

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОНТАКТНОЇ МЕМБРАННОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ

магістрант Кукоба С.В., доц., к.т.н. Рябцев Г.Л.  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Мембранна дистиляція (МД) – це процес розділення розчинів, що ґрунтується на транспорті пари води через пористу гідрофобну мембрану. Рухомою силою процесу є різниця парціальних тисків розчинника по обидва боки мембрани, що виникає за рахунок різниці температур у каналі мембранного апарата.

Опис масопереносу в мембрані під час мембранної дистиляції (МД), на перший погляд, має бути тривіальною задачею, і потік пари повинен бути пропорційний градієнту тиску пари з обох боків мембрани [1]:

$$J = K \Delta p \quad (1)$$

де  $K$  – коефіцієнт проникності мембрани.

Однак, у загальному випадку, коефіцієнт проникності залежить від температури, тиску, складу парогазової суміші в мембрані та структури мембрани. Градієнт тиску пари також залежить від температури і складу суміші на поверхні і в об'ємі. Таким чином, розрахунок потоку можливий лише після спільного розв'язання системи рівнянь тепломасоперенесення методом послідовних наближень.

З огляду на це, реалізовано два підходи до розрахунків апаратів для МД. Перший, емпіричний, який поширено найбільше, базується на використанні виразів для визначення продуктивності й селективності, отриманих після узагальнення масивів експериментальних даних. Недоліками цього підходу є вузька область застосування емпіричних виразів та їх недостатнє теоретичне обґрунтування. Другий, феноменологічний підхід, базується на наближених аналітичних розв'язках рівнянь тепломасопереносу, отриманих за певних припущень, що спрощують розрахунки. Однак часто ці припущення призводять до значних помилок і не дозволяють точно встановити фізико-хімічні основи МД.

Для опису масопереносу в мембрані в процесі МД нами була використана модель «запиленого газу» (МЗГ) [2]. МЗГ є однією з найбільш повних напівемпіричних теорій течії газових сумішей крізь пористі матеріали, що досягла достатньої степені розвитку для застосування в інженерних і наукових розрахунках.

МЗГ дозволяє врахувати такі механізми масоперенесення пари в мембрані:

1. Вільно-молекулярну (кнудсеновську) течію, яка реалізується занадто малої густини пари, що частотою зіткнень між молекулами порівняно з частотою їх зіткнення з поверхнями каналів пористого тіла можна знехтувати.

2. В'язку течію (конвективне перенесення), за якою пара рухається як суцільне середовище під дією градієнта тиску, і міжмолекулярні зіткнення переважають над зіткненнями молекул з поверхнею.

3. Дифузію в режимі суцільного середовища, коли окремі компоненти суміші переміщуються відносно один одного під дією градієнта концентрації (звичайна дифузія), градієнта температури (термодифузія) чи зовнішніх сил (силова дифузія) При цьому міжмолекулярні зіткнення відбуваються частіше, аніж зіткнення молекул з поверхнею.

4. Поверхневу дифузію, за якої молекули пари переміщуються вздовж поверхні твердого тіла, не залишаючи адсорбційного шару.

Оскільки МД супроводжується фазовими переходами, він визначається не тільки масообміном, але й теплообміном у мембранній системі. Теплоперенесення крізь мембрану відбувається:

– теплопровідністю крізь щільну матрицю мембрани і пароповітряну суміш у порах  $Q_1$ ;

– із трансмембранним масовим потоком  $Q_2$ .

З огляду на це, сумарний тепловий потік крізь мембрану:

$$Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 = \frac{\lambda_m}{\delta_m} (T_{1m} - T_{2m}) + J c_p (T_{1m} - T_{2m}) \quad (2)$$

$$\lambda_m = \varepsilon \lambda' + (1 - \varepsilon) \lambda''$$

де  $J$  – потік пари;  $c_p$  – питома теплоємність парогазової суміші;  $\lambda_m$ ,  $\lambda'$  та  $\lambda''$  – коефіцієнти теплопровідності мембрани, парогазової суміші в порі й матеріалу мембрани;  $\varepsilon$  і  $\delta_m$  – пористість і товщина мембрани.

### **Перелік посилань**

1. Дытнерский, Ю.И. Применение мембранной дистилляции для концентрирования и обессоливания водных растворов электролитов [Текст] / Ю.И. Дытнерский, А.А. Акобян // Хим.пром. – 1990. – №8. – С. 465-471.

2. Мэйсон, Э. Перенос в пористых средах: модель запыленного газа [Текст] / Э. Мэйсон, А. Малинаускас. – М.: Мир, 1986.