

УДК 66.083.3

ПРОТОЧНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИФфуЗИОННОЙ И ОСМОТИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МЕМБРАН

© С.В. Ковалев, С.И. Лазарев, Г.С. Кормильцин, М.А. Рябинский

Ключевые слова: мембрана; диффузия; осмос; проницаемость.

В настоящей работе разработана установка и методика для исследования диффузионной и осмотической проницаемости в мембранных аппаратах с плоскими каналами. Из экспериментальных данных видно, что диффузионная и осмотическая проницаемость падает с ростом исходной концентрации соли в растворе. Также видно, что диффузионная и осмотическая проницаемость возрастает с ростом температуры раствора.

При математическом моделировании работы мембранного аппарата в расчетах используют коэффициент самодиффузии воды и коэффициент диффузии вещества в мембране. Однако данные величины экспериментально определить сложно, поэтому в расчетах используют коэффициенты диффузионной и осмотической проницаемостей. Зная коэффициенты диффузионной и осмотической проницаемости, можно оценить вклад диффузионного и осмотического потока в массоперенос. Коэффициенты диффузионной и осмотической проницаемостей можно определить опытным путем. Для этой цели существуют мембранные ячейки различных типов. Наиболее простой является плоскокамерная ячейка [1]. Недостатком данной ячейки является то, что в ней не отражается гидродинамика реального аппарата, хоть и поддерживается режим перемешивания. С целью устранения недостатков ранее разработанной конструкции ячейки [1] решены вопросы проектирования и монтажа проточной установки, оснащенной мем-

бранным элементом с плоскими каналами, приведенной на рис. 1 и 2.

Установка (см. рис. 1) состоит из диффузионно-осмотической ячейки с плоскими каналами 1, термостатируемой емкости дистиллированной воды 2, термостатируемой емкости исходного раствора 3, термометра 4, контактного термометра 5.

Основным элементом установки (см. рис. 2) является ячейка 1, показанная на рис. 3.

Она состоит из двух камер с плоскими каналами, образованными фланцами 2 и средней частью диффузионной ячейки 1. Для придания жесткости конструкции диффузионная ячейка снабжена пластинами 3, которые стягиваются шестью болтами 7 с гайками 8 и шайбами 9. На нижней и верхней средней части диффузионной ячейки 1 имеются штуцер 5 для ввода исходного раствора и штуцера 4 вывода раствора. Также на внешней поверхности фланца 2 вмонтированы на резьбе два штуцера 6. Фланцы, средняя часть диффузионной ячейки, штуцера были изготовлены из капролона.

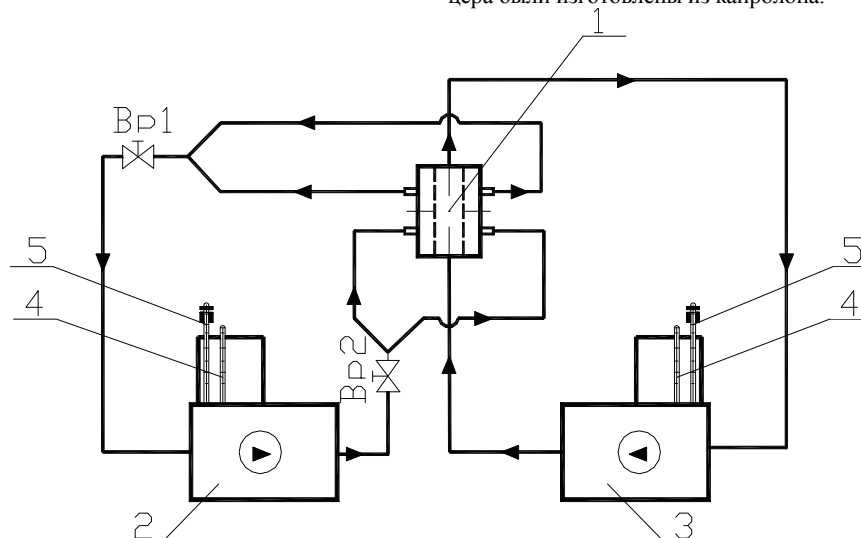


Рис. 1. Схема экспериментальной проточной установки для исследования диффузионной и осмотической проницаемости мембран: 1 — диффузионная ячейка с плоскими каналами; 2 — термостатируемая емкость дистиллированной воды; 3 — термостатируемая емкость исходного раствора; 4 — термометр; 5 — контактный термометр

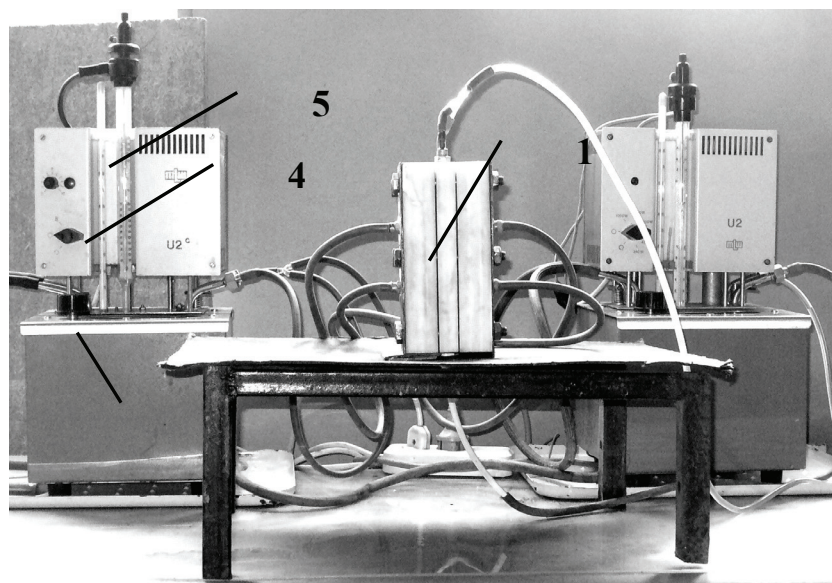


Рис. 2. Экспериментальная проточная установка для исследования диффузионной и осмотической проницаемости мембран

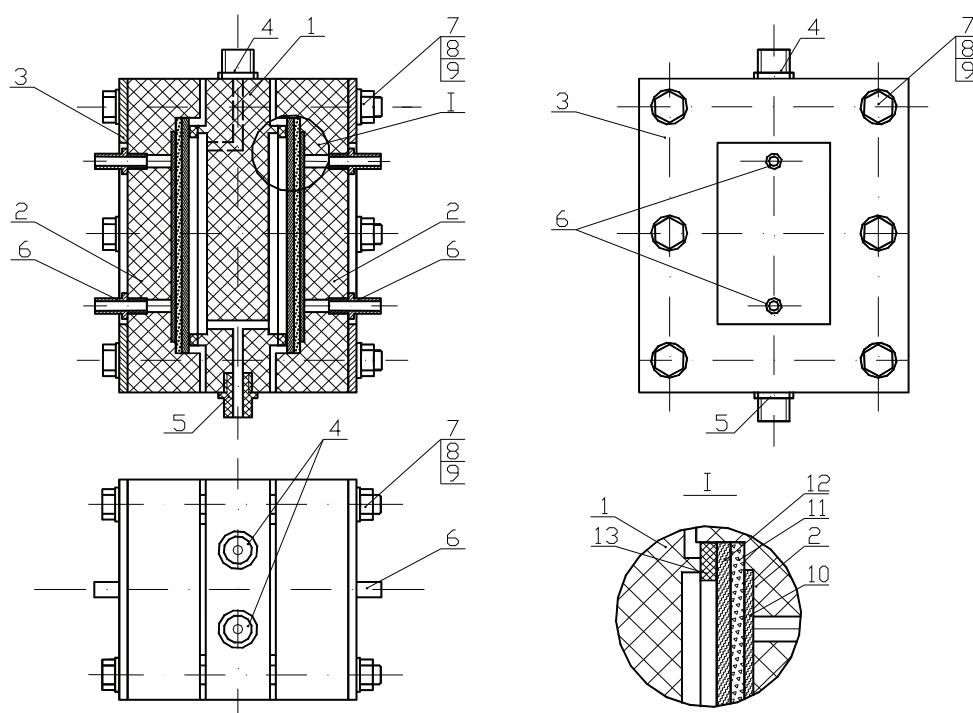


Рис. 3. Двухкамерная диффузионно-осмотическая ячейка: 1 – средняя часть диффузионной ячейки; 2 – фланец; 3 – пластина; 4, 5, 6 – штуцер; 7, 8, 9 – болт, гайка и шайба; 10 – сетка турбулизатор; 11 – обратноосмотическая мембрана; 12 – сетка турбулизатор; 13 – прокладка

При экспериментальном исследовании диффузионной и осмотической проницаемости, обратноосмотическая мембрана 11, во избежание прогиба под действием температурных напряжений, зажималась между сеткой турбулизатором 10 и сеткой турбулизатором 12, упираясь в прокладку 13, которые соответственно были зажаты между поверхностью средней части диффузионной ячейки 1 и фланцами 2.

Методика проведения экспериментов по определению диффузионной и осмотической проницаемости мембран заключалась в следующем.

В термостатируемую емкость, снабженную насосом и мешалкой исходного раствора 3 (рис. 1), заливали 3 литра исследуемого раствора с определенной концентрацией, во термостатируемую емкость 2 с насосом и мешалкой заливали 3 литра дистиллированной воды

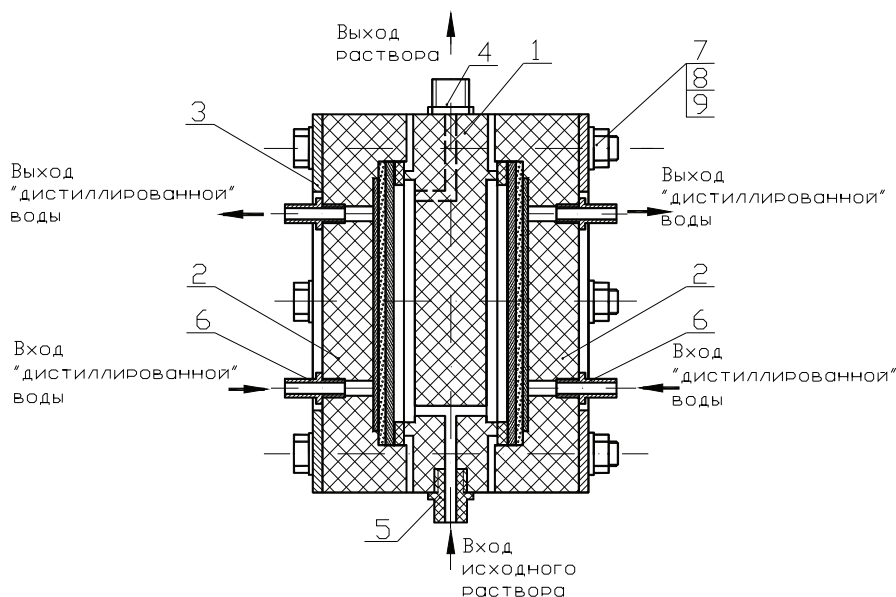


Рис. 4. Двухкамерная диффузионно-осмотическая ячейка с проточной подачей растворов

соответственно. Включали экспериментальную установку и задавали определенную температуру в обеих емкостях с помощью контактного термометра 5, затем выводили установку на рабочий режим, постоянная температура в термостатируемых емкостях и ячейке поддерживалась с помощью нагревателей, встроенных в емкости. Дополнительно за температурой растворов осуществлялся визуальный контроль с помощью термометров 4. Рабочая площадь мембран составляла 0,0088 м².

Подача раствора в ячейку с плоскими каналами из разных термостатируемых емкостей осуществлялась прямотоком (рис. 4).

Циркуляция и перемешивание растворов в камерах осуществлялась насосами. Эксперимент проводился с продолжительностью 2–5 часов.

По окончании эксперимента отбирались пробы и подвергались анализу. По количеству перенесенного растворенного вещества рассчитывался коэффициент диффузионной проницаемости [2].

$$P_{\delta} = \frac{C_2 \cdot V_2 \cdot \delta}{(C_1 - C_2) \cdot F_m \cdot \tau}, \quad (1)$$

где P_{δ} — коэффициент диффузионной проницаемости, м²/с; C_1 — концентрация растворенного вещества в исходном растворе, кг/м³; C_2 — концентрация растворенного вещества, перешедшего через мембрану, кг/м³; V_2 — объем исследуемого раствора, м³; δ — толщина мембраны, м; F_m — рабочая площадь мембраны, м²; τ — время проведения эксперимента, с.

Осмотический поток растворителя через мембрану рассчитывали по следующей формуле:

$$I_{осм} = \frac{P_{осм}}{\delta} (C_1 - C_2), \quad (2)$$

где $I_{осм}$ — осмотический поток растворителя, м/с; $P_{осм}$ — коэффициент осмотической проницаемости, м⁵/кг·с.

Коэффициент осмотической проницаемости рассчитывался по объему перенесенного растворителя и рабочим параметрам [1, 3]:

$$P_{осм} = \frac{\Delta V \cdot \delta}{(C_1 - C_2) \cdot F_m \cdot \tau}, \quad (3)$$

где ΔV — объем перенесенного растворителя, м³.

В работе были проведены эксперименты по определению коэффициентов диффузионной и осмотической проницаемости обратноосмотической мембраны МГА-80П для водного раствора ZnSO₄ с исходными концентрациями соли в растворе 0,2; 0,3; 0,5; 0,75; 1,0 кг/м³ при температурах 295; 303; 311; 318 К. Полученные экспериментальные данные приведены на рис. 5, 6.

Проанализируем зависимость коэффициента диффузионной проницаемости от концентрации, приведенную на рис. 5. Необходимо иметь в виду, что растворимое вещество может диффундировать в мембране как через поровое пространство, заполненное раствором, так и через аморфные области набухания мембраны. Очевидно, раствор сульфата цинка не пластифицирует мембрану или пластифицирует ее незначительно, поэтому снижение коэффициента диффузионной проницаемости наблюдается на всем исследуемом интервале изменения концентрации раствора сульфата цинка.

На рис. 6 представлена экспериментальная зависимость коэффициента осмотической проницаемости от концентрации, с увеличением концентрации из-за сорбции мембранами растворимых веществ, происходит процесс изменения пористости структур (из-за набухаемости мембран, сужения диаметра пор) и, как следствие, снижение коэффициента осмотической проницаемости.

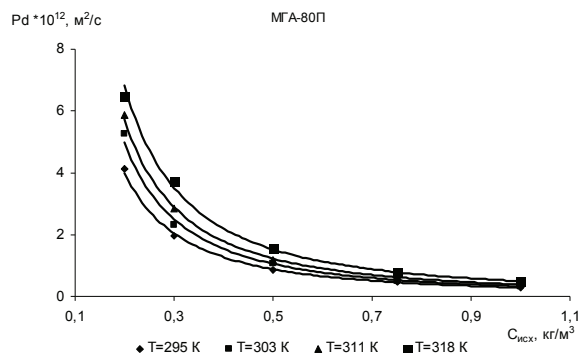


Рис. 5. Зависимость диффузионной проницаемости мембраны МГА-80П от исходной концентрации соли в растворе

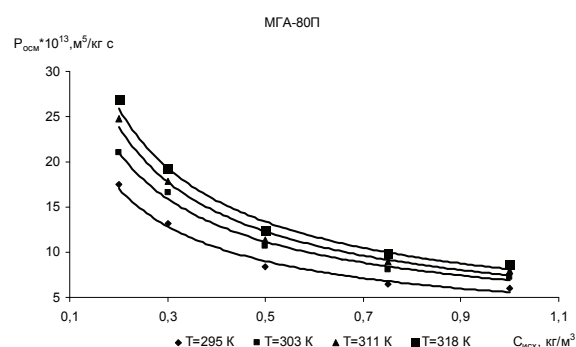


Рис. 6. Зависимость осмотической проницаемости мембраны МГА-80П от исходной концентрации соли в растворе

Из экспериментальных зависимостей коэффициента диффузионной и осмотической проницаемости от исходной концентрации соли в растворе при увеличении температуры рис. 5 и 6 видно, что диффузионная и осмотическая проницаемость увеличиваются. Это соответствует общепринятым представлениям о влиянии температуры на коэффициент диффузионной проницаемости воды в полимерах [2, 4].

Данная экспериментальная установка предназначена для исследования диффузионной и осмотической

проницаемости полимерных мембран для однокомпонентных и многокомпонентных растворов. Также на ней можно проводить эксперименты по изучению влияния изменения гидродинамики потоков (прямоток, противоток), использования турбулизирующих вставок и наложения электрических и температурных полей на разделяемый раствор.

ВЫВОДЫ

В настоящей работе разработана установка и методика для исследования диффузионной и осмотической проницаемости в мембранных аппаратах с плоскими каналами. Из экспериментальных данных, приведенных на рисунках, видно, что диффузионная и осмотическая проницаемость падает с ростом исходной концентрации соли в растворе. Также из рисунков видно, что диффузионная и осмотическая проницаемость возрастает с ростом температуры раствора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лазарев С.И., Коробов В.Б., Коновалов В.И. Исследование диффузионной и осмотической проницаемости полимерных мембран / Тамб. ин-т хим. машиностр. Тамбов, 1989. 12 с. Деп. в ОНИИ-ТЭХИМа № 807-хп 89.
2. Николаев Н.И. Диффузия в мембранах. М.: Химия, 1980. 232 с.
3. Лазарев С.И., Горбачев А.С. Исследование диффузионной и осмотической проницаемости водного раствора сульфанилата натрия через обратноосмотические мембраны // Изв. вузов. Химия и хим. техн. Иваново, 2005. Т. 48. Вып. 2. С. 113-115.
4. Рейтлингер С.А. Проницаемость полимерных материалов. М.: Химия, 1974. 272 с.

Поступила в редакцию 27 марта 2009 г.

Kovalev S.V., Lazarev S.I., Kormiltin G.S., Riabinski M.A. Flowing installation for research diffusion and osmotic permeability of membranes. In the present work installation and a technique for research of diffusion and osmotic permeability in membrane devices with flat channels is developed. From the experimental data it is visible that diffusion and osmotic permeability falls with growth of the initial concentration of salt in a solution. It is also visible that diffusion and osmotic permeability increases with the growth of the solution temperature.

Key words: membrane; diffusion; osmos; permeability.