

І.В. ЖИТНЕЦЬКИЙ, кандидат
технічних наук
В.Л. ЯРОВИЙ, кандидат технічних
наук
В.М. ТАРАН, доктор технічних наук
Національний університет харчових
технологій

ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ОПОРУ ДИНАМІЧНОЇ МЕМБРАНИ ПРИ МІКРОФІЛЬТРАЦІЇ РОЗЧИНУ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ М'ЯТИ ПЕРЦЕВОЇ У ВОДІ

Наведено результати досліджень процесу мікрофільтрації розчину ефірної олії м'яти перцевої у воді. Визначено питомий масовий гідродинамічний опір динамічної мембрани при зміні тиску та концентрації розчину.

Ключові слова: мікрофільтрація, концентрування, динамічна мембрана, гідродинамічний опір.

Приведены результаты исследования процесса микрофльтрации раствора эфирного масла мяты перечной в воде. Определено удельное массовое гидродинамическое сопротивление динамической мембраны при изменении давления и концентрации раствора.

Ключевые слова: микрофльтрация, концентрирование, динамическая мембрана, гидродинамическое сопротивление.

Ефективного фільтрування розчину ефірної олії м'яти перцевої (ЕОМП) у воді можна досягти за рахунок формування на поверхні мембрани-підложки динамічної мембрани. Оптимальний режим розділення досягається при мінімальному питомому гідродинамічному опорі мембрани [1].

З метою визначення питомого масового гідродинамічного опору при змінних параметрах процесу мікрофільтрації проводились дослідження на лабораторній установці непроточного типу з наступною характеристикою фільтраційного модуля: внутрішній об'єм — 200 мл, діаметр мембрани — 0,06 м, площа поверхні мембрани — 0,0025 м², робочий тиск — 0,01 - 0,6 МПа, габаритні розміри модуля 0,093x0,08x 0,140 м [2]. В якості фільтрувального елемента використовувалась мікрофільтраційна композиційна мембрана марки МФФК-2 (ТУ 6-55-221-953-88) з розміром пор 0,25мкм [3].

Експериментальні дослідження проводились при зміні тиску в модулі від $P = 0,025$ МПа до $P = 0,2$ МПа, температурі розчину $t = 20$ °С, концентрації розчину ефірної олії м'яти перцевої у воді становила 0,07; 0,2; 0,7% (мас.).

При концентруванні розчину ефірної олії м'яти перцевої у воді проникність мембрани МФФК-2 становила $G = 0,98 \cdot 10^{-4}$ м³/(м² • с), при цьому селективність з основного компонента ментолу становила $p = 95$ %. Результати аналізу залежностей фільтрування свідчать, що зменшення проникності та збільшення селективності мембран є однією з ознак формування динамічної мембрани [21].

Теоретична модель формування динамічної мембрани на поверхні мікрофільтраційної мембрани, описується рівняннями фільтрування [1]:

$$\frac{dq}{Sdt} = J_v = \frac{\Delta P}{\mu(R_d + R_m)}, \quad (1)$$

де J_v — питомий об'ємний потік, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; ΔP — різниця тисків, Па; μ — динамічна в'язкість рідини, Па·с; R_d , R_m — опір динамічної мембрани та мікрофільтраційної мембрани, $1/\text{м}$.

$$R_d = r_m \cdot m_d, \quad (2)$$

де r_m — питомий масовий гідродинамічний опір, $\text{м}/\text{кг}$; m_d — маса динамічної мембрани віднесена до одиниці площі, $\text{кг}/\text{м}^2$;

$$m_d = \frac{c_0 q}{S} \quad (3)$$

де c_0 — концентрація розчину, $\text{кг}/\text{м}^3$; q — об'єм фільтрату, м^3 ; S — площа поверхні фільтрування, м^2 .

Після перетворень рівнянь (1) — (3) питомий об'ємний потік визначається з рівняння (4):

$$J_v = \frac{\Delta P}{\mu \left(r_m \frac{c_0 q}{S} + R_m \right)} \quad (4)$$

З рівняння (4) знайдено питомий об'ємний потік, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, на початку процесу

$$J_0 = \frac{\Delta P}{\mu R_m} \quad (5)$$

Після перетворень рівняння (4) отримано сталу формування динамічної мембрани

$$k_4 = \mu \frac{r_m c_0}{\Delta P} \quad (6)$$

З урахуванням залежностей (5) і (6) питомий об'ємний потік визначається за рівнянням (7):

$$J_v = \frac{J_0}{1 + \frac{k_4}{2} J_0 q_s} \Rightarrow \frac{1}{J_v} = \frac{1}{J_0} + \frac{k_4}{2} q_s, \quad (7)$$

де q_s — об'єм фільтрату віднесений до одиниці площі, $\text{м}^3/\text{м}^2$.

Враховуючи співвідношення

$$J_v = \frac{dq_s}{dt} \quad (8)$$

одержуємо

$$\frac{\tau}{q_s} = \frac{1}{J_0} + \frac{k_4 q_s}{2} \quad (9)$$

За отриманими експериментальними даними побудовано графічну залежність в координатах $\tau/q_s - q_s$ (рис. 1.). Тангенс кута нахилу прямої визначає $k_4/2$. Перетин прямої з віссю ординат утворює відрізок, який дорівнює $1/J_0$.

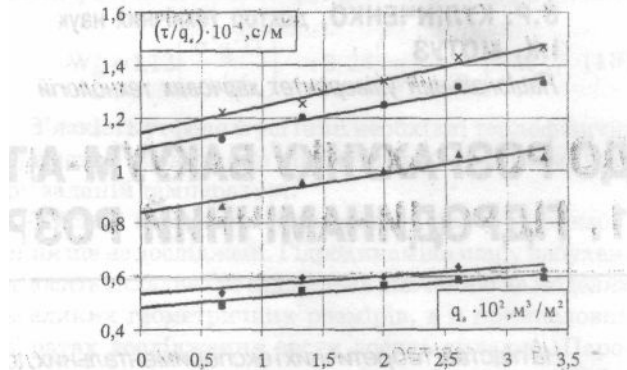


Рис. 1. Формування динамічної мембрани з утворенням мембранного шару на поверхні мікрофільтраційної мембрани МФФК-2 при концентрації розчину ЕОМП у воді 0,07 % (мас.) при надлишкових тисках:
 ■ — $P=0,2$ МПа; ◆ — $P=0,15$ МПа; ▲ — $P=0,1$ МПа; ● — $P=0,05$ МПа;
 × — $P=0,025$ МПа.

Так як динамічна мембрана, що утворився на поверхні мікрофільтраційної мембрани стискується постійну k_4 визначають при кількох значеннях тиску. За відомим k_4 із рівняння (6) визначаємо r_m .

За вищенаведеною методикою оброблено експериментальні дані отримані при розділенні розчинів ЕОМП уводізконцентрацією (% (мас.)) 0,07; 0,2; 0,7, яка обумовлена технологічним регламентом на виробництво ЕОМП-сирцю (рис. 2).

Результати свідчать, що при підвищенні тиску зростає питомий гідродинамічний опір при постійних концентраціях розчину $C_p = 0,07$ % (мас.), $C_p = 0,2$ % (мас.),

$C_p = 0,7 \%$ (мас.). Слід зазначити, що найменший гідродинамічний опір знаходиться в межах надлишкового тиску від $P = 0,03 \text{ МПа}$ до $P = 0,07 \text{ МПа}$ для всіх розглянутих значень концентрацій. При подальшому підвищенні тиску питомий гідродинамічний опір зростає.

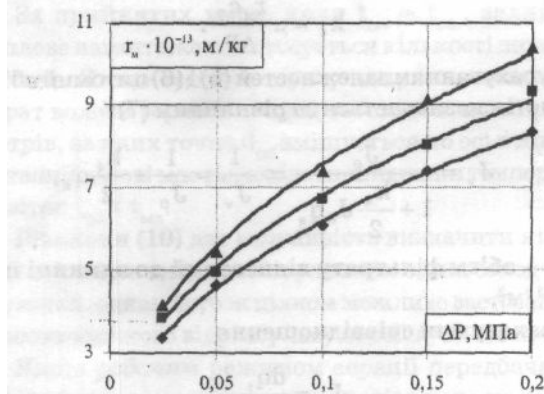


Рис. 2. Залежність питомого масового гідродинамічного опору динамічної мембрани на поверхні мембрани МФФК-2 від тиску в непроточній установці при концентрації розчину: \blacklozenge — $C_p = 0,07 \%$ (мас.), \blacksquare — $C_p = 0,2 \%$ (мас.), \blacktriangle — $C_p = 0,7 \%$ (мас.).

Апроксимацією результатів експериментальних досліджень одержано узагальнене розрахункове рівняння, яке описує залежність питомого гідродинамічного опору динамічної мембрани від тиску:

$$\gamma_m = a(\Delta P)^b \quad (10)$$

при $C_p = 0,07 \%$ (мас.) $a = 1,67 \cdot 10^{14}$, $b = 0,43$; при $C_p = 0,2 \%$ (мас.) $a = 1,8 \cdot 10^{14}$, $b = 0,42$; при $C_p = 0,7 \%$ (мас.) $a = 2,09 \cdot 10^{14}$, $b = 0,44$;

Висновки. Запропонована теоретична модель формування динамічної мембрани на поверхні мікро-фільтраційної мембрани та наведена методика дозволяє визначити сталу формування динамічної мембрани та питомий масовий гідродинамічний опір.

В результаті проведення досліджень та математичного оброблення отриманих експериментальних даних визначено значення питомого масового гідродинамічного опору динамічної мембрани в залежності від параметрів процесу мікрофільтрації: надлишкового тиску, концентрації розчину ЕОМІ у воді.

ЛІТЕРАТУРА

1. Брык М.Т., Цапюк ЕА. Ультрафільтрація. — К.: Наук, думка, 1989. — 288 с.
2. ЛВ. Житнецький, В.Л. Яровий, ВМ, Таран. Визначення проникності та селективності мембран при ультрафільтрації розчину ефірної олії м'яги перцевої // Наук, праці НУХТ 2005. — №16. — С. 171—172.
3. Мембраны и мембранная техника: Каталог. "Полимерсин-тез" Черкассы, 1988. — 32 с.

Одержана редколегією 04.12.2007 р.