

### ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАН НА ДВУХКАМЕРНОЙ ПЛОСКОКАМЕРНОЙ ЯЧЕЙКЕ

При математическом моделировании работы мембранного аппарата в расчетах используют коэффициент самодиффузии воды и коэффициент диффузии в мембране. Однако данные величины экспериментально определить сложно, поэтому в расчетах используют коэффициенты диффузионной и осмотической проницаемостей. Зная коэффициент диффузионной проницаемости, можно оценить вклад диффузионного потока в массоперенос. Зная коэффициент осмотической проницаемости, можно рассчитать удельный поток растворителя через мембрану. Коэффициенты диффузионной и осмотической проницаемостей можно определить опытным путем. Для этой цели существуют мембранные ячейки различных типов. Наиболее приемлемой является плоскокамерная ячейка, приведенная на рис. 1 [1].

Установка состоит из термостатируемой ячейки I – II, измерительных капилляров 13, 14, емкостей для исходных 2, 4 и отработанных 3, 5 растворов.

Основным элементом установки является ячейка, изготовленная из полиметилметакрилата. Она состоит из двух камер I и II, которые разделены исследуемой мембраной 1.

При исследовании диффузионной и осмотической проницаемостей мембрана, во избежание прогиба под действием давления и температурных напряжений, зажималась между решетками 15, выполненными из полиметилметакрилата.

Перемешивание раствора в камерах I и II осуществлялось магнитной мешалкой 6, 7. Для поддержания необходимой температуры растворов в камерах ячейки были встроены теплообменники 16, 17, в которых циркулировала вода из термостата 12. Контроль температуры в камерах I и II осуществлялся с помощью термопар 8, 9, подключенных к потенциометру 10. Объем камер ячейки –  $0,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , рабочая площадь мембран с учетом экранирования решеткой составляла  $6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ .

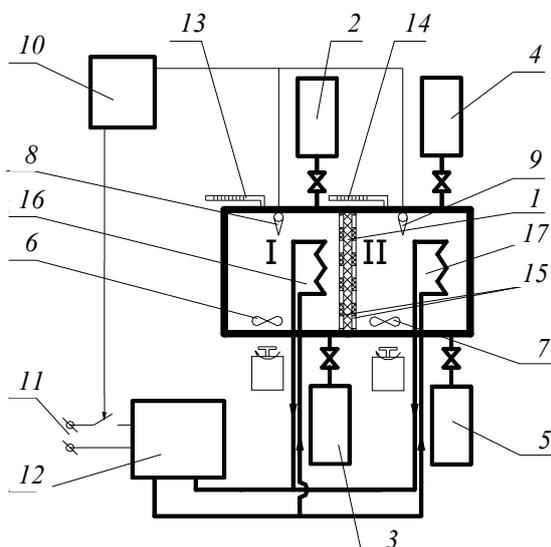


Рис. 1. Схема установки для измерения диффузионной и осмотической проницаемости мембран

Методика проведения исследований по определению коэффициентов диффузионной и осмотической проницаемостей сводилась к следующему. Исследуемая мембрана предварительно подготавливалась к работе, и собиралась измерительная ячейка рис. 1. Камера I заполнялась раствором определенной концентрации, а камера II – дистиллированной водой. Для установления стационарного диффузионного и осмотического потока растворы оставались в камерах продолжительное время (11...13 часов), а затем сливались. После этого камеры ячейки в течение 15 минут промывались дистиллированной водой. Затем проводили заполнение камер, как и в предшествующем опыте: камеру I заполняли раствором той же концентрации, а камеру II – дистиллированной водой. Далее проводили отбор проб из камер через емкости отработанных растворов 3, 5 и пополняли камеры I и II из емкости исходных растворов 2 и 4, и проводили опыт по определению диффузионной и осмотической проницаемостей. Время опыта составляло 5 часов.

Коэффициент диффузионной проницаемости определяется по формуле [2]:

$$P_d = \frac{C_2 V_2 \delta}{(C_1 - C_2) F_M \tau}, \quad (1)$$

где  $P_d$  – коэффициент диффузионной проницаемости,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $C_1$  – концентрация растворенного вещества в исходном растворе,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$C_2$  – концентрация растворенного вещества, перешедшего через мембрану,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $V_2$  – объем исследуемого раствора,  $\text{м}^3$ ;  $\delta$  – толщина активного слоя мембраны,  $\text{м}$ ;  $F_M$  – рабочая площадь мембраны,  $\text{м}^2$ ;  $\tau$  – время проведения эксперимента,  $\text{с}$ .

Коэффициент осмотической проницаемости рассчитывается по объему перенесенного растворителя и рабочим параметрам [2]:

$$P_{\text{осм}} = \frac{\Delta V \delta}{(C_1 - C_2) F_M \tau}, \quad (2)$$

где  $P_{осм}$  – коэффициент осмотической проницаемости,  $\text{м}^5/\text{кг}\cdot\text{с}$ ;  $\Delta V$  – объем перенесенного растворителя,  $\text{м}^3$ ;  $\delta$  – толщина активного слоя мембраны,  $\text{м}$ ;  $C_1$  – концентрация растворенного вещества в исходном растворе,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $C_2$  – концентрация растворенного вещества, перешедшего через мембрану,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $F_M$  – рабочая площадь мембраны,  $\text{м}^2$ ;  $\tau$  – время проведения эксперимента,  $\text{с}$ .

Были проведены эксперименты по определению коэффициентов диффузионной  $P_d$  и осмотической  $P_{осм}$  проницаемостей на мембране МГА-95 для водного раствора  $\text{ZnSO}_4$  с исходными концентрациями соли в растворе 0,2; 0,3; 0,5; 0,75; 1  $\text{кг}/\text{м}^3$  при постоянной температуре 295 К.

Полученные экспериментальные данные приведены на рис. 2 и 3.

Установлено, что с повышением концентрации раствора сульфата цинка диффузионная проницаемость мембраны МГА-95 уменьшается.

Анализируя зависимость диффузионной проницаемости от концентрации, приведенную на рис. 2, необходимо иметь в виду, что растворимое вещество может диффундировать в мембране как через поровое пространство, заполненное раствором, так и через аморфные области набухания мембраны. С увеличением концентрации раствора сульфата цинка протекает процесс сужения и далее закупоривания пор мембран, вызванный сорбционными процессами, что приводит к снижению коэффициента диффузионной проницаемости [3].

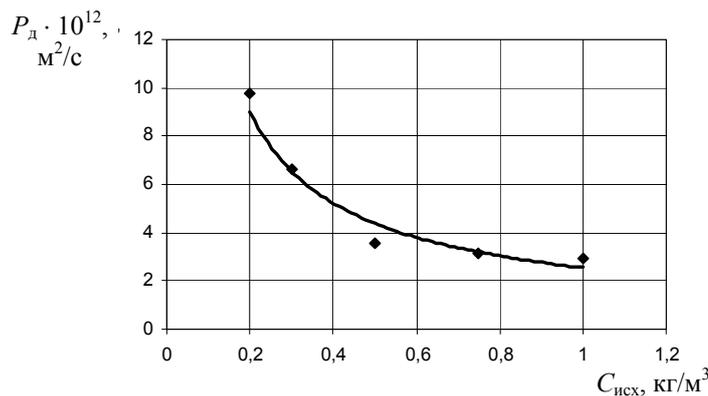


Рис. 2. Зависимость коэффициента диффузионной проницаемости от исходной концентрации соли в растворе

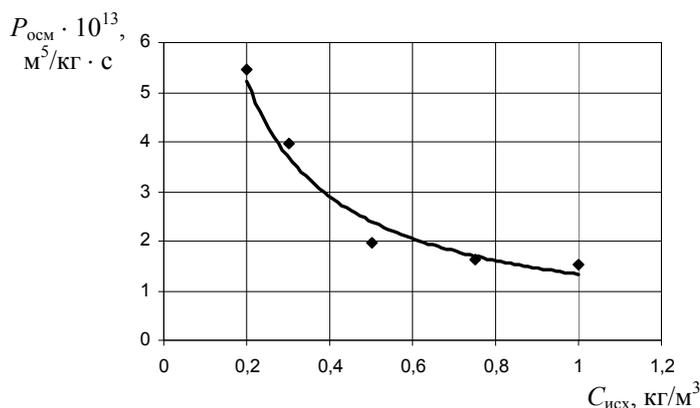


Рис. 3. Зависимость коэффициента осмотической проницаемости от исходной концентрации соли в растворе

В зависимости от концентрации растворенных веществ рис. 3 осмотическая проницаемость уменьшается. Это связано с тем, что при увеличении концентрации происходит процесс сорбции растворенных веществ, при этом обезвоживается активный слой мембраны, изменяется ее пористая структура (из-за набухаемости мембраны и сужения диаметра пор).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазарев, С.И. Исследование диффузионной и осмотической проницаемости полимерных мембран / С.И. Лазарев, В.Б. Коробов, В.И. Коновалов ; Тамб. ин-т хим. машиностроения. – Тамбов, 1989. – 12 с. – Деп. в ОНИИТЭХИМа 21.08.89, № 807-хп 89.
2. Николаев, Н.И. Диффузия в мембранах / Н.И. Николаев. – М. : Химия, 1980. – 232 с.
3. Хванг, С.-Т. Мембранные процессы разделения / С.-Т. Хванг, К. Каммермейер ; под ред. Ю.И. Дытнерского. – М. : Химия, 1981. – 464 с.