

0.1. Максимова А.А., Рыжков И.И. Сравнительный анализ аналитических и численных моделей концентрационной поляризации в установке тангенциальной фильтрации

Для разделения, очистки и концентрирования растворов широко используются баромембранные процессы: микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация и обратный осмос. В данных процессах создается трансмембранная разность давлений, которая вызывает поток растворителя и растворенного вещества через мембрану. Растворенное вещество полностью или частично задерживается мембраной, в результате чего на ее поверхности возникает высококонцентрированный слой, оказывающий сопротивление массопереносу. Это явление называется концентрационной поляризацией [1]. Поляризационные явления сопровождают многие мембранные процессы разделения. Так как падение потока негативно сказывается на технико-экономических показателях мембраны, необходимо принимать меры для устранения причин, связанных с этим явлением. Для уменьшения проявлений концентрационной поляризации применяют перемешивание раствора, регулируют скорость потока вдоль мембраны либо влияют на коэффициент массопереноса путем изменения форм и размеров модуля, снижая длину или увеличивая его гидродинамический диаметр [2]. Для более глубокого понимания и предсказания эффектов концентрационной поляризации активно используется математическое моделирование. Ранее в работах были рассмотрены одномерные (плёночные) модели и двумерные модели концентрационной поляризации, которые показали хорошее согласие с экспериментальными данными [3]. Целью работы является сравнительный анализ численных и аналитических моделей, описывающих явление концентрационной поляризации в установке тангенциальной фильтрации с радиальным течением раствора. В работе были рассмотрены двумерная осесимметричная и трехмерная математические модели течения растворителя и растворенного вещества (водный раствор хлорида калия) в фильтрационной ячейке с мембраной в виде плоского диска заданного диаметра. Данные численные модели сравниваются с моделями, основанными на автомоделных решениях упрощенных уравнений движения и массопереноса, позволяющих прогнозировать концентрацию на поверхности мембраны для развивающегося концентрационного пограничного слоя.

В работе [4] на основе автомоделного решения упрощенных уравнений движения и массопереноса были получены корреляции для зависимостей концентрации на поверхности мембраны от скоростей входного потока и потока через мембрану, радиуса ячейки и гидродинамических размеров модуля.

Показано, что при фиксированной скорости сырье-

вого потока увеличение скорости через мембрану увеличивает концентрацию вблизи нее, а при фиксированной скорости потока через мембрану увеличение скорости сырьевого потока уменьшает среднюю концентрацию и влияние концентрационной поляризации. Также было показано хорошее согласие данных, полученных на основе численного расчёта в Ansys Fluent с корреляциями, полученными из автомоделного решения упрощенных уравнений движения и массопереноса. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования дизайна фильтрационной ячейки с радиальным течением раствора.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 23-19-00269.

Список литературы

- [1] ANDREW L. ZYDNEY Stagnant film model for concentration polarization in membrane systems // Journal of Membrane Science. 1997. Vol. 130. P. 275–281.
- [2] MIRANDA M., CAMPOS B. L. M. Concentration polarization in a membrane placed under an impinging jet confined by a conical wall — a numerical approach // Journal of Membrane Science. 2001. Vol. 130. P. 257–270.
- [3] SABLANI S. S., GOOSENA M. F. A., AL-BELUSHI R., WILF M. Concentration polarization in ultrafiltration and reverse osmosis: a critical review // Desalination. 2001. Vol. 141. P. 269–289.
- [4] DE S., BHATTACHARYA P. K. Prediction of mass-transfer coefficient with suction in the applications of reverse osmosis and ultrafiltration // Journal of Membrane Science. 1997. Vol. 128. P. 119–131.