

Никонов Олег Игоревич

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный

технологический университет»

г. Краснодар, Краснодарский край

МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЙ В МЕМБРАННОМ МОДУЛЕ

***Аннотация:** в работе рассмотрены полученные аналитические зависимости распределения давлений в модуле с пористой перегородкой для прямотока и для противотока. Это позволяет осуществлять проектные расчеты мембранных модулей в широком диапазоне проектных параметров.*

***Ключевые слова:** фильтрация, пористая перегородка, мембранный модуль.*

Разработка новых ресурсосберегающих процессов в пищевой промышленности остается актуальной в условиях конкуренции продовольственных товаров [1]. Разделение на основе мембранной технологии характеризуется низкими затратами [2].

Целью работы является моделирование фильтрации компонентов через перегородку при наличии градиентов концентрации и трансмембранного давления.

Совершенствование описания процесса в данной работе основано на решении сопряженного массопереноса [3]. Модуль для разделения жидких смесей состоит из связки мембран в кожухе [4]. Пространство между мембранами ограничено и рассматривается как внешнее пространство мембран [5]. Для описания процесса течения во внутреннем и внешнем объеме мембран использован подход, развитый в работе [6]. Дифференциальные уравнения [7] позволяют получить аналитическое решение для любой комбинацией патрубков внутреннего объема мембран и внешнего объема в модуле.

$$\frac{d^2 P_L}{d\sigma^2} = \frac{16K}{R_L^3} (P_L - P_s) \quad (1)$$

$$\frac{d^2 P_s}{d\sigma^2} = \mp \frac{16K}{R_L^3} \frac{1}{\gamma} (P_L - P_s) \quad (2)$$

где K – проницаемость мембран; P_L и P_s – гидростатические давления внутри и во внешнем объеме, соответственно;

$\gamma = [4R_S^4 \ln(R_S / R_M) + 4R_S^2 R_M^2 - 3R_S^4 - R_M^4] / R_L^4 = k_{x,S} / k_{x,L}$; R_L – внутренний радиус мембран; R_M – внешний радиус мембран; R_S – радиус модуля; $\sigma = \frac{xL_m}{L}$; L_m – полная длина мембраны; L – длина рабочего объема модуля. Здесь (2) знак «-» берется, когда перенос идет из внутреннего объема мембран во внешний объем модуля, а знак «+» – когда перенос идет из внешнего объема модуля во внутренний объем мембран [8].

Получено решение системы (1) и (2) для распределения гидростатических давлений фильтрационных процессов в мембранном модуле:

$$\begin{cases} P_L(x) = \left[\frac{1 + \gamma \cdot ch\left(\frac{\lambda \cdot x}{\sqrt{\gamma}}\right)}{\gamma + 1} \right] \cdot B_1 + \left[\frac{\lambda \cdot x + \gamma \cdot \sqrt{\gamma} \cdot sh\left(\frac{\lambda \cdot x}{\sqrt{\gamma}}\right)}{\lambda \cdot (\gamma + 1)} \right] \cdot B_2 + \left[\frac{\gamma - \gamma \cdot ch\left(\frac{\lambda \cdot x}{\sqrt{\gamma}}\right)}{\gamma + 1} \right] \cdot B_3 - \left[\frac{\gamma \cdot \lambda \cdot x - \gamma \cdot \sqrt{\gamma} \cdot sh\left(\frac{\lambda \cdot x}{\sqrt{\gamma}}\right)}{\lambda \cdot (\gamma + 1)} \right] \cdot B_4 \\ P_s(x) = \left[\frac{1 - ch\left(\frac{\lambda \cdot x}{\sqrt{\gamma}}\right)}{\gamma + 1} \right] \cdot B_1 + \left[\frac{\lambda \cdot x - \sqrt{\gamma} \cdot sh\left(\frac{\lambda \cdot x}{\sqrt{\gamma}}\right)}{\lambda \cdot (\gamma + 1)} \right] \cdot B_2 + \left[\frac{\gamma + ch\left(\frac{\lambda \cdot x}{\sqrt{\gamma}}\right)}{\gamma + 1} \right] \cdot B_3 + \left[\frac{\gamma \cdot \lambda \cdot x + \sqrt{\gamma} \cdot sh\left(\frac{\lambda \cdot x}{\sqrt{\gamma}}\right)}{\lambda \cdot (\gamma + 1)} \right] \cdot B_4 \end{cases} \quad (3)$$

где $\lambda = \sqrt{\frac{16 \cdot K \cdot (\gamma + 1)}{R_L^3}}$.

Полученные аналитические зависимости (3) описывают распределения давлений в модуле с пористой перегородкой для прямотока и для противотока. Это позволяет осуществлять проектные расчеты мембранных модулей [9] в широком диапазоне проектных параметров.

Список литературы

1. Бархатов В.Ю. Способ гидролиза инулина топинамбура / В.Ю. Бархатов, Э.И. Мамедова, В.С. Рубан // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2008. – №2–3. – С. 48.

2. Косачев В.С. Зависимости для описания теплообмена в слое / В.С. Косачев, Е.П. Кошевой, А.Н. Михневич, Н.А. Миронов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2008. – №2–3. – С. 82–83.
3. Кошевой Е.П. Конденсатор / Е.П. Кошевой, В.С. Косачев, А.Г. Верещагин, А.В. Гукасян, А.А. Схяхов // патент на полезную модель RUS 61401 27.11.2006
4. Никонов О.И. Усовершенствованная машина для нанесения этикеток на стеклянную тару / О.И. Никонов, С.Б. Бережной, В.Г. Давыдьянц, Н.Н. Белина // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2017. – №1 (355). – С. 65–67.
5. Степанова Е.Г. Получение пектинового порошка из яблочных выжимок с применением метода электротехнологии / Е.Г. Степанова, В.С. Рубан // Интеграция науки и образования: Сборник статей Международной научно-практической конференции. Международный центр инновационных исследований «ОМЕГА САЙНС»; отв. ред.: А.А. Сукиасян. – 2014. – С. 166–168.
6. Схяхов А.А. Математическое моделирование процесса разделения жидких смесей в мембранном модуле с различной организацией потоков / А.А. Схяхов, В.С. Косачев, Е.П. Кошевой // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2009. – №2–3. – С. 71–74.
7. Уськова Н.В. Разработка конструкции торгового автомата / Н.В. Уськова, О.И. Никонов, Н.Н. Белина // Актуальные направления научных исследований: перспективы развития: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции / Редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – 2017. – С. 151–153.
8. Уськова Н.В. Формирование основных требований к устройствам реализации товаров массового спроса / Н.В. Уськова, О.И. Никонов, Н.Н. Белина // Актуальные направления научных исследований: перспективы развития: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции / Редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – 2017. – С. 153–155.

9. Фараджеева Э.И. Способ производства пищевого продукта на основе топинамбура / Э.И. Фараджеева, В.Ю. Бархатов, В.А. Бредихина, В.С. Рубан // Патент на изобретение RUS 2143823 07.04.1998.