

Расчет электробаромембранного способа концентрирования раствора сульфанилата натрия в циркуляционном режиме

При производстве «белофора ОБ жидкого» одной из стадий процесса является упарка маточника сульфанилата натрия до максимально возможной концентрации с последующим центрифугированием. Нами предлагается заменить часть стадии упаривания на электробаромембранный процесс концентрирования.

По нашим исследованиям кинетических характеристик данный метод позволяет сконцентрировать маточник сульфанилата натрия до $300 - 350 \text{ кг/м}^3$, при этом осмотическое давление данного раствора составит $3 - 4 \text{ МПа}$ (при условии отсутствия других растворенных веществ, в особенности неорганических)

Для реализации данного процесса разработана методика расчета концентрирования раствора сульфанилата натрия с использованием электробаромембранных (баромембранных) аппаратов рулонного типа с замкнутым контуром по тракту ретентата. Пусть емкость $E1$ (рис. 1) содержит раствор маточника сульфанилата натрия с начальной концентрацией $C(0) = C_0$ и объемом $V(0) = V_0$. Требуется сконцентрировать раствор до концентрации $C_{\text{кон}}$. Необходимое давление и расход G обеспечивает группа насосов $H1$. Во время концентрирования прианодный

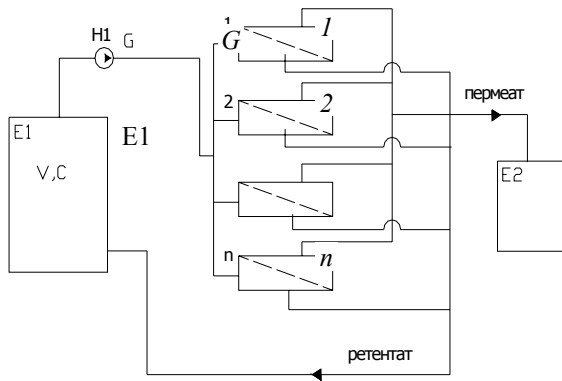


Рис. 1 Схема электробаромембранного способа концентрирования в циркуляционном режиме

и прикатодный пермеат собираются в емкость $E2$. Необходимое электрооборудование для наложения и регулирования электрического поля на схеме не показано. Количество электробаромембранных элементов рулонного типа – n .

При решении данной задачи приняты следующие допущения:

1 Рабочая площадь, скорость течения раствора в межмембранном канале, давление и основные кинетические характеристики массопереноса одинаковы для каждого электробаромембранного элемента в установке.

2 Скорость прокачки раствора над поверхностью мембран такова, что явления концентрационной поляризации отсутствуют.

3 Внутренним объемом трубопроводов пренебрегаем.

Рассмотрим направления основных объемных и массовых потоков в одном рулонном элементе.

Изменение объема в системе запишем в следующем виде:

$$\frac{dV}{dt} = G_{\text{п}} n = G - G_{\text{р}} n, \quad (1)$$

где $G_{\text{п}}$, $G_{\text{р}}$ – производительность по пермеату и ретентату одного модуля соответственно; n – количество модулей в системе.

Значение производительности по пермеату определяем следующим образом:

$$G_{\text{п}} = G_{\text{обр.осм}} - G_{\text{осм}} + G_{\text{эл.осм}}, \quad (2)$$

где $G_{\text{обр.осм}}$ – обратноосмотический перенос растворителя через мембрану под действием давления; $G_{\text{осм}}$ – осмотический перенос растворителя под действием градиента разности химических потенциалов раствора; $G_{\text{эл.осм}}$ – перенос растворителя под действием электрического поля.

При использовании математической модели [1], описывающей основные объемные и массовые потоки в электробаромембранном аппарате рулонного типа, выходными параметрами являются скорость потока разделяемого раствора на выходе из аппарата, которой можно оперировать при расчете.

Изменение массы вещества в системе равно количеству отведенного вещества с пермеатом:

$$V \frac{dC}{dt} = G_n C_n n + m_{\text{мигр}} = (G - G_p n) C_p - G C + m_{\text{мигр}}. \quad (3)$$

Далее рассмотрим изменение массовых потоков в одном элементе:

$$\frac{G}{n} C = G_n C_n + (G - G_n) C_p + m_{\text{мигр}}. \quad (4)$$

Концентрация пермеата равна:

$$C_n = (1 - K) C, \quad (5)$$

где K – усредненное значение коэффициента задерживания.

Выразим концентрацию ретентата C_p из (4), (5) и подставим в (3):

$$V \frac{dC}{dt} = (G - G_p n) \frac{\left(\frac{G}{n} - G_n (1 - K)\right) C + m_{\text{мигр}}}{\left(\frac{G}{n} - G_p\right)} - G C + m_{\text{мигр}}. \quad (6)$$

Таким образом, получаем систему обычных дифференциальных уравнений с начальными условиями, которую можно решить численным методом Эйлера.

$$\left\{ \begin{array}{l} V \frac{dC}{dt} = (G - G_p n) \frac{\left(\frac{G}{n} - G_n (1 - K)\right) C + m_{\text{мигр}}}{\left(\frac{G}{n} - G_p\right)} - G C + m_{\text{мигр}}; \\ \frac{dV}{dt} = (-G_n + G_p) n; \\ C(0) = C_0; \\ V(0) = V_0. \end{array} \right. \quad (7)$$

Решение данной системе дифференциальных уравнений позволяет определить время, за которое концентрация в емкости Е1 станет конечной. При известной производительности, т.е. времени, необходимом на концентрирование определенного объема, можно определить необходимое число элементов.

Список литературы

1 Лазарев, С.И. К вопросу математического описания массопереноса при баромембранном разделении / С.И. Лазарев, А.С. Горбачев, Г.С. Кормильцын // Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология : Всероссийская студенческая научно-техн. конф. Казань, 2005. С. 169 – 171.