

УДК 628.165

Н.П.НЕЧИТАЙЛО, канд. техн. наук

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»,  
г.Днепропетровск*

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ Na-КАТИОНИРОВАНИЯ МЕМБРАННЫМИ МЕТОДАМИ**

Предлагается метод обработки сточных вод с применением мембранной технологии, позволяющей разделить сток на концентрат (рассол) и пермеат. Рассол после дальнейшей обработки используется повторно в процессах регенерации фильтров.

Пропонується метод обробки стічних вод із застосуванням мембранної технології, що дозволяє розділити стік на концентрат (розсіл) і пермеат. Розсіл після подальшої обробки використовується повторно у процесах регенерації фільтрів.

The paper suggested that the decision of wastewater treatment using membrane technology, which allows us to share the stock concentrate (brine) and permeate. Brine is re-used after further processing in the process of filter regeneration.

*Ключевые слова:* сточные воды, мембрана, умягчение, рассол, регенерация.

На большинстве теплоэнергетических объектов (ТЭЦ, АЭС, теплосиловые цеха металлургических и химических предприятий т.д.) в качестве систем умягчения воды используют Na-катионитовые фильтры. Данный вид обработки воды получил широкое распространение благодаря высокой надежности, простому технологическому контролю и минимальным требованиям к обслуживающему персоналу. Для снижения себестоимости 1 м<sup>3</sup> умягченной воды многие предприятия переходят на противоточное Na-катионирование [1], что в свою очередь позволяет сократить расходы воды и NaCl (поваренной соли), используемой в процессе регенерации фильтров. На некоторых предприятиях применяют метод повторного использования наиболее концентрированной части отработанного рассола для регенерации последующих фильтров. Однако данное решение не позволяет в достаточной мере сократить сброс соленых сточных вод. Соленые сточные воды, образовавшиеся в результате регенерации и отмывки ионообменной загрузки, сбрасываются в водоемы после соответствующего разбавления, однако суммарный сброс солей с установок водоподготовки теплоэнергетических объектов, по данным [1], составляет 1,5-2 млн. т/год. Очевидно, что при дальнейшей эксплуатации ионообменных установок без разра-

ботки оборотных циклов по использованию и регенерации отработанных рассолов приведет к значительному ухудшению качества воды в источниках муниципального водоснабжения, потребует дорогостоящих технологий для обработки вод хозяйственно-бытового назначения.

Для решения данной проблемы можно применить дистилляцию. Вода, полученная в процессе выпаривания, может в дальнейшем использоваться для тепловых систем. Однако данный метод имеет высокие энергетические затраты – на выпаривание 1 м<sup>3</sup> воды потребуется затратить мощность от 99 до 110 кВт (в зависимости от температуры исходной воды).

Анализ литературных источников показал, что наиболее перспективными методами обработки низкоконцентрированных, концентрированных, низко- и высокоминерализованных сточных вод являются мембранные технологии [3, 5]. Данные технологии позволяют с относительно низкими эксплуатационными затратами и высокой эффективностью получать воды практически любого качества, извлекать ценные компоненты и концентрировать рабочие растворы. Однако, подбор необходимых технологий предподготовки воды, а также выбор мембран для обработки воды часто носит экспериментальный характер, не имеет достаточной научной и экспериментальной базы, что в свою очередь тормозит развитие мембранной технологии и ее продвижение в промышленных масштабах.

Для обработки рассолов, образующихся в результате регенерации Na-катионитовых фильтров, предлагается провести концентрирование сточных вод на обратноосмотической установке. Полученный пермеат может быть использован в качестве подпиточной воды в теплоэнергетических циклах, а полученный концентрат после удаления солей кальция и магния возвращен на повторное использование.

Для подбора мембранного оборудования необходимо определить рабочие режимы и необходимые расходы как со стороны концентрата так и со стороны пермеата. Процесс регенерации Na-катионитового фильтра можно условно разделить на три этапа: первый этап – взрыхление; второй этап – подача регенерационного солевого раствора; третий – отмывка. Вода первого этапа сбрасывается в канализацию как условно чистая. Вода второго и третьего этапов собирается в емкости накопителе-усреднителе концентрации. Согласно [2, 3], 20-25% воды, используемой на втором и третьем этапах регенерации Na-катионитовых фильтров, расходуется для растворения соли с последующей гидравлической подачей на фильтр и 75-85% применяемой воды расходуется на отмывку катионита от избытка растворов NaCl и соедине-

ний  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{MgCl}_2$ . Соответственно для получения растворов необходимой концентрации 75-80% воды должно пропускаться через мембрану как пермеат и 20% – как концентрат. На  $1 \text{ м}^3$  катионита используют  $1,0-1,5 \text{ м}^3$  пятипроцентного рассола хлорида натрия и  $5-6 \text{ м}^3$  воды для отмывки катионита от отработанного регенерационного рассола.

Согласно [2, 3] определяем расчетные расходы  $\text{NaCl}$  и воды на одну промывку без учета расхода воды на взрыхление. Определяем расчетным методом концентрацию солей в воде после регенерации и отмывки загрузки от рассола. Для расчета выбраны расходы воды, применяемые при регенерации ионообменной загрузки 5% рассолом. Данная концентрация является минимальной, рекомендуемой для регенерации  $\text{Na}$ -катионитовых фильтров [2]. Согласно [2] выполнен расчет количества воды, требуемого для процесса регенерации смол  $\text{Na}$ -катионитового фильтра. Для расчета потребности в воде и соли приняты следующие данные: в качестве ионообменной загрузки предложено применить сильноокислый катионит КУ-2-8чс или его зарубежный аналог Purelite C-100 с обменной емкостью  $1900 \text{ г-экв/л}$ , в качестве исходной воды используется вода р.Днепр с диапазоном жесткости  $3-4,4 \text{ мг-экв/л}$ . Данные, полученные в результате расчета усредненной концентрации сточных вод, получаемых при регенерации первой ступени  $\text{Na}$ -катионитовых фильтров, приведены в таблице.

Расчетные данные усредненной концентрации сточных вод, образующихся в процессе регенерации  $\text{Na}$ -катионитовых фильтров

Наименование	Ед. измерения	Значение
Среднее солесодержание	мг/л	8543,9
Содержание $\text{Cl}^-$	-«-	5423
Содержание $\text{Ca}^{++}$	-«-	1197
Содержание $\text{Na}^+$	-«-	1657
Содержание $\text{Mg}^{++}$	-«-	248

По приведенным расчетным данным можно определить граничные условия использования мембранного метода опреснения сточных вод и концентрирования рассола. Согласно [4, 5], осмотическое давление 5% водного раствора  $\text{NaCl}$  при  $T=293 \text{ К}$  составляет  $3,2 \text{ МПа}$ . Температура рабочего рассола колеблется от  $293 \text{ К}$  до  $303 \text{ К}$  в зависимости от сезона. По всем вышеперечисленным параметрам для обработки данного вида сточных вод подходят практически все типы мембран. Однако, если рассматривать с экономической и технологической точек зрения, наиболее подходящими для процесса обессоливания и концентрирования рассолов в указанных рабочих пределах являются ролон-

ные ацетатцеллюлозные мембраны [4], которые позволяют работать в диапазонах pH=4-10 и давлении до 44 МПа, обладают высокой селективностью и проницаемостью на единицу площади [5].

К достоинству рулонных мембранных элементов относится то, что они получили широкое распространение в промышленности, аппаратное оформление выпускается в промышленных масштабах и характеризуется высокой надежностью. Корпуса мембранных модулей имеют высокую надежность, типовые решения позволяют надежно разделить потоки пермеата и концентрата. Для решения поставленной задачи могут быть использованы корпуса, изготовленные из стеклопластика, к достоинству которых относится отсутствие коррозии в кислых и щелочных средах.

Для исследований предлагается использовать низконапорные обратноосмотические мембраны производства предприятий Osmonics и Hydranautics. Мембраны данных производителей имеют одинаковые типоразмеры, имеют базовое сходство по химическому составу и по селективности. На основе стандартов разработанных специалистами компаний Osmonics и Hydranautics разрабатываются мембраны другими производителями. Тонкопленочная композиционная обратноосмотическая мембрана по химическому составу представляет собой простейший ароматический диамин: 1,3-бензолдиамин [5]. Структура мембраны состоит из полиэфирной поддерживающей подложки, микропористого полисульфонового внешнего слоя и ультратонкого барьерного слоя на верхней поверхности с размером пор 1-5 Å. Селективность мембранных элементов достигает 96-99,9% по хлориду натрия в стандартных условиях производственных испытаний [4]. Тонкопленочные композиционные обратноосмотические мембраны прекрасно зарекомендовали себя в различных областях применения, включая одностадийное опреснение морской и солоноватой воды, химическую очистку и очистку сточных вод. Мембранные элементы этого класса имеют высокую производительность, селективность и микробиологическую устойчивость.

Для разработки малоотходной технологии переработки рассолов, образующихся при Na-катионировании необходимо провести экспериментальные исследования, поскольку нет оптимальной расчетной методики, которая позволила бы определить и рассчитать необходимые эксплуатационные параметры. Задача эксперимента: определение оптимальных рабочих параметров эксплуатации обратноосмотического аппарата для концентрирования рассола:

- разработка схемы обработки стоков;
- выбор технологии и режимов управления системой;

- определение рабочих режимов мембран при работе с гидравлическими промывками и гидравлическим замачиванием;
- определение оптимальных гидродинамических режимов эксплуатации мембран – давление, расход на единицу площади при различных температурных режимах;
- определение расходов реагентов и затрат энергии;
- разработка оптимального алгоритма проведения процесса обработки сточных вод.

На основе полученных экспериментальных данных предстоит разработать математическую модель и рекомендации по проектированию систем обработки рассолов, что позволит оценивать основные технологические параметры.

1. Юрчевский Е.Б., Первов А.Г., Андрианов А.П., Пичугина М.А. Мембранные установки в системах водоподготовки электрических станций // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – №10. – С.43-50.

2. СНиП 2.04.02-84. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.

3. Фізико-хімічні основи очищення стічних вод / За ред. А.К. Запольського. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.

4. Орлов Н.С. Промышленное применение мембранных процессов. – М: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007. – 226 с.

5. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. – М: Химия, 1986. – 272 с.

*Получено 26.10.2010*

УДК 628.14

А.И.ГУЗЫНИН, канд. техн. наук, А.А.ГУЗЫНИН

*Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ**

Сравниваются модели водопотребления, которые приняты для расчетов наружных и внутренних водопроводных сетей. Предложено определение соответствующих коэффициентов для согласования этих моделей водопотребления.

Порівнюються моделі водоспоживання, які прийнято для розрахунків зовнішніх мереж водопостачання і внутрішніх водопровідних мереж. Запропоновано визначення відповідних коефіцієнтів для узгодження цих моделей водоспоживання.

The article is devoted to comparison of two models water consumptions which are accepted for the calculations of outward networks of water-supply and plumbings intranets. Determination of the proper coefficients is offered for the concordance of these models of water consumption.

*Ключевые слова:* водопотребление, детерминированная модель водопотребления, вероятностная модель водопотребления.