

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОЧИСТКЕ ВОДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНСТРУКЦИЙ МЕМБРАННЫХ АППАРАТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

**О. А. Ковалева, А. С. Горбачев,
С. И. Лазарев, Р. В. Попов**

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»; ОАО «Инжиниринговая компания научно-исследовательский институт коммунального водоснабжения и очистки воды», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор М. А. Кузнецов

Ключевые слова: аппарат; мембрана; модернизация; раствор; технологическая схема.

Аннотация: Рассмотрена модернизация имеющихся технологических решений по очистке воды ВОС-300 с применением разработанных мембранных аппаратов нового поколения, позволяющих интенсифицировать разделение и очистку воды на финишном этапе ее обработки.

В настоящее время перед государством стоит острая задача переориентации отечественных производств с зарубежных промышленных систем очистки воды на отечественные, актуальным при этом является импортозамещение иностранных комплектующих, используемых на станциях очистки сточных вод. Мембраны, применяемые в имеющихся на практике технологических решениях с конца 1990-х годов, как правило, – иностранного производства (США, Южная Корея и т.д.) с соответствующим оформлением конструкций самих аппаратов, например, рулонного и плоскокамерного типов. Иностранные мембранные аппараты имеют хорошие задерживающие и проницаемые характеристики, но в ближайшем будущем могут быть недоступны отечественной промышленности из-за экономических санкций.

Данная проблема может решаться использованием в технологических решениях по очистке воды ВОС-300 проекта ОАО «ИК «НИИКВОВ», изготовителя «Завод коммунального оборудования», г. Тамбов [1], вместо

Ковалева Ольга Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика»; Горбачев Александр Сергеевич – кандидат технических наук, руководитель проектного отдела, ОАО «ИК «НИИКВОВ»; Лазарев Сергей Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная геометрия и компьютерная графика», e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru; Попов Роман Викторович – аспирант кафедры «Прикладная геометрия и компьютерная графика», ТамбГТУ, г. Тамбов.

имеющихся в схеме обратноосмотических аппаратов иностранного производства Южной Кореи, конструкций перспективных мембранных устройств отечественной разработки [2 – 4]. Таким образом, можно говорить не об импортозамещении, а импортовытеснении иностранных аппаратов устройствами отечественного производства, причем отличающихся своими несомненными преимуществами (повышенное качество и эффективность разделения растворов)

Применение разработанных мембранных аппаратов, представленных в работах [2 – 4] для технологической схемы по очистке вод ВОС-300 (рис. 1), позволит: увеличить турбулизацию раствора в камерах мембранного разделения и соответственно снизить эффект концентрационной поляризации у поверхности мембран, что, в свою очередь, скажется на общем выходе потока пермеата.

Приведем описание работы установки (см. рис. 1). Вода, из артезианских скважина при помощи насосов Н-1 и Н-2, расположенных под павильонами 1.1 и 1.2 по системе трубопроводов подается на ВОС-300 в резервуар исходной воды, разделенный на две равные части 2.1 и 2.2 объемом по 20 м³ каждая, исходя из конструктивных соображений, которые работают по принципу сообщающихся сосудов. Из резервуаров исходной воды 2.1, 2.2 при помощи насосов Н-3, Н-4 (первый – рабочий, второй – резервный) вода поступает по трубопроводу исходной воды на оснащение системы водоподготовки, создавая при этом давление, необходимое для требуемого уровня функционирования системы.

Необходимым условием для нормальной работоспособности оборудования водоподготовки установки определено наличие после насосной станции клапана понижения давления (предохраняющего оборудование водоподготовки от скачков давления). При необходимости экстренного заполнения пожарных резервуаров поселка, предусмотрена возможность подачи артезианской воды по специальному трубопроводу (экстренного заполнения) с прохождением воды только через фильтры грубой очистки (сетчатый фильтр 3.3) сразу в водопроводную сеть, переключение потоков осуществляется при помощи кранов шаровых с электроприводом. Вода, перекачиваемая насосами из артезианских скважин, поступает на очистку, предварительно пройдя через сетчатые фильтры 3.1, 3.2, предназначенные для предварительной очистки воды от растворенных взвешенных веществ.

Пройдя фильтры грубой очистки, вода подается в аэрационные колонны 5.1 и 5.2. Для увеличения интенсивности обезжелезивания и деманганации в воду подается сжатый воздух при помощи компрессора. Импульсный расходомер контролирует включение и выключение компрессора (при отсутствии расхода воды производится автоматическое отключение компрессора). В аэрационных колоннах 5.1, 5.2 совершается перемешивание обрабатываемой воды с кислородом и происходит окисление железа, находящегося в ионной форме. Образующиеся в процессе барботажного воздуха возможные газы и избыточный воздух удаляются через автоматический деаэрационный клапан.

Железо и марганец полностью окисляются и переходят в форму нерастворимых соединений на фильтрах 6.1 – 6.3, на поверхности фильтрующей загрузки 7.1 – 7.3 «ФМ-20 МЖФ». В качестве поддерживающего

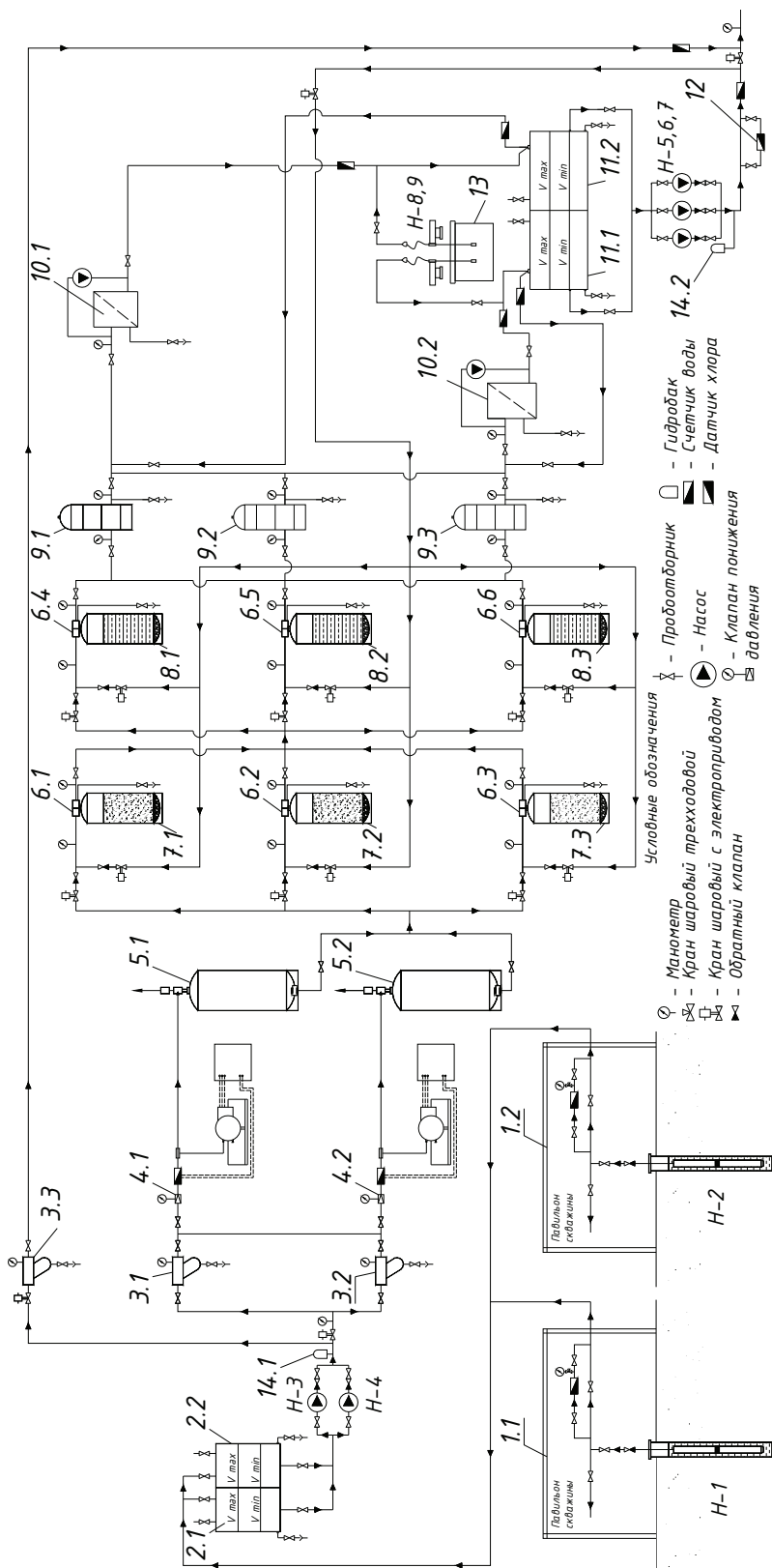


Рис. 1. Технологическая схема по очистке вод ВОС-300 на примере объекта «Вахтовый поселок для временного размещения персонала М.Л.СП «Приразломная» на Варандее»

слоя применяется гравий 3 – 5 мм. Данные фильтры 6.1 – 6.3 оснащены элементами отбора проб воды и контроля давления на выходе и входе.

Вода, пройдя фильтры первой ступени, по трубопроводу поступает на фильтры 6.4 – 6.6 второй ступени для дальнейшей очистки, которые загружены гранулированным активированным кокосовым углем 8.1 – 8.3, где из воды удаляются органические загрязнения, хлор и его соединения, а также исчезают неприятные запахи и привкусы. Затем вода проходит через мешочные фильтры 9.1 – 9.3 тонкой фильтрации, где задерживаются механические примеси свыше 5 мкм (защита от периодически выносимых мельчайших частиц активированного угля с предыдущей ступени очистки).

Перед ступенью обратноосмотического разделения воды отметим, что исходная вода характеризуется высоким содержанием растворенных в ней солей, в том числе хлоридов и сульфатов (до 5 г/л) [1]. Далее вода после фильтра тонкой очистки подается в обратноосмотические аппараты 10.1 и 10.2, представленные в патентах РФ № 2411986, 2528263, 2447930 которые применяются также с наложением электрического поля, при необходимости выделения катионов и анионов [2 – 4].

Аппарат, представленный в патенте РФ № 2411986 (рис. 2) применяется в случае большого расхода исходной воды, необходимой для разделения, так как имеет увеличенную площадь фильтрации [2].

Конструкции устройств для мембранной обработки воды плоскокамерного типа (патенты РФ № 2403957, 2447930) (рис. 3, 4) используются в том случае, когда необходимо получить более идеальные коэффициенты задержания растворенного вещества по сравнению с рулонным аппаратом, тем более что в них легче проводить процедуру очистки мембран от солей жесткости [3, 4].

Применение данных аппаратов позволяет использовать наложение электрического поля на мембранную систему и проводить периодическую переполюсовку электродов (реверс электродов), избавляя мембраны от наслоения солей жесткости выпавших на них.

Расход воды, подаваемой на мембранные аппараты, должен быть на 30 % больше от номинальной производительности станции, так как в процессе обратного осмоса подаваемая на разделение исходная вода

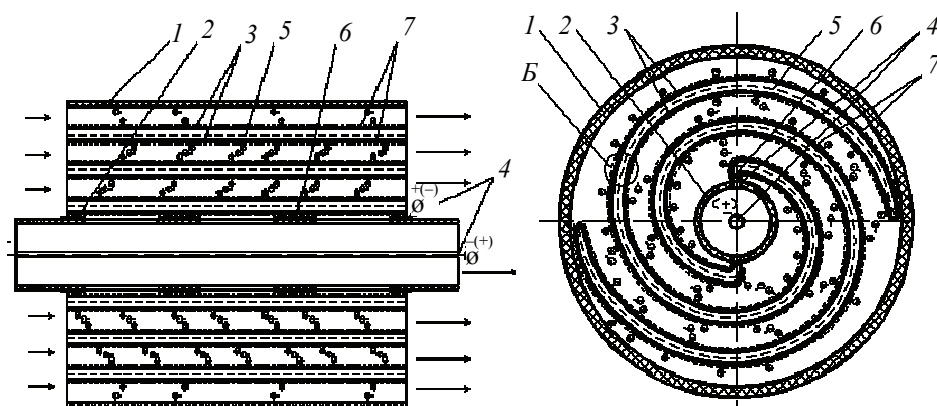


Рис. 2. Электробаромембранный аппарат рулонного типа:

- 1 – корпус; 2 – раствороотводящая трубка; 3 – прикатодная или прианодная мембрана;
4 – устройство для подвода электрического тока; 5 – дренажная сетка; 6 – щелевидная пластина; 7 – сетка турбулизатора

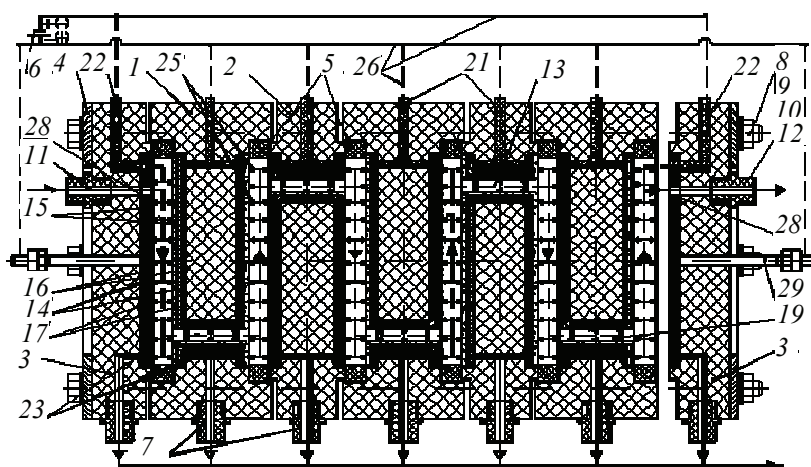


Рис. 3. Электробаромембранный аппарат плоскокамерного типа пат. РФ 2528263 [3]:
 1, 2 – камера корпуса с «впадиной» и «выступом»; 3 – фланец корпуса; 4 – пластина; 5 – прокладка; 6 – устройство для подвода электрического тока; 7 – штуцер для отвода прикатодного (прианодного) пермеата; 8, 9, 10 – болт, гайка, шайба; 11, 12 – штуцера ввода и вывода разделяемого раствора; 13 – сетка-турбулизатор; 14 – монополярно-пористый электрод-пластина; 15 – мембрана; 16 – пористая подложка; 17 – дренажная сетка; 19 – переточное эллиптическое окно; 21, 22 – полимерный компаунд; 23 – канал; 25 – диэлектрический элемент; 26 – электрический провод; 28 – полимерная композиция; 29 – шпилька

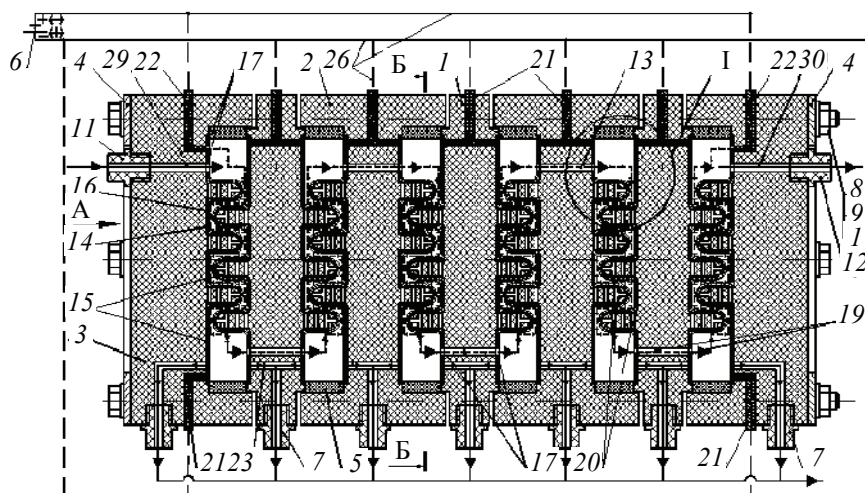


Рис. 4. Электробаромембранный аппарат плоскокамерного типа пат. РФ 2447930 [4]:
 1, 2 – диэлектрические камеры корпуса аппарата; 3 – фланец; 4 – металлическая пластина; 5 – прокладка; 6 – устройство для подвода постоянного тока; 7 – штуцер для отвода пермеата; 8, 9, 10 – болт, шайба, гайка; 11, 12 – штуцера; 13 – сетка-турбулизатор; 14 – дренажная сетка; 15 – мембрана; 16 – монополярный пористый электрод-пластина; 17, 28 – герметизирующие заливки; 18 – отверстия для болтов; 19 – переточные эллиптические окна; 20 – отверстия; 21, 22 – полимерные компаунд; 23 – каналы для отвода пермеата; 26 – электрический провод; 29, 30 – каналы

разделяется на фильтрат (пермеат) – практически чистую воду и концентрат (ретентат, ретант). Ретентат (сконцентрированный раствор) сбрасывается в систему канализации с последующей утилизацией в специальной скважине.

Фильтры первой 6.1 – 6.3 и второй ступеней 6.4 – 6.6 промываются обратным потоком воды из емкости чистой воды по трубопроводу промывной воды при помощи насосов (Н-5, Н-6, Н-7).

Согласно паспортным данным для мембран МГА-95 и МГА-100 отечественного производства, применяемым в используемых аппаратах, степень очистки воды от растворенных солей для установки обратного осмоса составляет 95 – 100 %. Для уменьшения нагрузки на технологическое оборудование, увеличения производительности и корректировки минерализации (принято, что потребление практически полностью обессоленной воды вредно для здоровья) следует разбавлять очищенную воду исходной (прошедшей фильтры первой и второй ступеней) [1].

На представленной схеме (рис. 1) имеется трубопровод для разбавления очищенной воды – ретентата, при этом сам процесс разбавления происходит в резервуарах очищенной воды. Потоки выбираются из соотношения для разбавления водой, и определяются опытным путем при проведении пуско-наладочных работ и в результате проведения лабораторных анализов очищенной воды. При разбавлении очищенной воды на отводящих трубопроводах установлены два водосчетчика для контроля расхода [1].

После очистки вода по трубопроводу очищенной воды поступает в резервуар чистой воды, конструктивно разделенный на две равные части 11.1 и 11.2 объемом по 20 м³ каждая, которые функционируют по принципу сообщающихся сосудов.

Перед поступлением воды в резервуары очищенной воды 11.1 и 11.2 вода проходит обеззараживание, для чего в трубопровод очищенной воды по трубопроводу химических реагентов насосами-дозаторами Н-8, Н-9 (работают по сигналу датчика потока) из реагентного бака 13 подается определенное количество гипохлорита натрия.

Из резервуаров очищенной воды 11.1 и 11.2 вода насосами Н-5, Н-6, Н-7 (два рабочих, один резервный) подается на потребление. Концентрация растворенного хлора в трубопроводе очищенной воды проводится датчиком хлора 12, установленным перед подачей воды потребителю.

Качественные показатели очищенной воды на выходе из станции водоподготовки соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1175–02 при выполнении требований к воде, подаваемой на аппаратное оформление технологической схемы. Для нормального функционирования технологического оборудования схемы установки используются средства автоматизации, отопления и вентиляции [1].

Список литературы

1. Проектная документация. Водопроводные сооружения для объекта: «Вахтовый поселок перевалочной базы для временного размещения персонала МЛСП «Приразломная» на Варандее» (генеральный директор – А. В. Гнипов; главный инженер проекта – А. С. Горбачев), раздел 12, подраздел 1. – Т. 12.1. – 56 с.

2. Пат. 2411986 Российская Федерация МПК В 01 D 61/46. Электробаромембранный аппарат рулонного типа / С. И. Лазарев, С. В. Ковалев, О. А. Абоно-

симов, З. А. Ансимова, К. С. Лазарев, ФГБОУ ВПО ТГТУ. – № 2008140591/12; заявл. 13.10.2008; опубл. 20.02.2011, Бюл. № 5. – 6 с.

3. Пат. 2528263 Российская Федерация, МПК В 01 D 61/42, В 01 D 61/46. Электробаромембранный аппарат плоскокамерного типа / С. В. Ковалев, С. И. Лазарев, В. Г. Казаков; ФГБОУ ВПО ТГТУ. – № 2013116678/05; заявл. 11.04.2013; опубл. 10.09.2014, Бюл. № 25 – 6 с.

4. Пат. 2447930 Российская Федерация МПК В 01 D 61/42, В 01 D 61/14. Электробаромембранный аппарат плоскокамерного типа / С. В. Ковалев, С. И. Лазарев, Г. С. Кормильцин, К. С. Лазарев, Т. Д. Ковалева, Ю. А. Ворожейкин, А. В. Эрлих, ФГБОУ ВПО ТГТУ. – № 2010144096/05; заявл. 27.10.2010; опубл. 20.04.2012, Бюл. № 11. – 9 с.

References

1. Gnipov A.V., Gorbachev A.S. *Vodoprovodnye sooruzheniya dlya ob"ekta: «Vakhtovyi poselok perevalochnoi bazy dlya vremennogo razmeshcheniya personala MLSP «Prirazlomnaya» na Varandee»* [Waterworks for: “Shift camp transshipment base for the temporary accommodation of staff MISP” Prirazlomnaja “Varandey”], Proektnaya dokumentatsiya, razdel 12, podrazdel 1, vol. 12.1, 56 p. (In Russ.)

2. Lazarev S.I., Kovalev S.V., Abonosimov O.A., Ansimova Z.A., Lazarev K.S., VPO TSTU; *Elektrobaromembranniy apparat rulonnogo tipa* [Electro baromembrane roll type apparatus], Russian Federation, 2011, Pat. 2411986. (In Russ.)

3. Kovalev S.V., Lazarev S.I., Kazakov V.G., VPO TSTU; *Elektrobaromembranniy apparat ploskokamernogo tipa* [Electro baromembrane unit flat chamber type], Russian Federation, 2014, Pat. 2528263. (In Russ.)

4. Kovalev S.V., Lazarev S.I., Kormil'tsin G.S., Lazarev K.S., Kovaleva T.D., Vorozheikin Yu.A., Erlikh A.V., VPO TSTU; *Elektrobaromembranniy apparat ploskokamernogo tipa* [Electro baromembrane unit flat chamber type], Russian Federation, 2012, Pat. 2447930. (In Russ.)

New Generation Membrane Apparatus for Modernization of Existing Technological Solutions for Water Purification

**O. A. Kovaleva, A. S. Gorbachev,
S. I. Lazarev, R. V. Popov**

Tambov State Technical University, Tambov

Keywords: apparatus; flow sheet; membrane; modernization; solution.

Abstract: The authors consider modernization of VOS-300 technological solutions for water purification, using new generation membrane apparatus allowing for intensification of separation and purification of water in the final stage of its processing.

© О. А. Ковалева, А. С. Горбачев, С. И. Лазарев, Р. В. Попов, 2016