

DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF MASS TRANSFER IN THE LIQUID PHASE AT A CO₂ ABSORPTION OF WATER IN CAPILLARY-POROUS DEVICES

A.N. Svitlyk, A.N. Prohorov
National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
carbon dioxide mass transfer coefficient and mass transfer process of absorption capillary-porous channel	The process of absorption of carbon dioxide with water in capillary-porous channels developed a theoretical model determining factor mass transfer. Experimentally that mass transfer coefficient β_L depends on changes in system pressure, water temperature and diameter of the capillary channel. Coefficient β_L proportional to the magnitude of water temperature and inversely proportional to the pressure changes in the system and the diameter of the capillary. Using multivariate experiment provides a linear regression equation. Analysis of the equation showed that the coefficient in the liquid phase mass transfer β_L factors affecting research in the following order: the system pressure P, the capillary diameter d_k and the water temperature t °C. This paper shows the dependence of the liquid phase in mass transfer the growth temperature and pressure changes on the system
Article history: Received 16.03.2015 Received in revised form 15.04.2015 Accepted 9.05.2015	
Corresponding author: the_djs@live.com	

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА МАСОВІДДАЧІ У РІДИННІЙ ФАЗІ ПРИ АБСОРБЦІЇ СО₂ ВОДОЮ В КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ ПРИСТРОЯХ

А.М. Світлик, асп., О.М. Прохоров, доц.®
Національний університет харчових технологій

Для процесу абсорбції діоксиду вуглецю водою в капілярно-пористих каналах розроблена теоретична модель визначення коефіцієнта масовіддачі. Експериментально встановлено, що коефіцієнт масовіддачі β_L залежить від зміни тиску в системі, температури води і діаметра капілярного каналу. Коефіцієнт β_L пропорційно залежить від величини температури води і обернено пропорційно залежить від зміни тиску в системі і діаметра капіляра.

Ключові слова: діоксид вуглецю, коефіцієнт масопередачі і масовіддачі, процес абсорбції, капілярно-пористий канал.

Вступ. Процес масопередачі включає процес масовіддачі в межах кожної з двох взаємодіючих фаз та процес перенесення розподіленої речовини через поверхню розділення фаз.

Для погано розчинених газів, до яких відноситься діоксид вуглецю, коефіцієнт масопередачі рідинної фази рівний коефіцієнту масовіддачі в рідинній фазі.

Швидкість процесу абсорбції, при умові, рушійна сила виражається в концентрації рідинної фази, можна визначити за рівнянням [1]

$$M = \beta_L \cdot F \cdot \Delta X_{\text{ср}}, \quad (1)$$

де β_L — коефіцієнт масовіддачі від поверхні контакту фаз до рідинного потоку, м/с; F — поверхня розділення фаз, м²; ΔX_{cp} — середня рушійна сила процесу абсорбції, кг/м³.

Мета роботи. Встановлення дії основних факторів процесу абсорбції — тиску в системі, температури води та діаметру пористого капіляру на значення коефіцієнта масовіддачі.

Основна частина. Згідно розробленої математичної моделі для капілярно-пористих пристроїв, коефіцієнт масовіддачі від поверхні контакту фаз до рідинного потоку визначається за формулою [2]

$$\beta_L = k \sqrt{\frac{D \cdot \omega}{2\pi \cdot b}}, \quad (2)$$

де k — експериментальний коефіцієнт; D — коефіцієнт молекулярної дифузії діоксиду вуглецю у воді, м²/с; ω — швидкість руху рідинного снаряду в капілярі, м/с; b — довжина рідинного снаряду, м.

Коефіцієнт молекулярної дифузії CO₂ у воді, при певній температурі D_t , виражається через коефіцієнт дифузії при температурі води 20 °С залежністю [3]

$$D_t = D_{20} [1 + b(t - 20)], \quad (3)$$

де b — температурний коефіцієнт, який розраховується по емпіричній залежності

$$b = 0,2 \frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}}, \quad (4)$$

де μ — динамічний коефіцієнт в'язкості води при $t = 20$ °С, $\mu = 1,005$ МПа · с; ρ — густина води $t = 20$ °С, $\rho = 998$ кг/м³.

Залежність коефіцієнта дифузії діоксиду вуглецю водою при зростанні температури води зображена на рис. 1.

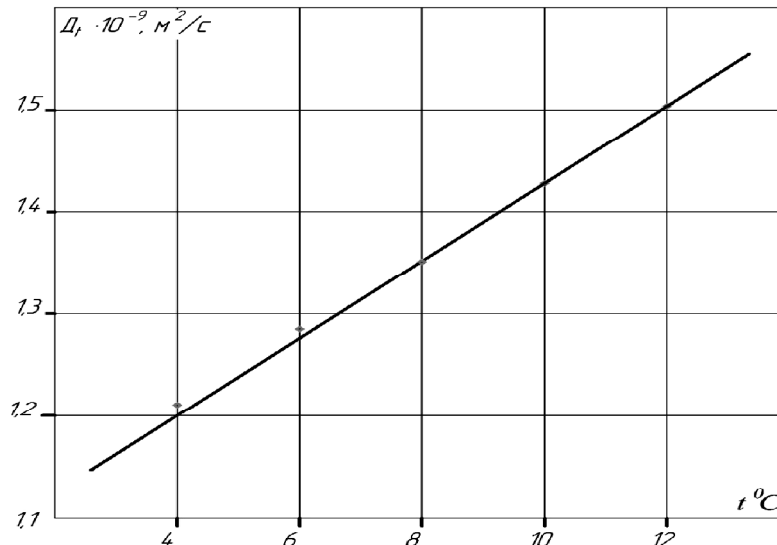


Рис. 1. Залежність коефіцієнта дифузії CO₂ водою при зміні її температури

Коефіцієнт дифузії CO₂ у воді, при зростанні температури води від $t = 4$ °С до температури $t = 12$ °С, збільшується від значення $1,2 \cdot 10^{-9}$ до значення $1,5 \cdot 10^{-9}$ м²/с

Коефіцієнт дифузії діоксиду вуглецю у воді, при зростанні її температури, описується лінійною функціональною залежністю

$$D_t = (0,038 \cdot t + 1,047) \cdot 10^{-9}, \text{ м}^2/\text{с}, \quad (5)$$

Коефіцієнт масовіддачі в рідинній фазі, згідно рівняння (2), залежить від зміни температури води.

На рис. 2 зображена залежність коефіцієнта масовіддачі в рідинній фазі від зростання температури води від 4 до 12°C для капілярних каналів діаметром Ш10 і Ш20 мм та при зміні тиску в системах 0,4-0,6 МПа.

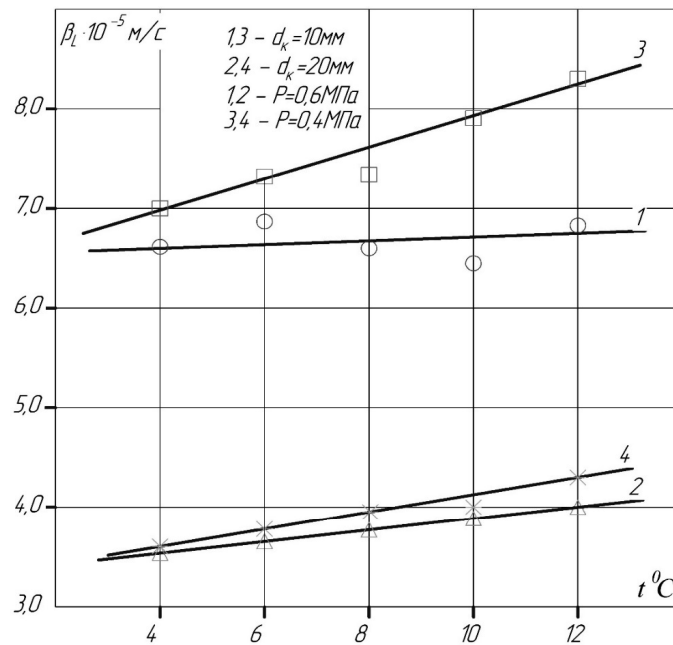


Рис. 2. Залежність коефіцієнта масовіддачі в рідинній фазі від зміни її температури

При зростанні температури води, коефіцієнт масовіддачі в рідинній фазі збільшується. Коефіцієнт β_L для каналу діаметром 10 мм значно більший чим для каналу діаметром 20 мм при однакових значеннях температури води та тиску в системі. Даний ефект пов'язаний з дією в'язкісних сил на гідродинаміку двофазних газорідинних систем зі збільшенням діаметра капіляра.

Значення коефіцієнта масовіддачі в рідинній фазі при абсорбції діоксиду вуглецю водою від зміни температури води апроксимовано лінійною залежністю

$$\beta_L = (k \cdot t + b) \cdot 10^{-5}, \quad (6)$$

де k, b — експериментальні коефіцієнти, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення досліджуваних параметрів		Значення коефіцієнтів	
		k	b
$d_k = 10\text{мм}$	$P = 0,6\text{МПа}$	0,0118	6,525
	$P = 0,4\text{МПа}$	0,1563	6,375
$d_k = 20\text{мм}$	$P = 0,6\text{МПа}$	0,0558	3,2941
	$P = 0,4\text{МПа}$	0,1196	3,1652

На рис. 3 зображена залежність коефіцієнта масовіддачі в рідинній фазі для процесу абсорбції CO_2 водою від зміни тиску в системі

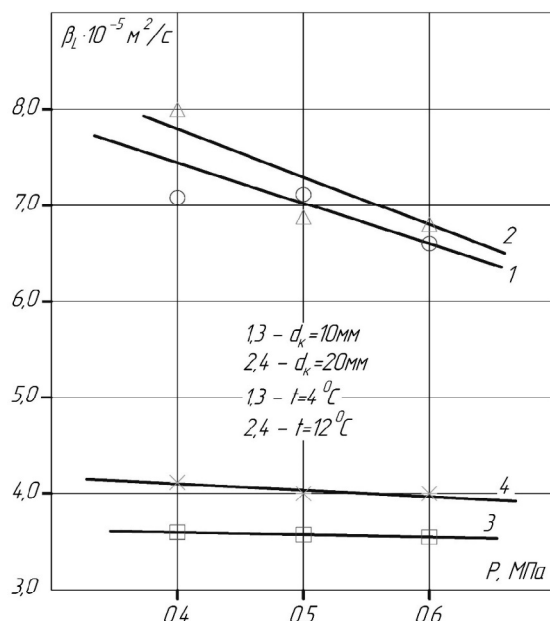


Рис. 3. Залежність коефіцієнта масовіддачі в рідинній фазі від зміни тиску в системі

При зростанні тиску в системі коефіцієнт масовіддачі в рідинній фазі β_L зменшується. Для капілярів діаметром 10мм коефіцієнт β_L менший чим для капілярів діаметром 20мм, при одних і тих же значеннях температури води та тиску в системі.

Функціональна залежність, що описує вплив значення тиску в системі на коефіцієнт β_L , має слідуючий вигляд

$$\beta_L = (a - b \cdot P) \cdot 10^{-5}, \quad (7)$$

де a, b — експериментальні коефіцієнти, які наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Значення досліджуваних параметрів		Значення коефіцієнтів	
		a	b
$d_k = 10\text{мм}$	$t = 4^\circ\text{C}$	9,0	4,0
	$t = 12^\circ\text{C}$	9,8	5,0
$d_k = 20\text{мм}$	$t = 4^\circ\text{C}$	3,7	0,33
	$t = 12^\circ\text{C}$	4,4	0,83

Використання методу багатofакторного експерименту по впливу на коефіцієнт масовіддачі у рідинній фазі при абсорбції CO_2 водою в капілярно-пористих каналах дозволив отримати рівняння лінійної регресії [4].

$$\beta_L = (11,23 + 0,079t - 2,76P - 0,332d_k) \cdot 10^{-5} \quad (8)$$

Висновки. Аналіз рівняння (8) дозволив зробити наступні висновки:

Коефіцієнт масовіддачі в рідинній фазі при абсорбції діоксиду вуглецю водою β_L пропорційно залежить від температури води і обернено пропорційно залежить від зміни тиску в системі та діаметра капіляра;

На коефіцієнт масовіддачі в рідинній фазі β_L впливають фактори дослідження в наступній послідовності: тиск в системі P , діаметр капіляра d_k і температура води t °C.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии : підруч. / А. Г. Касаткин. — М.: Химия, 1971. — 784 с.
2. *Світлик А.М.* Моделювання процесу абсорбції в прохідних пористих капілярах / А. М. Світлик, О.М. Прохоров // Харчова промисловість. — 2015. — № 16. — С.
3. *Павлов К.Ф.* Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : підруч. / К.Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. — Л.: Химия, 1987. — 567 с.
4. *Винарский М.С.* Планирование эксперимента в технологических исследованиях : підруч. / М. С. Винарский, М. В. Лурье. — К.: Техника, 1975. — 168 с.
5. *Ребров Е.В.* Применение микротехнологий для интенсификации промышленных процессов / Е. В. Ребров // Химическая технология. — 2009. — Т. 10, №10. — С. 595.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАССООТДАЧИ В ЖИДКОСТНОЙ ФАЗЕ ПРИ АБСОРБЦИИ CO₂ ВОДОЙ В КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ УСТРОЙСТВАХ

А.М. Свитлык, А.Н. Прохоров

Национальный университет пищевых технологий

Для процесса абсорбции диоксида углерода водой в капиллярно-пористых каналах разработана теоретическая модель определения коэффициента массоотдачи. Экспериментально установлено, что коэффициент массоотдачи β_L зависит от изменения давления в системе, температуры воды и диаметра капиллярного канала. Коэффициент β_L пропорционально зависит от величины температуры воды и обратно пропорционально зависит от изменения давления в системе и диаметра капилляра.

Ключевые слова: диоксид углерода, коэффициент массопередачи и массоотдачи, процесс абсорбции, капиллярно-пористый канал.