

УДК 66.081.63

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННОЙ АППАРАТУРЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Н.Н. Игнатов, аспирант, I курс

О.А. Ковалева, к.т.н., докторант, I курс

Научный руководитель: С.И. Лазарев, д.т.н., профессор

Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов

Проблема очистки загрязненных промышленных сточных вод является одной из самых актуальных в настоящее время. Для уменьшения сброса сточных вод разработана перспективная конструкция электробаромембранного аппарата плоскокамерного типа. Данный аппарат предназначен для очистки, разделения и концентрирования растворов электрогиперфильтрационным и электронанофильтрационным методами. Его применение возможно в химической, микробиологической, пищевой, текстильной и других отраслях промышленности.

В аппарате реализовано одновременное равномерное охлаждение всех разделительных камер аппарата за счет параллельной подачи охлаждающей воды через трубки, увеличение скорости миграции катионов и анионов за счет расположения между скрутками трубок гранул амфотерной ионообменной смолы в форме, напоминающей однополостный гиперboloид, но при этом верхняя и нижняя поверхности гранул выпуклые, увеличение турбулизации потока раствора в камере разделения для снижения эффекта концентрационной поляризации, уменьшение габаритных размеров и материалоемкости из-за отсутствия необходимости в камерах охлаждения пермеатов, за счет того, что аппарат между камерами корпуса в верхней и нижней частях пространства, образованного соседними камерами корпуса либо фланцем корпуса и камерой корпуса, имеет профильные трубы, образующие каналы подачи и вывода охлаждающей воды, втулки для разделения потоков рабочего раствора и охлаждающей

жидкости, впаянные по центру в трубы, образующие каналы подачи и вывода охлаждающей воды, по шесть охлаждающих трубок в каждом межмембранном пространстве, соединяющих между собой указанные выше каналы, равномерно распределенных по их ширине, покрытых ионообменными мембранами и скрученных вокруг своей оси в спираль диаметром 12 мм, а также гранулы амфотерной ионообменной смолы в форме, напоминающей однополостный гиперболоид, но при этом верхняя и нижняя поверхности гранул выпуклые, которые расположены на витках двух соседних охлаждающих трубок, повернутых друг к другу, через шаг в 40 мм.

На рисунке.1 изображен электромембранный аппарат плоскокамерного типа с охлаждающими трубками в продольном разрезе.

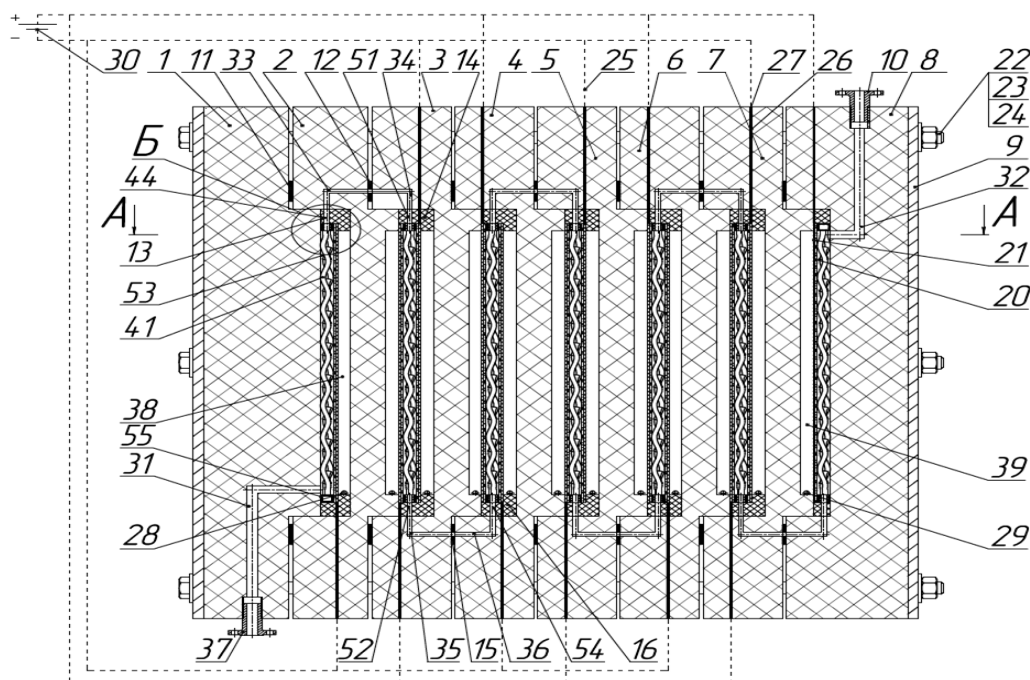


Рисунок 1 - Электробаромембранный аппарат плоскокамерного типа.

Составные элементы данного аппарата: восемь последовательно расположенных фланцев корпуса 1 и 8; камеры корпуса 2 – 7; металлические пластины 9; штуцер вывода разделяемого раствора 10; паронитовые прокладки 11-16; гранулы амфотерной ионообменной смолы в форме, напоминающей однополостный гиперболоид, но при этом верхняя и нижняя поверхности гранул выпуклые; прикатодная и прианодная мембраны 20; пористые монополярные электроды 21; болты 22; шайбы 23; гайки 24; электрические провода 25; герметизирующая

композиция 26 (не обозначено); проточки 27 (не обозначено); каналы отвода пермеата 28 и 29; устройство для подвода постоянного тока 30; камеры разделения раствора, каналы ввода 31; перетока 33 – 36 и вывода 32 разделяемого раствора; штуцер ввода разделяемого раствора 37; камеры 38 и 39; втулки для разделения потоков рабочего раствора и охлаждающей жидкости 40 (не обозначено); охлаждающие трубки 42 с наружным диаметром 4 мм и толщиной стенок 1 мм, покрытые ионообменными мембранами 41 толщиной до 1 мм; канал 43; отверстие 44; штуцеры подачи охлаждающей воды 45 и 47 (не обозначено); штуцеры отвода охлаждающей воды 46 и 48 (не обозначено); штуцеры прикатодного 49 и прианодного 50 перметата (не обозначено); отверстие 52; межмембранное пространство 53; отверстие 54; профильная труба 55 (не обозначено); каналы подачи и вывода охлаждающей воды 56 (не обозначено).

Фланцы корпуса, камеры корпуса, штуцер вывода разделяемого раствора, штуцер ввода разделяемого раствора, штуцеры подачи охлаждающей воды, штуцеры отвода охлаждающей воды, штуцеры прикатодного и прианодного перметата могут быть изготовлены из капролона, фторопласта, текстолита ПТК, стеклотекстолита СТЭФ.

Изготовление охлаждающих трубок может производиться из керамикополимерной теплопроводящей диэлектрической силиконовой массы марки НО-МАКОН™ КПТД-1, а гранул – из амфотерной ионообменной смолы Lewatit Ionac NM 91. В качестве охлаждающей воды может использоваться водопроводная вода с температурой от 5 до 15°C. Материал всех паронитовых прокладок – паронит, у втулок для разделения потоков рабочего раствора и охлаждающей жидкости – фторопласт, а у профильной трубы для канала подачи и вывода охлаждающей воды с габаритами профиля 15 и 10 мм – поливинилхлорид, полипропилен.

Герметизирующая композиция может быть выполнена из эпоксидных смол. Металлические пластины могут быть изготовлены из стали 3, стали 15, стали 30, стали 45.

Прикатодная и прианодная мембраны могут быть изготовлены в виде ленты из мембран типа МГА-95, МГА-70П, МГА-80П, МГА-90П, МГА-95П-Н, МГА-95П-Т, МГА-100П, ОПМ-К, ESPA, ESNA, УАМ-150П, УАМ-300П, УАМ-500П, УАМ-1000П, УПМ-200, УПМ-П, УПМ-ПП, УФМ-100, УФМ-П, УФМ-ПТ, ОПМН-К, ОПМН, (ОФМН)-П, МФФК-О, МФФК-З.

Электробаромембранный аппарат плоскокамерного типа с охлаждаемыми трубками работает следующим образом: исходный раствор поступает через штуцер ввода разделяемого раствора в канал ввода разделяемого раствора и заполняет межмембранное пространство, образованное первым фланцем корпуса аппарата и прикатодной мембраной. Затем попадает через втулку и отверстие в паронитовой прокладке, в канал перетока разделяемого раствора камеры корпуса 2. Далее через паронитовую прокладку, канал перетока разделяемого раствора камеры корпуса 3, отверстие в паронитовой прокладке и втулку раствор попадает в пространство, образованное прикатодной и прианодной мембранами. Мембраны вместе с пористыми монополярными электродами 19 и 21 расположены между камерами корпуса 2 и 3. Затем раствор через втулку 40, отверстие 52 в нижней части паронитовой прокладки, канал перетока разделяемого раствора 35 фланца корпуса 2 и паронитовую прокладку 15 поступает в канал перетока разделяемого раствора 36 камеры корпуса 4. Через него, а также отверстие 54 в паронитовой прокладке 16 и втулку 40 раствор поступает в следующее межмембранное пространство.

Аналогичным образом происходит заполнение всех межмембранных пространств. После заполнения межмембранного пространства, образованного прианодной мембраной и восьмым фланцем корпуса 8, раствор выводится через канал вывода разделяемого раствора и штуцер вывода разделяемого раствора. Соединены фланцы корпуса между собой с помощью металлических пластин 9, расположенных по бокам аппарата на фланцах корпуса 1 и 8, а также 6 болтов 22, шайб 23 и гаек 24. Между фланцами и камерами корпуса в местах, где не проходит рабочий раствор, укладывается паронитовая прокладка 11. В каждом межмембранном пространстве 53 расположено шесть охлаждающих трубок 42, покрытых ионообменными мембранами. Трубки свернуты в спираль и попарно распределены по ширине межмембранного пространства. По одной трубке из каждой пары крепится к прикатодной 18 и прианодной 20 мембранам (условно не обозначено). К каждой паре трубок прикреплены гранулы амфотерной ионообменной смолы, в форме, напоминающей однополостный гиперболоид, но при этом верхняя и нижняя поверхности гранул выпуклые. В этот же момент времени к аппарату от устройства для подвода электрического тока 30 подводится импульсами внешнее электрическое поле с определенной плотностью тока. В каждом фланце корпуса имеются проточки 27 диаметром 2 мм, заполненные герметизирующей композицией 26, обеспечивающие подключение электрического провода 25 к пористому монополярному электроду 19 или 21, под действием электрического тока анионы, проникающие через прианодную мем-

брану 20 и пористый монополярный электрод 21, отводятся с прианодным пермеатом. Отвод осуществляется через камеру 39 по каналу 29 отвода пермеата в виде кислот через штуцер прианодного пермеата 50. Катионы, проникающие через прикатодную мембрану 18 и пористый монополярный электрод 19 отводятся с прикатодным пермеатом. Их отвод осуществляется через камеру 38 по каналу 28 отвода пермеата в виде оснований, через штуцер прикатодного пермеата 49. Избыток тепла, образующегося при нагревании пористых монополярных электродов 19 и 21 отводится с помощью охлаждающих трубок. Охлаждающая вода попадает в охлаждающие трубки через верхний прямоугольный канал 56, образованный профильной трубой, из штуцеров подачи охлаждающей воды, и канал 43, расположенных с двух сторон, а удаляется через нижний прямоугольный канал 56, образованный профильной трубой 55, канал 43 и штуцеры отвода охлаждающей воды.

Необходимость именно в таком расположении охлаждающих трубок обусловлена следующим: скручивание охлаждающих трубок вокруг своей оси и образование спирали с диаметром 12 мм, попарное и равномерно расположение по длине прямоугольного канала, необходимо для одновременного равномерного охлаждения всех разделительных камер аппарата, уменьшения габаритных размеров и материалоемкости за счет отсутствия камер охлаждения пермеатов, турбулизации потока раствора в камере разделения, которая ведет к снижению эффекта концентрационной поляризации. Витки двух соседних охлаждающих трубок через шаг в 40 мм повернуты друг к другу для крепления на них гранул амфотерной ионообменной смолы.

Охлаждающая вода подается с двух сторон из штуцеров подачи охлаждающей воды, а удаляется через штуцеры отвода охлаждающей воды с той же стороны, с которой поступала, в связи с тем, что втулка разделения рабочего раствора и охлаждающей воды полностью перекрывает по центру прямоугольный канал. Тем самым система охлаждения состоит из двух независимых процессов, каждый из которых включает в себя по 3 охлаждающие трубки. Данный фактор можно использовать для регулирования процесса охлаждения по всей ширине аппарата.

На разработанной конструкции электробаромембранного аппарата плоскокамерного типа без наложения электрического поля можно проводить баромембранные процессы, например ультрафильтрацию, обратный осмос, микрофильтрацию.

Список литературы:

1. Патент РФ 2625668 МПК В01D 61/42. Электробаромембранный аппарат плоскокамерного типа. Лазарев С.И., Ковалева О.А., Шестаков К.В., Ковалев С.В., Насонов А.А., Левин А.А. Патентообладатель ТГТУ. Заявка № 2016144891 от 15.11.2016. Бюл. № 20. от 18.07.2017 г. – 13 с. 7 ил.