -индекса се изменят като нарастват в интервала от $0,11 \cdot 10^{-3} \div 0,48 \cdot 10^{-3}$ т.е. почти 4 пъти, докато за неутралната смес ($d\sigma/dx \approx 0$) Метанол – Пропанол стойностите на M -индекса се изменят като слабо нарастват в интервала от $0,03 \cdot 10^{-3} \div 0,18 \cdot 10^{-3}$.

Влиянието на изменението на повърхностното напрежение върху локалната ефективност при процеса ректификация в лабораторна колона с една ситеста тарелка и за двете смеси е показано на следващата фигура 3. Изменението на повърхностното напрежение респ. M -индекса оказва положително влияние върху отрицателната смес Дихлоретан – Пропанол, като локалната ефективност нараства в интервала от 77% \div 93%. При неутралната смес Метанол – Пропанол изменението на повърхностното напрежение не оказва съществено влияние върху ефективността на процеса.



Фиг.2. Зависимост на *M*-индекса от състава на смесите Дихлоретан – Пропанол и Метанол - Пропанол.



Фиг.3. Зависимост на локалния КПД от *M*-индекса за смесите Дихлоретан – Пропанол и Метанол - Пропанол.

ИЗВОДИ

1. Изследвано е влиянието на изменението на повърхностното напрежение върху бинарните смеси Дихлоретан – Пропанол и Метанол – Пропанол при процеса ректификация в лабораторна колона с една ситеста тарелка.
2. Установено е, че изменението на повърхностното напрежение има положителен ефект върху ефективността на разделяне при ректификация на отрицателната смес Дихлоретан – Пропанол за целия изследван концентрационен интервал.
3. По отношение на неутралната смес Метанол – Пропанол изменението на повърхностното напрежение не оказва съществено влияние върху ефективността на разделителния процес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Караиванова, М., Д. Колева, Ж. Стефанов, “Влияние на ефекта на Марангони върху ефективността на разделяне при ректификация на бинарни смеси”. Научни трудове на Русенски университет, 52, 10, 157-161, 2013.
2. Ivanov, Zh., A. Georgieva, D. Georgiev, K. Panayotova, “Study of amending of the specific interfacial area by rectification of a mixtures with different surface tension of pure components”. Industrial Technologies, III (1), 188-191, 2016.
3. Ivanov, Zh., M. Karaivanova, D. Georgiev, A. Georgieva, “Study of the effect of surface tension and its influence on specific interfacial area in distillation laboratory column”. Science & technologies, VI, 4, 42-47, 2016.
4. Ivanov, Zh., Zh. Stefanov, “Correlation between mass transfer coefficient and surface tension in sieve tray distillation laboratory column”, Asian Chemistry letters, 14, 2, 83-88, 2010.
5. Стефанов, Ж., Ж. Иванов, 2010. “Изследване влиянието на коефициента на масопренасяне при ректификация в лабораторна колона на смеси с различно повърхностно напрежение”. Сб. Доклади на Научна конференция с международно участие Стара Загора, т. VII, 108-113.
6. Zuiderweg, F., A. Hermens, “The influence of surface phenomena on the performance of distillation columns”. Chemical Engineering Science, 9, 89-108, 1958.
7. Marangoni, C., “Spreading of droplets of a liquid on the surface of another”. Ann Phys Lpz, 143 (7), 337-350, 1871.
8. Stefanov, Zh., M. Karaivanova, “Influence of the Marangoni effect on the efficiency of plate columns for binary distillation”. Chem. Eng. Technol., 34, 12, 2029-2032, 2011.
9. Karaivanova, M., Zh. Stefanov, “Effect of Marangoni by rectification of mixtures of alcohols”. Science & technologies, III, 4, 21-24, 2013.
10. Ivanov, Zh., Zh. Stefanov, Zh. Tasev, “Total volumetric mass transfer coefficient in rectification of the binary mixture”. Annual Assen Zlatarov University, XXXV (1), 43-46, 2006.

Настоящото изследване е финансирано от Научно-изследователски сектор, „Научна и художествено-творческа дейност“ при Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ – гр. Бургас, Факултет по технически науки, с научноизследователски проект ДОГОВОР №НИХ – 361/2016г.