

3,76	3,82	5,00	8,86	8,87	5,05	+0,05
3,50			8,20			
3,63			9,03			
4,12			9,64			
4,08			8,61			

При достаточно высоких концентрациях жиров в воде нецелесообразно использовать аналитические методы высокого разрешения, такие как газовая хроматография, хромато-масс-спектрометрия, вследствие высокой стоимости оборудования и расходных материалов. Использование более простого метода, такого как гравиметрический, не обеспечивает необходимую точность результатов анализа, вследствие невозможности качественного отделения в этих условиях жиров от других, присутствующих в пробе, загрязняющих веществ (в частности, тех же нефтепродуктов). Поскольку полученные в результате проведенных исследований и расчетов значения суммарной погрешности методики определения массовой концентрации жиров в сточных водах не превышает указанного в [3], данная методика может быть пригодна для контроля качества сточных вод.

Литература

1. Василенко Ю.Г. Экологический контроль органических загрязнителей (нефтепродуктов, жиров и НПАВ) в водных объектах [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.sibecoribor.ru/pub_eco_control_vod.html
2. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье – М.: Химия, 1984. – С. 288 – 295.
3. Методика виконання вимірювань (МВВ) «Води зворотні, поверхневі, підземні. Методика виконання вимірювань масової концентрації жирів та масел гравіметричним методом». МВВ №081/12-0646-09.
4. Гармаш А.В. Метрологические основы аналитической химии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://students.chemport.ru/materials/md/chemmetr.pdf>
5. Налимов В.В. Применение математической статистики при анализе вещества. / В.В. Налимов. – М. : Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. – 216 с.
6. МИ 2083-90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей.

УДК 628.543:532.71.002.5

Т.Б. Новожилова (НТУ«ХПИ»), **В.А. Панасенко**, *докт. техн. наук* (ГУ «НИОХИМ»), **Д.И. Нечипоренко**, *канд. техн. наук* (НТУ«ХПИ»)

РАЗРАБОТКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАСЧЕТОВ АППАРАТОВ ОБРАТНОГО ОСМОСА

У статті розглянуто розробку програмного комплексу для розрахунків апаратів зворотного осмосу рулонного типу. Стаття має прикладний характер, тематика пов'язана з рішенням однієї з основних екологічних проблем – забруднення стічних вод та енергозбереженням.

В статье рассмотрено разработку программного комплекса для расчетов аппаратов обратного осмоса рулонного типа. Статья имеет прикладной характер, тематика связана с решением одной из основных экологических проблем – загрязнения сточных вод и энергосбережения.

The article describes the development of a software complex for calculation of the apparatus of reverse osmosis roll type. The article has applied character, the themes connected with the decision of one of the main ecological problems of waste water pollution and energy saving.

Ключевые слова: обратный осмос, селективность, теплота гидратации ионов, осмотическое давление, степень концентрирования.

Проблема очистки сточных вод промышленных предприятий и энергосбережения очень остро стоит практически во всех странах мира, где развито промышленное производство.

Первые промышленные обратноосмотические системы появились только в начале 70-х годов прошлого века, поэтому это сравнительно молодая технология по сравнению с тем же ионным обменом или адсорбцией на активированных углях. Тем не менее, в последние десятилетия в промышленно развитых странах обратный осмос стал одним из самых экономичных, универсальных и надежных методов очистки воды, который позволяет снизить концентрацию находящихся в воде компонентов на (96-99) % и практически на 100 % избавиться от микроорганизмов и вирусов.

Целью исследования является разработка программного комплекса для полной автоматизации технологических и конструктивных расчетов аппаратов обратного осмоса рулонного типа.

Аппараты обратного осмоса используются практически во всех отраслях промышленности. В химической, металлургической и машиностроительной отраслях для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов и возврата ценных металлов в производство. В пищевой промышленности извлекают яичный белок, лактозу, протеин, витаминные и минеральные вещества, первоначально находящиеся в молоке. Установка аппаратов обратного осмоса вместо выпарного аппарата на первых ступенях выпарной станции, где массовая доля солей не превышает 5 %, позволяет снизить расход греющего пара в пределах от 15 % до 20 %.

Методика расчета обратноосмотических установок довольно широко описана в работах [1, 2, 3]. Однако технологические и конструктивные расчеты аппаратов обратного осмоса довольно трудоемки, поэтому была поставлена задача их автоматизировать.

Известная компьютерная программа для расчетов аппаратов обратного осмоса фирмы WATERLAB (Россия) [4], в зависимости от состава исходной воды, позволяет:

1. Подобрать реагенты.
2. Определить технологию их применения:
 - дозы, годовую потребность;
 - технологию промывки, расход, параметры установки моющего блока.
3. Получить прогноз работы установки.

Однако, данная программа не предусматривает проведение технологических и конструктивных расчетов аппаратов обратного осмоса.

Для решения поставленной задачи был разработан программный комплекс «НВН-11», который состоит из трех диалоговых окон, трех окон оценки результатов и базой данных на более чем 15 видов растворов.

Благодаря этому инженер конструктор только заполняет диалоговые окна, используя заложенную базу данных, и оценивает полученные результаты, которые появляются в окнах оценки результатов.

Программный комплекс «НВН-11» работает следующим образом.

В диалоговое окно 1 (рис. 1) с клавиатуры ПК вводятся исходные данные для расчета. Сначала в левом верхнем окне базы данных выбираем раствор соли. Потом вносим данные в правый столбец диалогового окна и нажимаем «Расчет 1».

Исходные данные	Расчет 1
X_{1k} – массовая доля конечная, %	3.1
X_{1h} – массовая доля начальная, %	0.6
G_i – производительность, кг/с	4.8
H_m – меньшая химическая теплота гидратации ионов, кДж на 1 моль	339
H_b – большая химическая теплота гидратации ионов, кДж на 1 моль	352
m – константа валентности	0.51

Рис. 1 – Диалоговое окно 1

В окне оценки результатов (рис. 2) появляются результаты технологических расчетов.

Результаты	
K – степень концентрирования	5
$f(\Delta H)$ – функция теплоты гидратации	776.002
F_i – (истинная селективность) на мембране МГА-100	0.960
F_i – (истинная селективность) на мембране МГА-95	0.930
F_i – (истинная селективность) на мембране МГА-90	0.865
F_i – (истинная селективность) на мембране МГА-80	0.788
X_2 – средняя массовая доля растворенного вещества в фильтрате, %	0.0004787
G_f – расход фильтрата, кг/с	3.902
$G_i X_{1h}$ – расход соли с исходным раствором, кг/с	0.029
Потери соли с фильтратом, кг/с	0.001868
Потери соли, %	6.5
Используемая мембрана	MGA-100
π_{11} – начальное осмотическое давление, МПа	0.475

π_k - конечное осмотическое давление, МПа	2.497
G_0 - проницаемость по воде, кг/(м ² ·с)	0.00111
G_n - начальная проницаемость раствора, кг/(м ² ·с)	0.001005
G_k - конечная проницаемость раствора, кг/(м ² ·с)	0.000556
G_{sr} - средняя проницаемость раствора, кг/(м ² ·с)	0.000780
F - рабочая поверхность, м ²	5003

Рис. 2 – Окно оценки результатов 1

Далее по аналогии заполнения диалогового окна 1 заполняется диалоговое окно 2 и нажимаем «Расчет 2».

Исходные данные	Расчет 2
N_s - число совместно навитых рулонных элементов	6
L_n - длина пакета, м	0.4
N_m - число модулей в корпусе аппарата, шт.	6
L_m - длина модуля, м	1.8

Рис. 3 – Диалоговое окно 2

В окне оценки результатов (рис. 4) появляются результаты конструктивных расчетов.

Результаты	
F_s - рабочая поверхность мембран в одном элементе, м ²	1.44
F_m - рабочая поверхность мембран в одном модуле, м ²	5.76
F_a - рабочая поверхность мембран в аппарате, м ²	34.56
S_c - площадь сечения аппарата, по которому проходит разделяемый раствор, м ²	0.0036
n - общее число аппаратов в мембранной установке, шт.	52
Соотношение между K и q	1.3
G_{FA} - расход фильтрата в каждом аппарате, кг/с	0.027
n_1 - число аппаратов в первой секции, шт.	41.067

n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7		
11	10	8	7	6	5	4	Sum = 51	Need Sum = 52
n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	
11	10	8	7	6	5	4	3	Sum = 54

Рис. 4 – Окно оценки результатов 2

В диалоговом окне 3 (рис. 5) конструктор может изменять количество аппаратов в секциях и тем самым разработать оптимальную конструкцию аппарата, базируясь на результатах которые появляются в окне оценки результатов 3 (рис. 6).

n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	Расчет 3
12	10	8	7	6	5	4	Sum = 52

Рис. 5 – Диалоговое окно 3

Результаты	
W_h - начальная скорость течения раствора, м/с	0.115
Re_h - критерий Рейнольдса	172.613
Pr_h - критерий Прандтля	713.385
Проверка соблюдения условия $Re_h \cdot Pr_h \cdot d_s / l$	307.849
Nu_h - критерий Нуссельта	15.12
β_h - коэффициент массоотдачи	0.0000142
U_h - начальная скорость раствора, м/с	0.000002510
Fi_{2h} - начальная селективность пересчитанная	0.9526
G_k - конечный расход разделяемого раствора, кг/с	1.31
W_k - конечная скорость течения раствора, м/с	0.080
Re_k - критерий Рейнольдса	83.66508983
Pr_k - критерий Прандтля	737.56512035
Проверка соблюдения условия $Re_k \cdot Pr_k \cdot d_s / l$	154.271
Nu_k - критерий Нуссельта	12.01
β_k - коэффициент массоотдачи	0.0000156
U_k - конечная скорость раствора, м/с	0.000001664
Fi_{2k} - конечная селективность пересчитанная	0.9557
Fi_{sr} - средняя селективность	0.9542
$X_{2,п}$ – массовая доля растворенного вещества в фильтрате пересчитанная, %	0.000672
$G_{f,п}$ - расход фильтрата пересчитанный, кг/с	4.259480
$G_i \cdot X_2$ - расход соли с исходным раствором пересчитанный, кг/с	0.002862
Потери соли в процентах (%)	6.5
Уточненный расчет поверхности мембран	
X_{2h} - массовая доля на входе в первую секцию, %	0.036640
X_{3h} - массовая доля на выходе из первой секции, %	0.916000
π_{h2} - осмотическое давление на входе в первую секцию, МПа	0.021362

π_{h3} - осмотическое давление на выходе из первой секции, МПа	0.534062
$G_{h,h}$ - проницаемость разделяемого раствора на входе первой секции, кг/с	0.00249494
X_{2k} - массовая доля на входе в последнюю секцию, %	0.146560
X_{3k} - массовая доля на выходе из последней секции, %	3.664000
π_{k2} - осмотическое давление раствора на входе в последнюю секцию, МПа	0.085450
π_{k3} - осмотическое давление раствора на выходе из последней секции, МПа	2.252016
$G_{k,k}$ - проницаемость разделяемого раствора на выходе последней секции, кг/с	0.001575
C_h - проницаемость раствора на входе, кг/с	0.035633
C_k - проницаемость раствора на выходе, кг/с	0.037644
$C_{procent}$ (%)	5.3
c - средняя проницаемость раствора, кг/с	0.036638
F - пересчитанная поверхность, м ²	1883.897754
$compare$ (%)	6.7

Рис. 6 – Окно оценки результатов 3

Выводы

Внедрение программного комплекса НВН-11 в инженерную практику позволит инженеру-конструктору легко и быстро проводить технологические и конструктивные расчеты, как вновь проектируемых, так и реконструируемых установок обратного осмоса. Он также позволяет добавлять в базу данных растворы, которые необходимы инженеру для расчетов.

Литература

1. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет / Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия, 1986. – 272 с.
2. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. – М.: Химия, 1991. – 496 с
3. Николаев Г.И. Баромембранные процессы и аппараты: учебное пособие / Г.И. Николаев. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2007. – 66 с.
4. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.waterlab.ru/index.php?page=count>