

Редин Д. Ю., Ковалев С. В., Мамонтов В. В.

СЕКЦИОНИРОВАНИЕ МЕМБРАННОЙ УСТАНОВКИ ТРУБЧАТОГО ТИПА ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ ВОДНОГО РАСТВОРА СУЛЬФАТА НАТРИЯ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Кормильцина Г. С.

*ТГТУ, Кафедра «Машины
и аппараты химических производств»*

В ранее рассмотренной работе [1] производился расчет селективности и определения рабочей поверхности мембраны при разделении водного раствора сульфата натрия.

С целью выбора оптимального q проведём несколько вариантов секционирования, задаваясь различными q .

q – величина, определяющая допустимое изменение расхода по длине каждой секции.

Примем $q=1,5$. Тогда имеем:

$$n_1 = \frac{L_n(1-1/q)}{L_{ПЭ}} = 0,000115 \frac{(1-1/1,5)}{0,0000049} \approx 8 \quad (1)$$

$$n_2 = \frac{n_1}{q^{i-1}} = \frac{8}{1,5^{2-1}} = 5 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^2 n_i = 8 + 5 = 13$$

Полученное значение на 1 единицу больше имеющегося числа элементов ($n=12$). Поэтому, вычтем из первой секции один элемент, т.е. примем $n_1=7$, $n_2=5$.

Соотношение расходов:

$$\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_n} = \frac{n_1 + q^{m-1}}{n_1 + 1} \quad (3)$$

$$\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_2} = \frac{7 + 1,5^{2-1}}{7 + 1} = 1,06$$

Примем $q=1,4$. Тогда

$$n_1 = 23,469(1 - \frac{1}{1,4}) \approx 7$$

$$n_2 = \frac{7}{1,4} = 5$$

$$\sum_{i=1}^2 n_i = 7 + 5 = 12$$

Соотношение расходов:

$$\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_2} = \frac{7 + 1,4^{2-1}}{7 + 1} = 1,05$$

Примем $q=1,3$. Тогда

q	n_1	n_2	n_3	$\sum_{i=1}^3 n_i$	$\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_3}$
1,3	5	4	3	12	1,115

Примем $q=1,2$. Тогда

q	n_1	n_2	n_3	n_4	$\sum_{i=1}^4 n_i$	$\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_4}$
1,2	4	3	3	2	12	1,145

Примем $q=1,1$. Тогда

q	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8	$\sum_{i=1}^8 n_i$	$\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_8}$
1,1	2	2	2	2	1	1	1	1	12	1,316

Таким образом, получаем:

q	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
m	2	2	3	4	8
L_1/L_m	1,06	1,05	1,115	1,145	1,316

Таблица 1. Данные полученные в результате расчета.

На основе этих данных строим график зависимости отношения L_1/L_m и числа секций m от q .

Из рисунка можно видеть, что с увеличением q отношение расходов и число секций сначала быстро снижаются, а затем в интервале $q=1,15 - 1,20$ на кривых наблюдается перегиб, и снижение становится замедленным.

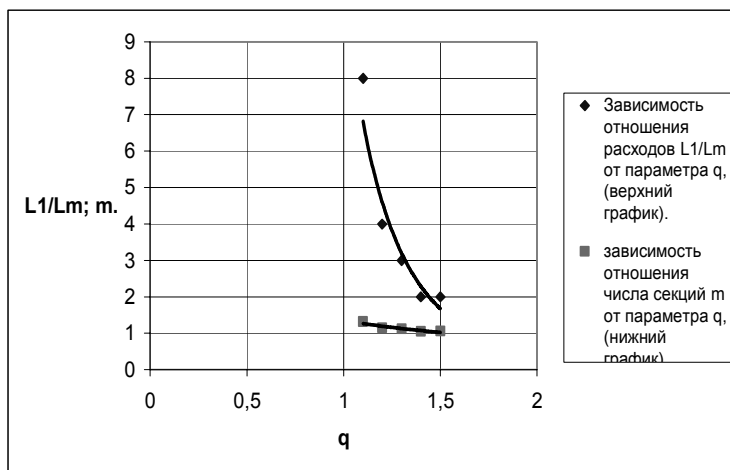


Рис. 1. График зависимости отношения L_1/L_m и числа секций m от q .

Построив на графике диагональ, можно увидеть, что при $q=1,155$ отношение $L_1/L_m=q$, т.е. при этом значении q снижение расхода по длине каждой секции равно снижению среднего расхода от первой до последней секции. Исходя из примерного равенства расходов в каждом канале каждой секции, это значение можно было бы взять в качестве рабочего. Однако следует учитывать, что по мере концентрирования раствора в нём одновременно увеличивается содержание взвешенных частиц, практически всегда имеющихся в технологических растворах, даже подвергнутых предварительному фильтрованию. Это может привести к ускоренному загрязнению мембран в последних секциях, сопровождающемуся снижением удельной производительности, а иногда и селективности.

Уменьшение среднего расхода (а, следовательно, скорости потока) от первой к последней секции способствует этому нежелательному процессу. Кроме того, снижение q сопровождается увеличением числа секций, что усложняет конструкцию аппарата. В связи с этим в качестве рабочего значения q целесообразно выбрать значение больше диагонального, равного 1,155. Примем для дальнейших расчётов $q=1,5$. Для этого значения получено следующее распределение элементов по секциям:

Секция	1	2
Число элементов в секции	7	5

Таблица 2. Распределение элементов по секциям

Определим средние расходы в каналах первой и последней секции по формулам:

$$\bar{L}_1 = \frac{L_j \left(1 + \frac{1}{q}\right)}{2(n_1 + 1)} = \frac{0,000115 \left(1 + \frac{1}{1,5}\right)}{2(7 + 1)} = 0,000012 \quad [\text{м}^3/\text{с}] \quad (4)$$

$$L_2 = \frac{L_K (q + 1)}{2(n_2 + 1)} = \frac{0,000056(1,5 + 1)}{2(5 + 1)} = 0,0000117 \quad [\text{м}^3/\text{с}] \quad (5)$$

Отношение $\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_5} : \frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_5} = \frac{0,000012}{0,0000117} = 1,025$

Найдем отклонение этого значения от полученных в расчетах:

$$\Delta = \left(\frac{1,06 - 1,025}{1,025} \right) \cdot 100\% = 3,41\%$$

Такую сходимость следует признать удовлетворительной, учитывая, что в расчетах число элементов в секциях округлялось до целых единиц, и из числа элементов в первой секции был вычтен один избыточный элемент.

Список литературы

1. Расчет наблюдаемой селективности и рабочей поверхности мембраны на ультрафильтрационной установке трубчатого типа/Ковалев С.В., Красненков П.Г., Мамонтов В.В.//ТГТУ Инновации в мире российской науки XXI века, выпуск 2.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под редакцией Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Химия, 1991.-496 с.