

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042687**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.03.14

(21) Номер заявки
202092925

(22) Дата подачи заявки
2019.06.06

(51) Int. Cl. **C02F 1/00** (2006.01)
B01D 61/12 (2006.01)
B01D 61/22 (2006.01)
C02F 1/44 (2006.01)
C02F 103/08 (2006.01)
B01D 61/02 (2006.01)
B01D 61/14 (2006.01)
B01D 61/58 (2006.01)
B01D 65/02 (2006.01)
B01D 65/10 (2006.01)

(54) ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОО- И НФ-МЕМБРАН

(31) 1809494.6

(32) 2018.06.08

(33) GB

(43) 2021.06.30

(86) PCT/GB2019/051579

(87) WO 2019/234439 2019.12.12

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**БП ЕКСПЛОРЕЙШН ОПЕРЕЙТИНГ
КОМПАНИ ЛИМИТЕД (GB)**

(72) Изобретатель:
Каннингем Джордж Лесли (GB)

(74) Представитель:
**Веселицкий М.Б., Кузенкова Н.В.,
Каксис Р.А., Белоусов Ю.В., Куликов
А.В., Кузнецова Е.В., Соколов Р.А.,
Кузнецова Т.В. (RU)**

(56) WO-A1-2018053304
US-A1-2015053596
US-A1-2011240557
WO-A1-2010109265

(57) В изобретении описана прогнозирующая система для мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию, причем система содержит один или более УФ-блоков, содержащих УФ-модули, каждый из которых содержит множество УФ-мембран; один или более ОО/НФ-блоков, содержащих один или более ОО/НФ-узлов, каждый из которых содержит ОО-модули, каждый из которых содержит множество ОО-мембран, НФ-модули, каждый из которых содержит множество НФ-мембран, или их комбинацию; УФ-датчики и/или ОО/НФ-датчики; и контроллер, содержащий процессор, обменивающийся сигналами с УФ-датчиками и/или с ОО/НФ-датчиками.

B1**042687****042687****B1**

Область техники

Настоящее изобретение относится к способу, системе и инструменту прогнозирования для мониторинга ультрафильтрационных (УФ), обратноосмотических (ОО) и нанофильтрационных (НФ) мембран установки для деминерализации или умягчения воды. Более конкретно, изобретение относится к способу, системе или инструменту, которые обеспечивают возможность прогнозирования, для одного или более УФ- или ОО/НФ-блоков (передвижных модулей), сроков чистки одного или более УФ- или ОО/НФ-блоков, или батарей, или узлов таких блоков. Еще более конкретно, изобретение относится к способу, системе и инструменту для прогнозирования, для одного или более УФ- или ОО/НФ-блоков, сроков чистки и для планирования соответствующей стандартной процедуры чистки и/или срока такой чистки.

Уровень техники

Повышенная нефтеотдача (ПНО) пласта может быть достигнута за счет нагнетания в нефтеносный пласт непрерывного потока или пробки (оторочки) деминерализованной слабоминерализованной или умягченной воды. Существует оптимальный состав (то есть оптимальная минерализация) для нагнетаемой воды, при которой достигаются выгоды повышенной нефтеотдачи при пониженном риске ухудшения коллекторских свойств пласта, и этот оптимальный состав может варьироваться в пределах одного пласта из-за изменений состава пород по всему пласту (как в вертикальном, так и в поперечном направлениях). Например, при содержании в нефтесодержащем пласте пород, включающих большие количества разбухающих глин, ухудшения коллекторских свойств пласта при продолжающемся извлечении из него нефти можно избежать, если закачиваемая вода имеет общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) в диапазоне от 200 до 10000 ppm и конкретное отношение (напр., менее 1 или менее 0,9) концентрации многовалентных ионов в слабоминерализованной или в умягченной нагнетаемой воде к концентрации многовалентных ионов в реликтовой воде пласта.

Сущность изобретения

В настоящем изобретении предлагается прогнозирующая система для мониторинга (отслеживания) загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию, причем система содержит: один или более УФ-блоков, содержащих УФ-модули, каждый из которых содержит множество УФ-мембран; один или более ОО/НФ-блоков, содержащих один или более ОО/НФ-узлов, каждый из которых содержит ОО-модули, каждый из которых содержит множество ОО-мембран, НФ-модули, каждый из которых содержит множество НФ-мембран; или их комбинацию; УФ-датчики, сконфигурированные для измерения одного или более из температуры на входе, давления на входе, давления на выходе, расхода или их комбинации для каждого из одного или более УФ-блоков; ОО/НФ-датчики, сконфигурированные для измерения температуры на входе, давления подаваемого потока, давления на выходе, расхода подаваемого потока, расхода пермеата, общего содержания растворенных твердых веществ (ОСРТВ) в потоке пермеата или их комбинации для каждого из одного или более ОО/НФ-блоков; и контроллер, содержащий процессор, обменивающийся сигналами с УФ-датчиками, ОО/НФ-датчиками или с их комбинацией, причем контроллер сконфигурирован для: приема данных от одного или более УФ-датчиков, ОО/НФ-датчиков, или и от тех и от других; определения, используя данные от одного или более УФ-датчиков, для каждого из одного или более УФ-блоков, одного или более УФ-параметров; сравнения каждого из одного или более УФ-параметров с пороговой величиной, которая указывает срок, когда должна быть выполнена чистка на месте (ЧНМ) УФ-блока; определения расчетного момента времени, к которому один или более параметров УФ-блока достигнут пороговой величины; определения, используя данные от одного или более ОО/НФ-датчиков, одного или более ОО/НФ-параметров; сравнения каждого из одного или более ОО/НФ-параметров с пороговой величиной, которая указывает срок, когда должна быть выполнена чистка на месте (ЧНМ) ОО/НФ-блока; и определения расчетного момента времени, к которому один или более ОО/НФ-параметров ОО/НФ-блока достигнут пороговой величины.

Также предлагается способ мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию, причем способ включает: прогнозирование (определение) для одного или более ОО/НФ-блоков расчетного срока чистки на месте (ЧНМ) одного или более ОО/НФ-блоков, каждый из которых содержит один или более ОО/НФ-узлов, каждый из которых содержит ОО-модули, каждый из которых содержит множество ОО-мембран, НФ-модули, каждый из которых содержит множество НФ-мембран, или их комбинацию, причем прогнозирование включает: определение и/или мониторинг одного или более ОО/НФ-параметров, сравнение каждого из одного или более ОО/НФ-параметров с пороговой величиной, которая указывает срок, когда должна быть выполнена чистка на месте (ЧНМ) ОО/НФ-блока, на основе этого параметра, определение расчетного момента времени, к которому каждый из одного или более ОО/НФ-параметров достигнет его пороговой величины, и определение в качестве расчетного срока, который указывается для чистки на месте (ЧНМ) одного или более ОО/НФ-блоков, ближайшего срока из расчетных моментов времени, к которым каждый из одного или более ОО/НФ-параметров достигнет его пороговой величины.

В настоящем изобретении предлагается также вычислительная система для мониторинга загрязне-

ния мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию, причем система содержит: контроллер, содержащий процессор, сконфигурированный для: приема входных данных: для одного или более УФ-блоков, содержащих УФ-модули, каждый из которых содержит множество УФ-мембран: температуры на входе, давления на входе, давления на выходе, расхода или их комбинации; для одного или более ОО/НФ-блоков, содержащих один или более ОО/НФ-узлов, каждый из которых содержит ОО-модули, каждый из которых содержит множество ОО-мембран, НФ-модули, каждый из которых содержит множество НФ-мембран, или их комбинацию: температуры на входе, давления подаваемого потока, давления на выходе, расхода подаваемого потока, расхода пермеата, общего содержания растворенных твердых веществ (ОСРТВ) в потоках пермеата или их комбинации для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов; или их комбинации, с использованием этих входных данных: для одного или более УФ-блоков для определения и/или мониторинга, для каждого из одного или более УФ-блоков, одного или более УФ-параметров; для одного или более ОО/НФ-блоков для определения и/или мониторинга одного или более ОО/НФ-параметров; или их комбинации; для: сравнения каждого из одного или более УФ-параметров с его пороговой величиной, которая указывает срок, когда должна быть выполнена чистка на месте (ЧНМ) УФ-блока, и определения расчетного момента времени, к которому каждый из одного или более параметров УФ-блока достигнет его пороговой величины; сравнения каждого из одного или более ОО/НФ-параметров с его пороговой величиной, которая указывает срок, когда должна быть выполнена чистка на месте (ЧНМ) ОО/НФ-блока, и определения расчетного момента времени, к которому каждый из одного или более ОО/НФ-параметров ОО/НФ-блока достигнет его пороговой величины; или их комбинации; и определения в качестве расчетного срока, который указывается для чистки на месте (ЧНМ) каждого из одного или более ОО/НФ-блоков, УФ-блоков, или и тех и других, ближайшего из расчетных моментов времени, к которым каждый из одного или более ОО/НФ-параметров или УФ-параметров, соответственно, достигнет его пороговой величины.

В то время как раскрыты различные варианты, специалистам в данной области техники после ознакомления с нижеприведенным подробным описанием станут очевидными и другие варианты. Как это будет очевидно, некоторые варианты, раскрытые в настоящем описании, могут быть модифицированы без выхода за пределы объема и сущности представленной формулы изобретения. Соответственно нижеприведенное описание должно рассматриваться лишь как иллюстрация изобретения, а не как его ограничение.

Краткое описание чертежей

Прилагаемые фигуры иллюстрируют варианты осуществления изобретения, раскрытые в настоящем описании. Заявляемое изобретение может быть понято из нижеприведенного описания вместе с прилагаемыми фигурами, на которых показано:

на фиг. 1 - блок-схема прогнозирующей системы 1 для мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию, в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения;

на фиг. 2 - схема УФ-секции 20 в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения;

на фиг. 3 - схема ОО/НФ-узла 30А в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения;

на фиг. 4 - блок-схема алгоритма осуществления способа мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию, в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения.

Подробное описание осуществления изобретения

Термин "мембрана", как он используется в настоящем изобретении, относится к элементам для микрофильтрации (МФ), ультрафильтрации (УФ), обратного осмоса (ОО) или нанофильтрации (НФ). Технически МФ/УФ-элементы могут классифицироваться как фильтры, однако для простоты они указываются в настоящем изобретении как мембраны.

"Сильноминерализованная питательная вода" или "питательная вода" - это питательная вода для установки деминерализации или умягчения воды, которой для установки деминерализации обычно является морская вода (МВ), вода эстуария, вода водоносного горизонта или их смеси, и для установки умягчения воды может быть подтоварной водой или жидкостью, включающей подтоварную воду (ПВ).

"Слабоминерализованная вода" - это вода, получаемая в результате удаления по меньшей мере части соли (напр., NaCl) или других растворенных твердых веществ из сильноминерализованной питательной воды или из ПВ. Термин "слабоминерализованная вода", как он используется в настоящем изобретении, может относиться к воде с минерализацией или с общим содержанием растворенных твердых веществ (ОСРТВ) менее 10000 ppm, менее 7500 или менее 5000 ppm, или в диапазоне от 200 до 10000 ppm, от 500 до 5000 ppm или от 1000 до 5000 ppm.

"Умягченная вода" - это вода, получаемая в результате удаления по меньшей мере некоторого количества ионов (напр., многовалентных катионов, включающих магний и кальций), определяющих жесткость воды, из сильноминерализованной питательной воды или из ПВ. Как это понятие используется в

настоящем изобретении, умягченная вода может быть водой, имеющей жесткость, выраженную в гранах на галлон (или ppm) эквивалента карбоната кальция, не превышающую примерно 1 гран на галлон или 17,0 ppm (мг/л).

Термин "модуль ультрафильтрации (УФ)" относится к резервуару, работающему под давлением, который содержит один или несколько УФ-элементов. УФ-узел может содержать множество таких резервуаров, расположенных, например, в форме батареи.

Термин "обратноосмотический (ОО) модуль" относится к резервуару, работающему под давлением, указываемому также как кожух, который содержит один или более мембранных ОО-элементов. ОО-узел может содержать множество таких резервуаров, расположенных, например, в форме батареи.

Термин "нанофильтрационный (НФ) модуль" относится к резервуару, работающему под давлением, который содержит один или несколько НФ-элементов. НФ-узел может содержать множество таких резервуаров, расположенных, например, в форме батареи.

УФ-, ОО- и НФ-модули могут быть расположены рядами и соединены последовательно, и ОО-батарея установки деминерализации или умягчения воды может содержать ОО-модули или их ряды. Аналогично, НФ-батарея установки деминерализации или умягчения воды может содержать НФ-модули или их ряды. Аналогично, УФ-батарея установки деминерализации или умягчения воды может содержать УФ-модули или их ряды.

ОО-ступень или ОО-узел установки деминерализации или умягчения воды представляет собой группу модулей ОО-фильтрации, батарей или рядов, соединенных друг с другом параллельно. Аналогично, НФ-ступень или НФ-узел установки деминерализации или умягчения воды представляет собой группу модулей НФ-фильтрации, батарей или рядов, соединенных параллельно. Таким образом, ступень или узел может содержать модули, ряды или батареи. Например, ОО-блок может быть содержать первую ОО-ступень (или первый ОО-узел) и вторую ОО-ступень (или второй ОО-узел), как это описано со ссылками на вариант фиг. 3.

"ОСРТВ" - общее содержание растворенных твердых веществ в водном потоке, обычно выражающееся в мг/л.

Единица "ppmv" представляет собой количество частей на миллион (объемные доли) и примерно эквивалентна единице "мг/л". Если не указано иное, то использование "ppm" в настоящем изобретении означает "ppmv".

"Трансмембранное давление (ТМД)" - это падение давления на фильтрующих мембранах, а дифференциальное давление (ДД) - это падение давления на волокнах мембраны (в продольном направлении). Фактически действующее давление (ФДД) на ОО- или НФ-мембране определяется с учетом давления на входе блока, падения давления между подаваемым и выходящим потоками, осмотического давления и обратного фильтрационного давления пермеата.

Слабоминерализованная или умягченная вода может быть получена в результате осуществления нескольких фильтрационных или мембранных процессов, в которых используются различные фильтры или мембраны. Например, слабоминерализованная или умягченная вода может быть получена с использованием средств микрофильтрации, ультрафильтрации, прямого или обратного осмоса, или нанофильтрации, или их комбинации, в каждом из которых используются определенные элементы или мембраны. Такие мембраны подвержены загрязнению, например, в результате формирования твердых отложений и биозагрязнений, старения и повреждения, такого как механическое повреждение. Управление работой мембранных устройств с возможностью определения характера и сроков чистки и/или замены различных мембран важно для поддержания объема производства и состава слабоминерализованной или умягченной воды, используемой ниже по потоку для повышения нефтеотдачи пласта. Поскольку чистка мембран (напр., рядов, батарей, узлов или блоков, содержащих мембраны) может включать использование блока чистки на месте (ЧНМ), и поскольку количество таких блоков, имеющих в месте нахождения установки получения слабоминерализованной или умягченной воды (напр., на морской платформе), может быть ограниченным, то график чистки различных мембран может быть сложным, и в случае отклонений от его выполнения могут возникать проблемы с получением нужного объема или состава слабоминерализованной или умягченной воды. Например, если ряд, батарея, узел или блок мембран не были запланированы для чистки до того момента, когда произошел отказ, и модуль потребовалось вывести из работы, то может оказаться, что некоторые другие ряды, батареи, узлы или блоки одновременно тоже выведены из работы для их чистки, и в этом случае модули, остающиеся в работе, могут быть недостаточны для обеспечения нужного объема или состава слабоминерализованной или умягченной воды.

Как это описывается в настоящем изобретении, способ, система и инструмент прогнозирования для мониторинга работы мембран установки деминерализации или умягчения воды могут работать на основе контроля основных эксплуатационных показателей или параметров и тенденций их изменений, чтобы обеспечивать предупреждения в отношении прогнозируемых сроков чистки или замены мембран, а также, опционально, определять причину изменений отслеживаемых параметров (напр., причину наблюдаемой тенденции), предлагать подходящую стандартную процедуру чистки и/или график проведения такой чистки. Настоящее изобретение относится к способам, системам и инструменту (напр., к программному обеспечению) для мониторинга мембран установки деминерализации или умягчения воды

(напр., установки снижения содержания сульфатов, УСС). Мембраны могут включать ультрафильтрационные (УФ), обратноосмотические (ОО) и/или нанофильтрационные (НФ) мембраны. С помощью способов, систем и инструментов, раскрытых в настоящем описании, могут отслеживаться различные ключевые показатели или параметры и тенденции их изменения, обеспечиваться предупреждения и предлагаться подходящие ответные действия на возникающие ситуации, причем эти действия могут быть рекомендованы, и/или запущены, или выполнены вручную или в автоматическом режиме. В одном или в нескольких вариантах система мониторинга, раскрытая в настоящем описании, может быть полностью автоматизирована, так что анализ основных причин выявленных тенденций или предупреждения вводятся в систему, и она выдает инструкции оператору или автоматически начинает действия по устранению выявленной тревожной ситуации в установке.

Способ, система и инструмент, раскрытые в настоящем описании, могут использоваться для мониторинга загрязнения, старения, повреждения и чистки мембран. В одном или в нескольких вариантах система может осуществлять подходящую процедуру чистки в автоматическом режиме и/или задать или прогнозировать срок (напр., составить график) для чистки группы УФ-модулей (напр., ряда, батареи или блока УФ-мембран), группы ОО-модулей (напр., ступени, батареи или узла ОО-мембран) и/или группы НФ-модулей (напр., ступени, батареи или узла НФ-мембран). В одном или в нескольких вариантах система может использоваться для осуществления протокола отключения батарей фильтрационных модулей, ОО/НФ-модулей, групп модулей или отдельных модулей для определения местонахождения загрязненных или поврежденных мембранных элементов. Система может также действовать для обеспечения рекомендуемых сроков замены мембран, срок службы которых заканчивается.

Как это описывается подробно ниже, способ, система и инструмент по настоящему изобретению обеспечивают мониторинг работы мембран с возможностью прогнозирования, а не только фиксации текущего положения дел. Способ, система и инструмент могут использоваться для мониторинга различных ключевых показателей или параметров работы и тенденций их изменения, и, соответственно, для обнаружения повреждения, загрязнения и старения мембран внутри групп (напр., рядов, батарей, ступеней, узлов или блоков) мембран. В одном или в нескольких вариантах мониторинг работы может использоваться для отслеживания работы отдельного блока или узла и определения и/или запуска подходящей программы чистки (напр., для отслеживания частоты противоточных промывок (ПТП), для запуска противоточных промывок с химическими реагентами (ПТПХР), для запуска чисток на месте (ЧНМ), для определения используемых химикатов и т.п.) для групп УФ-мембран или подходящей программы чистки (напр., частоты чисток ЧНМ, используемых химикатов и т.п.) для групп ОО/НФ-мембран. Способ, система и инструмент могут также использоваться, в одном или в нескольких вариантах, для мониторинга эффективности программы чистки и для прогнозирования замены мембран.

В настоящем изобретении раскрывается прогнозирующая система для мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию. В одном или в нескольких вариантах прогнозирующая система включает один или более УФ-блоков, один или более ОО/НФ-блоков или их комбинацию, один или более УФ-датчиков, один или более ОО/НФ-датчиков или их комбинацию, а также контроллер, содержащий процессор. Описание прогнозирующей системы для мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды будет дано ниже со ссылками на фиг. 1, на которой представлена схема прогнозирующей системы 1 для мониторинга загрязнения мембран системы деминерализации или умягчения воды (в прямоугольнике 12 с пунктирными сторонами), содержащей УФ-мембраны, ОО-мембраны, НФ-мембраны или их комбинацию, в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения.

В одном или в нескольких вариантах прогнозирующая система по настоящему изобретению содержит один или более УФ-блоков, один или более ОО/НФ-блоков или их комбинацию. УФ-блоки расположены выше по потоку ОО/НФ-блоков для удаления взвешенных твердых частиц из сильноминерализованной питательной воды. Каждый УФ-блок содержит УФ-резервуары или модули, и каждый УФ-модуль содержит множество УФ-элементов или фильтров (также указываемых в настоящем описании как УФ-мембраны). Каждый из одного или более ОО/НФ-блоков содержит один или более ОО/НФ-узлов, каждый из которых содержит ОО-резервуары или модуль, причем каждый ОО-модуль содержит множество ОО-мембран, НФ-резервуары или модули, причем каждый НФ-модуль содержит множество НФ-мембран, или их комбинацию. В одном или в нескольких вариантах ОО/НФ-блок содержит только ОО-модули или только НФ-модули. Например, если система включает УСС, содержащую УФ-модули и НФ-модули (ОО-модули отсутствуют), ОО/НФ-блоки могут содержать только НФ-модули/узлы, а ОО-модули/узлы могут отсутствовать. В других вариантах ОО/НФ-блок может содержать как ОО-модули, так и НФ-модули, причем в любом соотношении и в любой комбинации.

Прогнозирующая система по настоящему изобретению может включать один или более УФ-блоков в секции ультрафильтрации, показанной блоком 20 (выделен пунктиром) схемы фиг. 1. Каждый из одного или более УФ-блоков содержит множество УФ-фильтров 22'. Хотя с технической точки зрения это фильтры, однако они могут также указываться в настоящем изобретении как УФ-мембраны. Прогнозирующая система может содержать любое количество УФ-блоков. Например, как показано на фиг. 1, про-

гнозирующая система может содержать три УФ-блока 20А, 20В и 20С. Каждый из УФ-блоков 20А, 20В, 20С содержит УФ-резервуары или модули 22, причем в варианте фиг. 1 для блока 20А показаны три УФ-модуля (УФ-модули 22А, 22В и 22С). Каждый из УФ-модулей или резервуаров 22А, 22В и 22С содержит множество УФ-элементов или фильтров 22' (также указываемых в настоящем изобретении как УФ-мембраны). (УФ-блоки 20А, 20В, 20С могут содержать одинаковое или разное количество и/или расположение УФ-модулей, причем УФ-модули 22А, 22В и 22С могут содержать одинаковое или разное количество и/или расположение УФ-мембран 22'.) На фиг. 2 показана УФ-секция 20, содержащая 8 ультрафильтрационных блоков 20А-20Н. Каждый УФ-блок 20А-20Н содержит УФ-резервуары или модули 22, и каждый УФ-модуль или резервуар 22 содержит множество УФ-элементов или фильтров 22'.

Прогнозирующая система по настоящему изобретению может включать один или более ОО/НФ-блоков в ОО/НФ-секции, показанной блоком 30 (выделен пунктиром) фиг. 1. Прогнозирующая система может содержать любое количество ОО/НФ-блоков. Каждый ОО/НФ-блок содержит один или более ОО/НФ-узлов, каждый из которых содержит ОО-резервуары или модули, НФ-резервуары или модули, или их комбинацию. ОО/НФ-блок может содержать любое количество ОО/НФ-узлов, включающих любое количество ОО-узлов и/или НФ-узлов. Например, как показано на фиг. 1, прогнозирующая система по настоящему изобретению может содержать три ОО/НФ-блока, указанных блоками 30А, 30В и 30С в варианте фиг. 1. Каждый ОО/НФ блок может содержать один или более ОО-узлов, один или более НФ-узлов, или их комбинацию. В варианте фиг. 1 первый ОО/НФ-блок 30А содержит первый ОО-узел 31А1 и второй ОО-узел 31А2, причем каждый из ОО-узла 31А1 и ОО-узла 31А2 содержит ОО-модули или резервуары 33, и каждый ОО-модуль или резервуар 33 содержит множество ОО-мембран 31'. В варианте фиг. 1 первый ОО/НФ-блок 30А содержит также НФ-узел 32А. Каждый НФ-узел 32А содержит НФ-модули, и каждый НФ-модуль включает множество НФ-мембран. Например, НФ-узел 32А содержит НФ-модули 36, и каждый НФ-модуль включает множество НФ-мембран 32'. (Каждый из ОО/НФ-блоков 30А, 30В, 30С может иметь одинаковое или разное количество и/или расположение ОО-модулей/узлов и/или НФ-модулей/узлов, функционирующих для обеспечения воды после ОО/НФ-фильтрации в линиях 25 А, 25В и 25С, соответственно; каждый из ОО-узлов (НФ-узлов) может иметь одинаковое или разное количество и/или расположение ОО-модулей 33 (НФ-модулей 36); и каждый из ОО-модулей 33 (НФ-модулей 36) может иметь одинаковое или разное количество или расположение ОО-мембран 31' (НФ-мембран 32'). На фиг. 3 показан ОО/НФ-блок 30А, содержащий первый ОО-узел 31А1, второй ОО-узел 31А2 и НФ-узел 32А. Как показано на фиг. 1, каждый из ОО-узла 31А1 и ОО-узла 31А2 содержит ОО-резервуары или модули 33, и каждый ОО-модуль или резервуар 33 содержит множество ОО-элементов или фильтров 31', а НФ-узел 32А содержит НФ-резервуары или модули 36, и каждый НФ-резервуар или модуль 36 содержит множество НФ-элементов или фильтров 32'.

УФ-модули 22 и мембраны 22' могут быть любыми устройствами, которые известны специалистам в данной области техники. В одном или в нескольких вариантах УФ-модули или мембраны включают мембраны с закрытыми концами, как это описано в патентной заявке РСТ/EP2017/067443, опубликованной за номером WO/2018/015223, полное содержание которой включается здесь для целей, не противоречащих настоящему изобретению. Внутри УФ-блоков осуществляется удаление твердых частиц из питательной воды, подаваемой по впускным линиям 10, для обеспечения воды (УФ-пермеата), выводимой из УФ-блоков по выпускным линиям 15. Например, питательная вода может вводиться в УФ-блоки 20А, 20В, 20С, 20D, 20Е, 20F, 20G, 20Н по линиям 10А, 10В, 10С, 10D, 10Е, 10F, 10G, 10Н соответственно, и после ультрафильтрации вода может выводиться из УФ-блоков 20А, 20В, 20С, 20D, 20Е, 20F, 20G, 20Н по выпускным линиям 15А, 15В, 15С, 15D, 15Е, 15F, 15G, 15Н соответственно. Вода, выводимая после ультрафильтрации по линиям 15А, 15В, 15С, 15D, 15Е, 15F, 15G, 15Н, может быть объединена в один поток воды в линии 15. Питательная вода в линиях 10 подачи воды может включать морскую воду (МВ), слабоминерализованную воду, воду водоносного горизонта или их комбинацию, и может быть введена в УФ-блоки с использованием одного или более насосов высокого давления (напр., водоподъемных насосов для морской воды), теплообменников и другого аналогичного оборудования. Например, как показано в варианте фиг. 2, часть 5А питательной воды, поступающей в линию 5 из насосов питательной воды и фильтров грубой очистки, может пропускаться через теплообменник 6 перед подачей в УФ-блоки по линиям 10. Для обхода теплообменника 6 может использоваться линия 5В. Вода, получаемая в результате ультрафильтрации может храниться в буферной емкости 23 перед подачей по линии 15 в ОО/НФ-секцию 30, расположенную ниже по потоку.

ОО/НФ-модули 33 и мембраны 31' могут быть любыми устройствами, которые известны специалистам в данной области техники. В одном или в нескольких вариантах ОО/НФ-модули или мембраны представляют собой мембраны с поперечным потоком, которые в одном или в нескольких вариантах могут иметь один вход для потока и два выхода. ОО/НФ-блоки ОО/НФ-секции 30 сконфигурированы для снижения минерализации и/или жесткости воды, подаваемой в эту секцию по линии 15, и обеспечения в линии 25 воды с пониженной минерализацией или умягченной воды. Например, как это показано в варианте фиг. 1, УФ-пермеат из линии 15 УФ-пермеата может быть введен в ОО/НФ-блоки 30А, 30В и 30С по питающим линиям 16А, 16В и 16С соответственно. Как показано более подробно в варианте фиг. 3, каждый ОО/НФ-блок, такой как ОО/НФ-блок 30А, может работать для получения ОО-пермеата в линии

38А и/или НФ-пермеата в линии 38А'. В одном или в нескольких вариантах потоки воды после ОО- и НФ-фильтрации (ОО- и НФ-вода) могут быть соединены для обеспечения ОО/НФ-воды, имеющей необходимую минерализацию и/или необходимую величину ОСРТВ.

Как это показано в варианте фиг. 3, вода после УФ-фильтрации (УФ-вода) может быть введена по ОО/НФ-линии 16А питания через насос Р1 в первый ОО-узел 31А1, и концентрат из первого ОО-узла 31А1 может быть выведен по выпускной линии 34А1 концентрата первого ОО-узла. Первая часть 34А1' концентрата первого ОО-узла может быть использована для подачи во второй ОО-узел 31А2, а оставшая часть 34А1'' концентрата первого ОО-узла может использоваться для подачи в НФ-узел 32А. ОО-пермеат, выведенный из первого ОО-узла 31А1, по линии 35А1 пермеата первого ОО-узла может быть соединен с пермеатом из второго ОО-узла 31А2 в линии 35А2 пермеата второго ОО-узла. Концентрат из второго ОО-узла 31А2 может быть выведен по линии 34А2 концентрата второго ОО-узла, и его часть может быть удалена (напр., сброс морской воды) по линии 39А, часть ее рециркулируют по линии 34А2', или и то и другое. Часть НФ-пермеата, выведенного из НФ-узла 32А по линии 35А НФ-пермеата, может быть соединена по линии 38А' НФ-пермеата с ОО-пермеатом в линии 38А ОО-пермеата, сброшена (напр., сброшена в море) по линии 39В, или и то и другое. Часть ОО/НФ-воды в линии 25А может выводиться по линии line 25А' в качестве слабоминерализованной или умягченной воды для использования при ПНО, часть может быть удалена (напр., путем сброса в море) по линии 39С, или и то и другое.

НФ-узлы могут обеспечивать воду (НФ-вода), имеющую более высокую минерализацию или большее ОСРТВ по сравнению с водой на выходе ОО-узлов (ОО-вода). Например, ОО-вода (пермеат) в линии 38А может иметь минерализацию или общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) не более чем примерно 300 ppm, 250 ppm, 200 ppm или в диапазоне от примерно 10 ppm до примерно 8000 ppm, от примерно 20 ppm до примерно 5000 ppm, или от примерно 50 ppm до примерно 4000 ppm. НФ-вода (пермеат) в линии 38А' может иметь минерализацию или общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) не более чем примерно 30000 ppm, 25000 ppm, или 20000 ppm, или в диапазоне от примерно 10000 ppm до примерно 80000 ppm, от примерно 15000 ppm до примерно 70000 ppm, или от примерно 20000 ppm до примерно 60000 ppm. Для обеспечения в линии 25А ОО/НФ-воды, имеющей необходимую минерализацию или необходимую величину ОСРТВ, может использоваться смешивание ОО-воды в линии 38А и НФ-воды в линии 38А'. Например, ОО/НФ-секция 30 может обеспечивать ОО/НФ-воду в линии 25 (или в потоке, содержащем также подтоварную воду), имеющую заданную минерализацию или заданное общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ), для подачи в пласт при ПНО. Заданная минерализация для слабоминерализованной или умягченной воды, предназначенной для ПНО, может быть не более чем примерно 10000 ppm, 7500 ppm или 5000 ppm, или в диапазоне от 200 ppm до 10000 ppm, от 500 ppm до 5000 ppm, или от 1000 ppm до 5000 ppm. Пороговой величиной минерализации или ОСРТВ, превышающей заданную минерализацию или заданное ОСРТВ, может быть максимальная величина минерализации или ОСРТВ, при которой еще можно ожидать положительного действия для ПНО слабоминерализованной или умягченной воды. В одном или в нескольких вариантах пороговая величина минерализации или ОСРТВ не превышает примерно 10000 ppm, 8000 ppm, 7500 ppm или 5000 ppm.

Система по настоящему изобретению может содержать любое количество УФ-, ОО- и/или НФ-модулей в любом количестве или в любой конфигурации, например, в конфигурации рядов, батарей, ступеней, узлов или блоков. В одном или в нескольких вариантах система содержит три ОО/НФ-блока, каждый из которых содержит горизонтально расположенные ряды ОО-модулей и некоторое количество НФ-модулей. Эти модули могут быть сгруппированы в две батареи горизонтальных рядов (первая и вторая батареи), расположенные по обеим сторонам вертикальных коллекторов подачи исходной воды и вывода ретентата и пермеата. В одном или в нескольких вариантах каждая батарея блока может подсоединяться по отдельности через запорно-регулирующую трубопроводную арматуру (клапаны), так что батареи могут быть отключены в индивидуальном порядке, так что обеспечивается возможность промывки и чистки каждой батареи блока по отдельности. В этом случае обеспечиваются следующие преимущества (помимо прочего): а) уменьшение размеров резервуара для чистящей текучей среды, входящего в состав блока ЧНМ (более подробно будет описано ниже), при поддержании необходимой скорости поперечного потока; б) уменьшение размеров насосов, используемых для циркуляции чистящей текучей среды; в) возможность работы одной батареи ОО/НФ-блока, в то время как другая батарея выведена из работы для чистки. В других вариантах ОО/НФ-блок содержит три или более батарей, которые могут быть отключены по отдельности. Возможны самые разные конфигурации УФ-, ОО- и НФ-модулей, кратко описанные ниже, и такие конфигурации охватываются объемом настоящего изобретения.

Как это подробно показано на фиг. 3, каждая батарея ОО/НФ-блока может быть многоступенчатым узлом, содержащим первый ОО-узел 31А1, второй ОО-узел 31А2 и НФ-узел 32А. Первый и второй ОО-узлы 31А1 и 31А2 соединены последовательно, так что ретентат из первого ОО-узла 31А1 используется для питания второго ОО-узла 31А2. Первый ОО-узел 31А1 также соединен последовательно с НФ-узлом 32А, так что часть ретентата из первого ОО-узла 31А1 используется для питания НФ-узла 32А. В дополнение к тому, что одна батарея ОО/НФ-блока может быть в работе, а другая батарея может быть выведена из работы для чистки, узлы каждой батареи могут быть по отдельности выведены из работы, так что

они по отдельности могут быть подвергнуты промывке и чистке. Как это описывается ниже более подробно, в этом случае обеспечивается возможность подбора химических агентов для конкретных загрязнений мембран каждого узла. В одном или в нескольких вариантах чистка ОО-узла 31А1 ОО/НФ-блока может быть осуществлена независимо от второго ОО-узла 31А2 и НФ-узла 32А. Второй ОО-узел 31А2 и НФ-узел 32А батареи могут быть подвергнуты чистке одновременно, если в них окажутся одинаковые загрязнения. Однако в одном или в нескольких вариантах НФ-узел 32А может быть подвергнут чистке независимо от второго ОО-узла 31А2. Управление НФ-узлом 32А с помощью клапанов независимо от второго ОО-узла 31А2 может обеспечивать возможность вывода из работы НФ-узла 32А позже в процессе нагнетания слабоминерализованной или умягченной воды, когда смешивание ОО-пермеата 38А с НФ-пермеатом 38А' может быть заменено смешиванием ОО-пермеата 38А с подтоварной водой (ПВ).

В одном или в нескольких вариантах ОО- и НФ-мембранные элементы 31' и 32' соответственно, каждого ОО-модуля 33 и НФ-модуля 36, соответственно, намотаны спирально и в процессе фильтрации работают в режиме поперечного потока, так что имеется вход для питающего потока, выход для ретентата (концентрата) на стороне питания мембраны и выход для пермеата на стороне пермеата мембраны.

Первый ОО-узел (напр., первый ОО-узел 31А1) каждого ОО/НФ-блока (напр., ОО/НФ-блока 30А) может содержать группу параллельно соединенных ОО-модулей 33 (напр., 48 параллельно соединенных ОО-модулей: 24 в первой батарее и 24 во второй батарее). В одном или в нескольких вариантах ОО-модули 33 расположены в горизонтальных рядах по обеим сторонам вертикальных коллекторов. Аналогично, второй ОО-узел ОО/НФ-блока (напр., второй ОО-узел 31А2 ОО/НФ-блока 30А) может содержать группу параллельно соединенных ОО-модулей 33 (напр., 36 модулей во втором ОО-узле 31А2 ОО/НФ-блока 30А) и группу НФ-модулей 36 (напр., 4 НФ-модуля в НФ-узле 32А ОО/НФ-блока 30А). ОО-модули 33 второго ОО-узла (напр., второго ОО-узла 31А2) и НФ-модули 36 НФ-узла (напр., НФ-узла 32А) могут быть соединены параллельно. Половина ОО-модулей второго ОО-узла (напр., второго ОО-узла 31А2) ОО/НФ-блока может быть расположена в первой батарее, а другая половина - во второй батарее. НФ-модули могут быть расположены вместе в одном или в нескольких рядах каждой батареи. В одном или в нескольких вариантах три ОО-модуля (или НФ-модуля) составляют ряд батареи. В одном или в нескольких вариантах НФ-модули расположены вместе в одном ряду.

Для каждой батареи ОО/НФ-блока ОО-модули 33 первого ОО-узла (напр., первого ОО-узла 31А1) могут быть подвергнуты чистке независимо от ОО-модулей 33 второго ОО-узла (напр., второго ОО-узла 31А2) и от НФ-модулей 36 НФ-узла (напр., НФ-узла 32А). Это может потребоваться, например, когда загрязнения ОО-модулей первого ОО-узла отличаются от загрязнений ОО-модулей второго ОО-узла и НФ-модулей НФ-узла, как это будет описано ниже более подробно).

ОО-модули и НФ-модули каждого ряда батареи могут запитываться, или нет, независимо друг от друга. В одном или в нескольких вариантах резервуары, работающие под давлением, ОО-модулей (или НФ-модулей) одного ряда соединены на стороне подачи таким образом, что питательная вода проходит через первый модуль, затем из первого модуля во второй модуль, далее в третий модуль и в следующие модули ряда. В одном или в нескольких вариантах может обеспечиваться, или нет, возможность выведения из работы резервуаров независимо друг от друга. Аналогично, может обеспечиваться, или нет, возможность выведения из работы для чистки отдельных ОО-элементов или НФ-элементов в ОО-модуле или в НФ-модуле. Однако в случае резервуаров, работающих под давлением, с центральным отверстием могут использоваться дополнительные клапаны для обеспечения возможности независимой чистки мембранных элементов, расположенных с каждой стороны от центральных отверстий. В этом случае может обеспечиваться дополнительное уменьшение размеров резервуаров для промывки и насосов, однако за счет увеличения веса и площади основания каждого ОО/НФ-блока. В одном или в нескольких вариантах два или три ОО-элемента расположены последовательно по обе стороны от центральных отверстий, как это описано в европейской заявке 63422.3, полное содержание которой включается здесь для целей, не противоречащих настоящему изобретению.

Как уже указывалось, возможны самые разные конфигурации УФ-, ОО- и НФ-модулей, и такие конфигурации охватываются объемом настоящего изобретения. В одном или в нескольких вариантах конфигурация ОО- и НФ-модулей в ОО/НФ-блоках отличается от конфигурации, показанной в варианте фиг. 3. Например, ОО-модули могут быть расположены параллельно в одной ступени. Например, в одном или в нескольких вариантах может быть один ОО-узел с морской водой или УФ-водой, используемой для подачи в ОО-модули узла (система с однократным проходом). Аналогично, в одном или в нескольких вариантах НФ-узлы могут быть расположены параллельно в одной ступени с морской водой или с УФ-водой, используемой для подачи в НФ-модули узла (система с однократным проходом). НФ-модули и ОО-модули могут быть расположены в одном и том же блоке, как это показано в вариантах фиг. 1 и фиг. 3 (обычно ОО-модулей гораздо больше, чем НФ-модулей), причем в одном или в нескольких вариантах каждая батарея или каждый узел блока может содержать как ОО-модули, так и НФ-модули. В альтернативных вариантах может быть один или более блоков, содержащих ОО-модули, и отдельные блоки, содержащие НФ-модули. В любом варианте каждый блок может содержать по меньшей мере две батареи или два узла модулей, так что обеспечивается возможность независимой чистки отдельных батарей или узлов.

В других вариантах система содержит первый НФ-узел, и ретентат из этого узла используется для подачи во второй НФ-узел. Может использоваться также третий НФ-узел, и в этом случае ретентат из второго НФ-узла используется для подачи в третий НФ-узел. В этом варианте первый НФ-узел может быть подвержен одному загрязнению (напр., биозагрязнению), а второй и/или третий НФ-узлы могут быть более подвержены другому загрязнению (напр., неорганическим отложениям) из-за повышенной величины ОСРТВ, минерализации или ионной силы подаваемой в них воды.

В одном или в нескольких вариантах, в которых ОО-элементы расположены в отдельном блоке, ретентат из первого ОО-узла может использоваться для подачи во второй ОО-узел (аналогично конфигурации ОО-узлов в варианте фиг. 3). Как уже указывалось, в таких вариантах, первый ОО-узел может быть подвержен одному загрязнению (напр., биозагрязнению), а второй ОО-узел может быть более подвержен другому загрязнению (напр., отложению твердых частиц) из-за повышенной величины ОСРТВ подаваемой воды (а именно, ретентата из первого ОО-узла), и способ, система и инструмент прогнозирования, раскрытые в настоящем изобретении, могут использоваться для определения, планирования и/или запуска или выполнения процедуры чистки, подходящей для конкретного загрязнения.

Прогнозирующая система 1 может также содержать один или более блоков 70 чистки на месте (ЧНМ). Блок ЧНМ может использоваться для химической чистки ОО- и НФ-узлов. Блок 70 ЧНМ может также использоваться для химической чистки (напр., не для промывки или противоточной промывки, в некоторых случаях) ультрафильтрационных (УФ) узлов УФ-блоков. Как показано линией 75, блоки 70 ЧНМ в процессе чистки могут сообщаться по текучей среде с одним или более УФ-, ОО- или НФ-модулями системы деминерализации или умягчения воды. Блоки 70 ЧНМ могут содержать один или несколько резервуаров для промывки и соответствующие резервуары для хранения концентрированных растворов различных чистящих химических реагентов. Как это описано ниже более подробно, может иметься ограниченное количество блоков ЧНМ 70 (напр., на одной платформе), и при планировании таких чисток в соответствии с вариантами осуществления изобретения может учитываться количество имеющихся блоков ЧНМ. Например, один блок 70 ЧНМ может использоваться для чистки ОО-узлов, НФ-узлов и УФ-блоков для морской опреснительной установки или УСС. Чистка ЧНМ может занимать много времени, поскольку она может включать опорожнение резервуара блока ЧНМ для удаления предыдущего химического реагента (если раствор этого реагента в резервуаре блока ЧНМ не требуется для выбранной процедуры чистки), заполнение резервуара блока ЧНМ пермеатом (напр., ОО- и/или НФ-пермеатом), добавление подходящего химического реагента из резервуара с концентратом, и выполнение циклов чистки и периодов выдержки, повторное опорожнение резервуара, если это необходимо, и повторение последовательности чистки для другого раствора химического реагента. После определения предполагаемого загрязнения и запуска подходящей программы чистки (напр., запуск оператором или контроллером 60 в автоматическом режиме, как это будет описано ниже) циклы чистки, обеспечиваемые блоком ЧНМ, могут осуществляться в автоматическом режиме. Стандартные процедуры чистки (химические реагенты, времена чистки и выдерживания, давления и т.п.), подходящие для различных загрязнений и для использования с различными мембранами, известны и обеспечиваются производителями мембран, так что они не рассматриваются подробно в настоящем описании.

Прогнозирующая система 1 содержит также один или более УФ-датчиков 40, сконфигурированных для обеспечения данных, относящихся к одному или более УФ-блокам. Один или более УФ-датчиков могут быть сконфигурированы для обеспечения, например, одного или более измерений, выбранных из температуры на входе, давления на входе, давления на выходе, расхода или их комбинации для каждого из одного или более УФ-блоков. Как показано в варианте фиг. 2, ультрафильтрационная секция 20 может содержать датчики 40А, 40В, 40С и 40D. Датчики 40А-40D могут быть выбраны из датчиков расхода, датчиков температуры, датчиков давления, датчиков состава или из их комбинации. Например, в одном или в нескольких вариантах, таких как вариант, показанный на фиг. 2, датчики 40А могут быть датчиками температуры, установленными на впускной линии 10 питательной воды и сконфигурированными для измерения температуры питательной воды; датчики 40В и 40С могут быть датчиками давления для измерения давления питательной воды на входе и фильтрата на выходе, соответственно, для каждого из блоков 20А-20Н; датчики 40D могут быть датчиками расхода для измерения расхода воды, подаваемой по впускным линиям для каждого из УФ-блока 20А-20Н. Для управления потоками в соответствии с измеренными параметрами или входными сигналами от УФ-датчиков 40 могут использоваться различные клапаны. Например, клапан V1 может работать для обеспечения обхода теплообменника 6 для регулирования температуры во впускной линии 10 питательной воды в зависимости от измерений, поступающих из датчика 40А температуры; клапан V2 может обеспечивать регулирование расхода воды, подаваемой в каждый УФ-блок 20А-20Н, в зависимости от измерений, поступающих из датчика 40D расхода, датчиков 40В/40С давления или из их комбинации. Могут использоваться и другие датчики, клапаны и места их установки.

Прогнозирующая система 1 содержит также один или более ОО/НФ-датчиков 50, сконфигурированных для обеспечения данных, относящихся к одному или более ОО/НФ-узлам. Один или более ОО/НФ-датчиков 50 могут быть сконфигурированы для обеспечения, например, одного или более измерений, выбранных из температуры на входе, давления на входе, давления на выходе, расхода на входе,

расхода пермеата, общего содержания растворенных твердых веществ (ОСРТВ) в потоке пермеата или их комбинации для каждого из одного или более ОО/НФ-узла. Например, в одном или в нескольких вариантах, таких как вариант, показанный на фиг. 3, датчики 50А, 50В и 50С могут быть датчиками давления, обеспечивающими измерение давления на входе питательной воды и давления на выходе для каждого блока или узла; датчики 50D могут быть датчиками расхода, обеспечивающими измерение расхода воды во впускных линиях (напр., в ОО/НФ-линии 16А подачи) для одного или более ОО/НФ-узлов; датчики 50Е могут быть датчиками состава, обеспечивающими определение степени минерализации или величины ОСРТВ в пермеате, выходящем из узла (напр., в первом ОО-пермеате в линии 35А1 первого ОО-пермеата, во втором ОО-пермеате в линии 35А2 второго ОО-пермеата, в НФ-пермеате в линии 35А НФ-пермеата, или их комбинации) или в ОО/НФ-потоке смеси в ОО/НФ-линии 25А смеси; датчики 50F могут быть датчиками расхода, обеспечивающими измерение расхода концентрата, выходящего из одного или более узлов (напр., расхода концентрата второго ОО-узла в линии 34А2). Для управления потоками в соответствии с измеренными параметрами или входными сигналами, поступающими от ОО/НФ-датчиков 50, могут использоваться различные клапаны. Например, клапаны V4A/V4B могут обеспечивать регулирование расхода в ОО/НФ-линии 16А подачи в соответствии с измерениями, поступающими из датчика 50А расхода; клапаны V5/V6 могут обеспечивать регулирование расхода во второй линии 34А2 ОО-концентрата и/или в линии 39А сброса в соответствии с измерениями, поступающими из датчика 50F расхода; клапан V7 может обеспечивать управление расходом (и, соответственно, регулирование смешивания НФ-воды с ОО-водой) во второй линии 38А' НФ-пермеата и в линии 37 сброса НФ-пермеата в соответствии с измерениями, поступающими из датчика 50Е состава; клапаны V8/V9 могут обеспечивать управление расходом в линии 39С сброса смешанной воды в соответствии с измерениями, поступающими из датчика 50F давления; или их комбинация. Могут использоваться и другие датчики, клапаны и места их установки.

УФ-датчики 40 и ОО/НФ-датчики 50 могут быть любыми датчиками, которые известны специалистам в данной области техники. Датчики для определения величины ОСРТВ и/или ионного состава различных потоков, таких как составные потоки слабоминерализованной нагнетаемой воды, поток ОО-пермеата, поток НФ-пермеата, могут определять величину ОСРТВ по величине проводимости, а концентрации отдельных ионов или типов отдельных ионов могут определяться с использованием стеклянных зондов с мембранами, которые проницаемы для конкретных отдельных ионов или для типов отдельных ионов. В дополнение к использованию УФ- и/или ОО/НФ-датчиков состава образцы воды могут быть направлены в лабораторию для анализа их состава, который может быть введен в контроллер 60 (описывается ниже), в одном или более вариантах.

В состав прогнозирующей системы 1 входит также контроллер 60, содержащий процессор 65, обменивающийся сигналами (показано пунктирными линиями на фиг. 1) с одним или более УФ-датчиками 40, с одним или более ОО/НФ-датчиками 50, или с их комбинацией. Контроллер 60 включает процессор или ЦП (центральный процессор) 65, запоминающее устройство 66 (напр., ОЗУ - оперативное запоминающее устройство; ПЗУ - постоянное запоминающее устройство), накопитель на жестких магнитных дисках, интерфейсные устройства, такие как дисплей 61, сетевой интерфейс 62 и т.п., и может осуществлять свои функции путем выполнения программного обеспечения, включая раскрытый в настоящем изобретении инструмент мониторинга работы, записанных в ПЗУ. Программное обеспечение может конфигурировать процессор 65 (при его выполнении процессором) для выполнения им любых стадий и способов, раскрытых в заявке.

Контроллер 60 может быть сконфигурирован для приема и использования данных от одного или более УФ-датчиков 40, от одного или более ОО/НФ-датчиков 50, или от их комбинации, как это будет описано ниже со ссылками на левую часть фиг. 4, которая представляет собой блок-схему алгоритма осуществления способа II мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации и умягчения воды, содержащей УФ-мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, НФ-мембраны или их комбинации, в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения. Как показано в варианте фиг. 4, контроллер 60 может быть сконфигурирован для приема данных от одного или более УФ-датчиков 40, ОО/НФ-датчиков 50 или от тех и других, как указано в блоке 101. Кроме того, контроллер 60 может быть также сконфигурирован для определения и/или мониторинга, используя данные от одного или более УФ-датчиков 40, для каждого из одного или более УФ-блоков, одного или более УФ-параметров, сравнения каждого из этих параметров с пороговой величиной, которая указывает регламентированный срок выполнения чистки на месте (ЧНМ) УФ-блока, и определения (прогнозирования) расчетного срока, к которому один или несколько параметров УФ-блока достигнут пороговой величины, определения и/или мониторинга, с использованием данных от одного или более ОО/НФ-датчиков 50, одного или более ОО/НФ-параметров и сравнения каждого из этих параметров с пороговой величиной, которая указывает регламентированный срок выполнения чистки на месте (ЧНМ) ОО/НФ-блока, и определения расчетного срока, к которому один или несколько параметров ОО/НФ-блока достигнут пороговой величины; или для выполнения комбинации указанных функций, как это указано в блоке 102. Пороговые величины могут быть установлены производителями мембран (напр., минимальная и максимальная подача, трансмембранное и/или дифференциальное давление) и могут быть введены как граничные значения для контроллера 60.

В одном или в нескольких вариантах скорость загрязнения вычисляется с использованием каждого из одного или более параметров на основе среднего изменения этого параметра на протяжении временного интервала загрязнения, и осуществляется определение (прогнозирование) времени достижения этим параметром блока пороговой величины путем деления разницы между текущей величиной параметра и его пороговой величиной на среднее изменение параметра на протяжении временного интервала загрязнения. Например, в одном или в нескольких вариантах скорость загрязнения включает скорость загрязнения на основе дифференциального давления (ДД), вычисленную на основе среднего увеличения нормализованного ДД на протяжении временного интервала загрязнения, и расчетное время достижения пороговой величины ДД определяется путем деления разницы между текущим ДД и пороговым ДД на скорость загрязнения на основе среднего ДД. Например, может осуществляться мониторинг скорости изменения трансмембранного давления, и прогноз срока, когда будет достигнуто максимально допустимое повышение трансмембранного давления, может быть получен путем прогнозирования тенденции его изменения. Различные варианты прогнозирования способом, системой и инструментом, раскрытыми в настоящем изобретении, могут использоваться, чтобы выявить или зафиксировать повышение скорости загрязнения УФ-, ОО- и/или НФ-мембран и облегчить или автоматизировать получение прогноза срока выведения из эксплуатации узла или батареи блока для проведения чистки, что может, в одном или в нескольких вариантах, обеспечить возможность оптимизации чистки блока (или другой группы модулей, такой как его ряд, батарея или узел).

В одном или в нескольких вариантах один или несколько УФ-параметров выбирают, например, из нормализованного расхода входного потока, нормализованного трансмембранного давления (ТМД), наибольшей величины нормализованного ТМД на опорном временном интервале ТМД, потока через блок, удельного потока через блок, вычисляемого делением расхода на единицу площади поверхности на величину ТМД, удельного потока с температурной поправкой (УДТП), наименьшей величины удельного потока за опорный временной интервал для наименьшего удельного потока, частоты противоточных промывок (ПТП), частоты ПТПХР, повышения ТМД после стандартно запланированной противоточной промывки с химическими реагентами (ПТПХР), количества ЧНМ (чисток на месте) за опорный временной интервал ЧНМ, объема жидкости, введенной в УФ-блок в процессе ПТП или ПТПХР, продолжительности ПТП, скорости спада давления (ССД), скорости повышения давления, или комбинации указанных параметров. В конкретных вариантах один или более УФ-параметров включают наименьший удельный поток, объем жидкости, введенной в УФ-блок в процессе ПТП или ПТПХР, частоту ПТП или их комбинацию.

В одном или в нескольких вышеуказанных вариантах один или более УФ-параметров включают поток через УФ-блок, удельный поток через блок, вычисленный путем деления расхода на единицу площади поверхности на величину ТМД, удельный поток с температурной поправкой, наименьший удельный поток за опорный временной интервал для наименьшего удельного потока или их комбинацию. Удельный поток или проницаемость - это мера расхода (на единицу площади поверхности), деленного на величину ТМД. Этот параметр будет представлять обратную величину тенденции изменения ТМД, и, учитывая изменение ТМД и расхода, удельный поток может обеспечивать лучшее представление работы УФ-устройств. Например, уменьшение удельного потока может указывать на загрязнение мембран, а увеличение потока может указывать на повреждение мембран (или ПТП, ПТПХР или ЧНМ блока). Удельный поток или проницаемость будет изменяться с температурой, и поэтому в одном или в нескольких вариантах может осуществляться мониторинг удельного потока с температурной поправкой (УДТП) для учета изменений температуры. Мониторинг УДТП может помогать обеспечивать выполнение противоточной промывки без превышения максимальной величины ТМД. Если при противоточной промывке величина ТМД превысит максимально допустимый предел, то возникает опасность разрушения и расщепления волокон. Существенное увеличение потока может приводить в результате к чрезмерной нагрузке твердыми частицами, что может ускорять процесс загрязнения. Производитель мембран может обеспечивать максимальную или пороговую величину скорости потока, которую не следует превышать.

В одном или в нескольких вариантах один или более УФ-параметров включают объем жидкости введенной в УФ-блок в процессе ПТП или ПТПХР, например, через клапан V3, или продолжительность ПТП. В одном или в нескольких вариантах может обеспечиваться счетчик ПТП, который сбрасывается на нуль после каждого ПТП или ПТПХР, и для этого счетчика может обеспечиваться тенденция его изменения. ПТП или ПТПХР обычно выполняют в течение определенного интервала времени с использованием определенного объема жидкости. Отклонение от ожидаемого интервала времени или от количества жидкости может указывать на неэффективную чистку или на избыточную чистку. В одном или в нескольких вариантах один или более УФ-параметров включают частоту противоточных промывок (ПТП) или противоточных промывок с химическими реагентами (ПТПХР). ПТП или ПТПХР может запускаться регулярно (напр., каждые сорок минут) или при превышении пороговой величины давления. В одном или в нескольких вариантах может контролироваться количество ПТП или ПТПХР в день, и превышение пороговой величины количества ПТП или ПТПХР в день может использоваться для вывода о необходимости УФ-ЧНМ.

В одном или в нескольких вариантах один или несколько ОО/НФ-параметров выбирают, например,

из нормализованного давления на входе для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного расхода потока на входе для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного дифференциального давления (ДД) для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, фактически действующего давления (ФДД, которое равно давлению потока на входе минус осмотическое давление и обратное давление пермеата) для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, выхода очищенной воды, равного расходу пермеата, деленному на расход потока на входе, для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, средней величины ОСРТВ в пермеате, выходящем из каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного прохождения солей (ПС) для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного расхода пермеата для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, скорости загрязнения для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, частоты ЧНМ для каждого из ОО/НФ-блоков, отклонения величины ОСРТВ блока, которое представляет собой разницу между величиной ОСРТВ на выходе ОО/НФ-блока и вычисленной средней величиной ОСРТВ на выходе соответствующей комбинации ОО/НФ-узлов, или комбинации указанных параметров. В определенных вариантах один или более ОО/НФ-параметров выбирают из скорости загрязнения, частоты чисток ЧНМ, отклонения величины ОСРТВ блока, или комбинации указанных параметров.

В одном или в нескольких вариантах один или более ОО/НФ-параметров включают скорость загрязнения (СЗ). Скорость загрязнения может быть определена на основе среднего увеличения параметра (напр., ДД) на некотором временном интервале (напр., 24 ч). Если СЗ превышает ожидаемую величину, то ЧНМ может потребоваться раньше, чем она запланирована в соответствии с регламентом. СЗ может использоваться для прогнозирования срока проведения ЧНМ, и для отображения расчетного срока (в днях) до следующей ЧНМ может использоваться соответствующее предупреждение. В одном или в нескольких вариантах один или более ОО/НФ-параметров включают отклонение величины ОСРТВ блока. Например, величина ОСРТВ блока, превышающая определенную величину (напр., $\pm 10\%$), может указывать на просачивание из потока 34А НФ-концентрата (отбрасываемый поток) в поток 35А НФ-пермеата, в результате чего смешанный ОО/НФ-поток 25 может содержать высокую концентрацию сульфатов. Для указания превышения отклонением величины ОСРТВ определенной пороговой величины (напр., $\pm 5\%$) может использоваться соответствующее предупреждение.

Опорным временным интервалом для наименьшего удельного потока может быть любой подходящий временной интервал, например 24 ч. Опорным временным интервалом для величины ТМД может быть любой подходящий временной интервал, например 24 ч. Стандартно планируемая ПТПХР может выполняться, например, ежедневно. Опорным временным интервалом для ЧНМ может быть любой подходящий временной интервал, например три месяца. Частота ПТПХР может включать количество ПТПХР в опорном временном интервале, например за 7 дней. Частота чисток ЧНМ для каждого из ОО/НФ-блоков может включать количество ЧНМ в опорном временном интервале, например за один год. Частота ПТП может включать количество ПТП в опорном временном интервале, например в интервале 24 ч.

Нормализованный расход потока на входе может быть нормализован для опорной температуры и/или фактически действующего давления; нормализованное давление потока на входе может быть давлением потока на входе, нормализованным для опорного расхода этого потока; нормализованное ПС может быть ПС, нормализованным для опорного расхода и для опорной температуры; нормализованное ТМД может быть ТМД, нормализованным для опорного расхода; нормализованное ДД может быть ДД, нормализованным для опорной температуры и опорного расхода; нормализованный расход пермеата может быть расходом пермеата, нормализованным для опорной температуры и опорного ФДД; или их комбинация. Опорная температура, опорный расход, опорное фактически действующее давление или их комбинация могут быть величинами, действительными для исходной даты и исходного времени (точка отсчета), например, для первого дня эксплуатации (напр., когда оборудование введено в эксплуатацию, или когда оно начинает работать после замены мембран).

Мониторинг работы может быть связан с системой предупреждений. В одном или в нескольких вариантах контроллер 60 может также включать дисплей 61, сетевой интерфейс 62 или и то и другое. Процессор 65 может обеспечивать на выходе предупреждение, которое включает отображение на дисплее 61 одного из одного или более УФ-параметров, из одного или более ОО/НФ-параметров, или из их комбинации, передачу предупреждения по электронной почте с помощью сетевого интерфейса 62 и сети или "облака" 63, для указания того, что по меньшей мере один из одного или более УФ-параметров, из одного или более ОО/НФ-параметров, или из их комбинации скоро достигнет или уже достиг уровня предупреждения, или и то и другое. Отображение или другой тип предупреждения (напр., по электронной почте) может также использоваться для указания того, что чистка (напр., ПТП, ПТПХР или ЧНМ УФ-мембран или ЧНМ ОО/НФ-мембран) была, или не была, эффективной, или для указания прогнозируемого временного интервала до замены мембран.

В предупреждении может указываться текущее состояние параметра или уровень предупреждения для этого параметра и/или может указываться предыдущее состояние параметра или предыдущий уровень предупреждения для этого параметра. В некоторых вариантах может использоваться цифровой ин-

дикатор для обеспечения величины параметра или количественного уровня предупреждения для него. Предупреждение может содержать указание отслеживаемого состояния, а также его близости к аварийному состоянию или достижения этого состояния. Предупреждение также может указывать, что расчет не был выполнен, например, в отношении графика чистки. В объеме настоящего изобретения возможны также и другие информационные сообщения и предупреждения.

Таким образом, предупреждения, обеспечиваемые в автоматическом режиме, для одного или более параметров могут быть отображены на дисплее 61, который может быть монитором компьютера, и/или переданы циркулярно ответственным лицам по электронной почте с помощью сетевого интерфейса 62 и сети или "облака" 63. В одном или в нескольких вариантах первый уровень предупреждения обрабатывается контроллером 60 путем изменения отображаемой информации, а более высокий уровень предупреждения обрабатывается путем другого изменения отображаемой информации или передачи по электронной почте, или и то и другое. В одном или в нескольких вариантах предупреждения могут отображаться на экране рядом с графическим отображением тенденции изменения отслеживаемого параметра. В одном или в нескольких вариантах, описанных ниже более подробно, рекомендуемое действие или действие, запускаемое в автоматизированном режиме, в ответ на предупреждение может также отображаться (напр., на этом же или на другом экране) и/или передаваться по электронной почте. Как уже указывалось, отображаемая информация или предупреждение может использоваться для указания прогнозируемого времени до чистки ЧНМ.

В одном или в нескольких вариантах контроллер 60 может обеспечивать непрерывное отображение контролируемого параметра или может обеспечивать обновление с изменяющейся частотой, напр, ежедневно, еженедельно, ежемесячно и т.п. Мониторинг в блоке 102 для установки деминерализации или умягчения воды может включать множество предупреждений на разных экранах или дисплеях для различных уровней системы. Например, результаты мониторинга работы мембран в блоке 102 могут быть выведены контроллером 60 на дисплеи, включая экран для всех УФ-блоков 20А/20В/20С/и т.д.; экран для каждого УФ-блока (напр., экран или дисплей для УФ-блока 20А, экран или дисплей для УФ-блока 20В, экран или дисплей для УФ-блока 20С, и т.д.); экран для каждой батареи УФ-блока 20А/20В/20С/и т.д.; экран, на который выводятся контролируемые параметры для всех ОО/НФ-блоков 30А/30В/30С/и т.д.; экран для каждого ОО/НФ-блока (напр., экран или дисплей для ОО/НФ-блока 30А, экран или дисплей для ОО/НФ-блока 30В, экран или дисплей для ОО/НФ-блока 30С, и т.д.); экран или дисплей для каждого узла блока (напр., экран или дисплей для первого ОО-узла, экран или дисплей для второго ОО-узла и экран или дисплей для НФ-узла, или для любых других конфигураций узлов). Как уже указывалось, на вышеуказанных экранах могут отображаться предупреждения. Вместо этого могут передаваться сообщения по электронной почте, например, инженеру-технологу.

Способ, система и инструмент, раскрытые в настоящем изобретении, могут использоваться для мониторинга и отображения на дисплее тенденций, относящихся к повреждению и загрязнению мембран внутри блоков и узлов. Тенденции, отслеживаемые инструментом, могут использоваться инженером-технологом для выбора протоколов чистки для УФ-блоков (частота противоточных промывок и частота чисток с использованием чистящих химических реагентов (напр., противоточных промывок с химическими реагентами или ПТПХР) и/или ЧНМ) и протоколов чистки (стандартных процедур) для ОО- и НФ-узлов (напр., ЧНМ), или же такие действия/протоколы могут быть автоматизированы, например, контроллером 60. В одном или в нескольких вариантах способ, система и инструмент могут также определять эффективность чистки.

Как уже указывалось, предупреждения могут обеспечиваться для одного или более УФ-параметров, для одного или более ОО/НФ-параметров, или для их комбинации, или для тенденции их изменения. Ниже будут приведены конкретные примеры одного или более предупреждений, которые могут обеспечиваться в одном или в нескольких вариантах.

Повышение трансмембранного давления во времени (напр., на батарее УФ-модулей). Например, может обеспечиваться предупреждение об отклонении от расчетного профиля трансмембранного давления или о повышении трансмембранного давления, которое превышает пороговую величину. Как уже указывалось для ОО- и НФ-узлов, АР может быть нормализовано относительно температуры.

Повышение давления на входе батареи УФ-модулей или ОО- или НФ-узла. Например, может обеспечиваться предупреждение об отклонении от расчетного профиля давления на входе или о повышении давления на входе, которое превышает пороговую величину. Пороговая величина может определяться, например, подающим насосом или максимальным разрешенным рабочим давлением для мембранного элемента, которое указывается производителем.

Предупреждение о недопустимом снижении нормализованного расхода пермеата для ОО и/или НФ-пермеата. Как уже указывалось, расход пермеата может быть нормализован относительно температуры и/или фактически действующего давления.

Предупреждение о выходе (в процентах) ОО- и/или НФ-пермеата, которое может быть определено как ((объем составного потока пермеата/объем подаваемой воды)×100) за установленный временной интервал. Например, может обеспечиваться предупреждение, если выход (в процентах) начинает отклоняться-

ся от расчетного профиля, или если происходит приближение к минимальной пороговой величине (напр., в пределах 10%), или достигнута эта пороговая величина.

Предупреждение от прохождении солей (ПС) через НФ- и/или ОО-узел. Например, может обеспечиваться предупреждение, если достигнута верхняя пороговая величина для общего содержания растворенных твердых веществ и/или для концентрации отдельных ионов, таких как, без ограничения, сульфат и двухвалентные ионы, или если прохождение солей начинает отклоняться от расчетной тенденции изменения.

Предупреждение об изменении производительности установки во времени. Например, производительность могла бы быть снижена в определенный момент времени для проведения запланированных работ по техническому обслуживанию (для НФ-узла, ОО- узла и/или УФ-батареи), так что если еще один узел или еще одну батарею необходимо будет вывести из работы для чистки в этот временной интервал, минимально необходимая производительность не будет достигнута. В таких вариантах система могла бы обеспечивать другой дисплей или индикатор. Оператор или система/инструмент могли бы тогда выбрать другой временной период для чистки и определить поддержание минимальной производительности для установки при использовании заново составленного графика. Желательно, чтобы график чистки сохранялся до превышения пороговой величины максимального давления на входе или максимального увеличения трансмембранного давления.

В одном или в нескольких вариантах процессор 60 может дополнительно осуществлять мониторинг тенденции изменения одного или более УФ-параметров, одного или более ОО/НФ-параметров, или их комбинации, сравнение полученной тенденции с данными, записанными в запоминающем устройстве 66, для получения выходных данных, указывающих потенциальную причину тенденции изменений (такую как, например, загрязнение мембран) и/или рекомендацию, и/или автоматический запуск соответствующей реакции на выявленную ситуацию или для ее устранения. Процессор 60 может быть также сконфигурирован для обеспечения рекомендуемого графика выполнения ЧНМ на одном или более УФ-блоках, на одном или более ОО/НФ-блоках, или на их комбинации. Процессор 60 может рекомендовать график на основе данных, введенных в его запоминающее устройство, которые относятся к расчетной продолжительности УФ-ЧНМ и/или ОО/НФ-ЧНМ, наличию одного или более блоков ЧНМ, потребности в производстве воды из системы деминерализации и умягчения воды, времени, рассчитанного процессором 65, выполнения чистки одного или более УФ-блоков, одного или более ОО/НФ-блоков, или их комбинации, или комбинации указанных данных.

Как уже указывалось, предупреждения относятся к неблагоприятным или нежелательным состояниям. Обычно пороговые состояния для отслеживаемых параметров (напр., для максимального и минимального трансмембранного давления) вводятся в систему или в инструмент с пороговой величиной, указывающей на состояние неисправности (неблагоприятное или опасное состояние). В одном или в нескольких вариантах способ, система и инструмент, раскрытые в настоящем изобретении, могут обеспечивать выявление основной причины состояния неисправности для определения критичности или не критичности этого состояния и для определения (и/или для автоматического запуска) стратегии или процедуры устранения критического состояния неисправности, например, рекомендации или запуска чистки мембран узла для восстановления трансмембранного давления, или замены мембранных элементов. На основе опыта работы могут быть определены и введены в процессор 65 (напр., в его запоминающее устройство 66) стратегии преодоления конкретных состояний неисправности (анализ основной причины) для обеспечения эффективных стратегий для устранения таких состояний.

Таким образом, в одном или в нескольких вариантах способы, системы и инструменты, раскрытые в настоящем изобретении, могут использоваться для определения: расчетного срока чистки узла, блока или батареи мембран; подходящей стандартной процедуры чистки (напр., для удаления микроорганизмов или биологического ила, или для удаления неорганических отложений, и т.п.); продолжительности чистки (напр., примерно сутки); частоты чисток (напр., каждые несколько месяцев); превышения частотой чисток расчетной величины; или их комбинации.

Таким образом, тенденции загрязнения вместе с тенденциями, касающимися узких мест производства слабоминерализованной или умягченной воды (напр., умягченной воды с уменьшенным содержанием сульфатов), и потребности в слабоминерализованной или умягченной воде, могут использоваться для определения (прогнозирования) срока выполнения и/или планирования чистки, так чтобы можно было иметь возможность вмешательства в то время, когда может происходить снижение производства, связанное с выводом из эксплуатации одной или более групп мембран для их чистки.

В одном или в нескольких вариантах тенденции, отслеживаемые в блоке 102, могут использоваться для выбора подходящей стандартной процедуры чистки в зависимости от типа загрязнения, например, имеет ли загрязнение преимущественно биологическое происхождение или представляет собой неорганические отложения. Например, как уже указывалось, процессор 65 может сравнивать отслеживаемую тенденцию с данными (напр., записанными в запоминающем устройстве 66 процессора 65) для обеспечения выходного сообщения, выводимого на дисплей 61 или передаваемого через сетевой интерфейс 62, в котором указывается возможная причина загрязнения мембран, и/или может осуществлять автоматический запуск подходящего ответного действия (напр., срок чистки батареи УФ-блока, ОО/НФ-узла, под-

ходящая стандартная процедура чистки, которая может использоваться, и т.п.). В других вариантах оператор может использовать отслеживаемую тенденцию для определения возможной причины загрязнения мембран и для запуска подходящего ответного действия. Информация, записанная в запоминающем устройстве 66, или руководство по таким действиям, может указывать, какие предупреждения являются критичными, а какие некритичными, с одновременным указанием подходящих ответных действий на различные предупреждения. Информация и/или указанное руководство может обновляться на основе работы установки.

Таким образом, в одном или в нескольких вариантах система может быть дополнительно автоматизирована для обеспечения подходящего действия в ответ на предупреждение, выработанное на основе отслеживаемой тенденции. Информация, выводимая на дисплей, может включать, например, графики для каждого узла, ряда или каждой батареи мембранных модулей. В неограничивающем варианте графики могут использоваться для отображения изменений во времени трансмембранного давления. Бактериальная пленка или биологический ил на поверхности мембран могут приводить в результате к профилям давления, отличающимся от ожидаемых профилей, связанных с неорганическими отложениями. Например, если рост бактериальной пленки может приводить к логарифмическому росту во времени трансмембранного давления, то неорганические отложения растут гораздо медленнее, и может наблюдаться простая линейная зависимость роста ТМД от времени. Таким образом, мониторинг скорости изменения трансмембранного давления (или других тенденций) для мембранных элементов узла или батареи может облегчать определение причины отклонения тенденции (напр., загрязнение, включающее биозагрязнение или неорганические отложения, повреждения мембран, и т.п.) и выбор подходящей стандартной процедуры чистки. Например, если система определяет (напр., по отслеживаемой тенденции, относящейся к постепенному росту давления на входе и/или прохождения солей), что имеют место преимущественно неорганические отложения на мембранах ОО- или НФ-узла, то эта система может автоматически выбрать и обеспечить на выходе стандартную процедуру чистки (введенную в запоминающее устройство 66 на основе рекомендаций производителя, практического опыта, и т.п.), подходящую для удаления или планирования удаления неорганических отложений. Вместо этого система может определить (напр., по отслеживаемой тенденции, относящейся к быстрому росту ДД и/или ПС), что имеет место преимущественно биологическое загрязнение ОО/НФ-узла, и в этом случае эта система могла бы выбрать и обеспечить на выходе стандартную процедуру чистки, подходящую для удаления бактерий или других микроорганизмов, биопленок и биологического ила.

В системе, содержащей два ОО-узла, как в варианте фиг. 3, могут иметь место, например, накопления разных загрязнений в каждом из двух ОО-узлов. Например, загрязнения на ОО-мембранах 31' первого ОО-узла, такого как первый ОО-узел 31А1, могут включать коллоидные частицы (неорганические или органические коллоидные частицы) и бактерии, которые могут вырабатывать биологический ил. Бактерии (или другие микроорганизмы, такие как плесневые грибки) обычно характеризуются экспоненциальным ростом на поверхности мембран. Эти загрязнения могут быть удалены с использованием способа, который отличается от способа удаления загрязнений второго ОО-узла, такого как второй ОО-узел 31А2, и/или НФ-узла, такого как НФ-узел 32А. Например, загрязнения на первом ОО-узле могут быть удалены с использованием чистящего раствора с высоким рН (щелочной раствор), который опционально включает моющее средство (поверхностно-активное вещество). Возможность формирования твердых отложений на ОО-мембранах 31' первого ОО-узла, такого как первый ОО-узел 31А1, может быть ниже по сравнению с мембранами 31' второго ОО-узла, такого как второй ОО-узел 31А2, поскольку в первый ОО-узел может подаваться морская вода (МВ) или УФ-вода, в то время во второй ОО-узел и в НФ-узел в такой конфигурации может подаваться ретентат из первого ОО-узла. Этот ретентат может иметь повышенное содержание ионов-предшественников осадка твердых отложений, таких как Ca^{2+} , Mg^{2+} и Si^{2+} , которые могут повышать вероятность отложения сульфатов или в случае Ca^{2+} , отложения карбоната кальция на мембранах 31' второго ОО-узла. Также может быть повышенная вероятность осаждения соединений кремния на мембранах 31' второго ОО-узла. Кроме того, на поверхностях мембран 31' второго ОО-узла и НФ-узла могут осаждаться окислы металлов (оксид железа, оксид марганца и оксид алюминия), присутствующие в ретентате из первого ОО-узла. На мембранах 31' первого ОО-узла могут постепенно формироваться твердые отложения. Однако временные интервалы между обработками твердых отложений могут быть существенно больше, чем для второго ОО-узла или НФ-узла в конфигурации, показанной в варианте фиг. 3. Поскольку вероятность бактериального загрязнения второго ОО-узла 31А2 может быть ниже, потому что размножение бактерий подавлено в питательной воде с более высокой минерализацией (ОО-ретентат из первого ОО-узла 31А1), по сравнению с УФ-водой, однако вероятность осаждения твердых отложений выше для питательной воды с повышением минерализации, и для него может использоваться другая процедура чистки. Например, моющая вода, используемая для второго ОО-узла 31А2 и/или НФ-узла 32А, может быть сначала кислым раствором или раствором хелатирующего агента для удаления осажденной соли кислотой или хелатирующим агентом. Поскольку в НФ-узел (так же как и во второй ОО-узел 31А2) подается ретентат из первого ОО-узла 31А1, проблемы их загрязнения могут быть одинаковыми, и модули каждой батареи, которые составляют второй узел 31А2 и НФ-узел 32А, могут быть подвергнуты одновременной чистке. Однако в одном или в нескольких вариантах мож-

но независимо изолировать модули НФ-узла, и чистку НФ-модулей/узла выполняют независимо от вторых ОО-модулей/узла. Сразу же после выбора подходящей стандартной процедуры чистки, составления графика и запуска чистки (напр., при запуске системой/инструментом и/или вручную оператором) система управления ЧНМ может осуществлять ЧНМ в автоматическом режиме. Путем мониторинга ключевых показателей работы и тенденций их изменения, как это указано в вышеприведенном примере, и ввода данных, касающихся основных причин различных тенденций изменения показателей, в запоминающее устройство 66 процессора 65, система может быть автоматизирована для обеспечения и/или запуска рекомендуемой стратегии в связи с отслеживаемыми тенденциями. Как уже указывалось, кроме ТМД, используемого в рассмотренном примере, системой/инструментом или инженером могут отслеживаться и использоваться и другие параметры для определения подходящей чистки в ответ на отслеживаемые тенденции. Например, как это было подробно описано выше, один или более параметров, измеренных УФ и/или ОО/НФ-датчиками, могут включать изменение расхода одного из потоков (напр., пермеата), изменение качества ОО-пермеата или НФ-пермеата (напр., общего содержания растворенных твердых веществ и/или концентрации одного или более конкретных ионов или типов ионов в этих потоках, и т.п.).

Таким образом, в одном или в нескольких вариантах способ, система и инструмент, раскрытые в настоящем изобретении, работают в автоматизированном режиме для сравнения отслеживаемых тенденций с данными в запоминающем устройстве 66 процессора 65 для выявления изменений различных параметров, которые указывают на различные признаки неисправности мембран, а именно, загрязнение микроорганизмами, биозагрязнение или неорганические отложения. Вместо этого или дополнительно к этому, способ, система и инструмент осуществляют мониторинг тенденций изменения одного или более параметров и обеспечивает тенденции и предупреждения в визуальной форме на дисплее и/или предупреждения по электронной почте, как это уже указывалось, и используется вмешательство оператора для определения и запуска соответствующего ответного действия.

Как уже указывалось, система может быть автоматизирована для прогнозирования, позволяющего определить оптимальный график чистки ОО-или НФ-узла блока на основе отслеживаемых тенденций и предыдущих действий (напр., количества или частоты чисток), например, на основе скорости накопления загрязнений (как это проявляется в скорости повышения трансмембранного давления или в скорости повышения давления на входе), проблем в подаче ОО- или НФ-пермеата (напр., другой узел выведен из эксплуатации для чистки или технического обслуживания) и/или изменчивости в требуемом расходе нагнетаемой слабоминерализованной (или с пониженным содержанием сульфатов), умягченной воды.

Хотя описание дается в отношении загрязнения мембран, другие неисправности, характерные для мембран, включают разрушение мембран, такое как разрыв, возникающий по причине резкого повышения давления на входе, гидролиз из-за высокой или низкой величины pH, повреждение в результате окисления (напр., под действием хлора) или неподходящей программы чистки. Это может приводить к падению ДД и к скачку концентрации в пермеате, выходящем из ОО- или НФ-узла, содержащего поврежденные мембранные элементы. Этот скачок концентрации происходит из-за того, что часть сильноминерализованной воды обходит мембраны в результате их разрыва. В этом случае может происходить неожиданное повышение прохождения солей (повышение концентрации солей в пермеате, производимом НФ- или ОО-узлом). Как уже указывалось, повышение прохождения солей может быть обнаружено в каждом узле с помощью химических датчиков. В этом случае предупреждение или состояние неисправности может включать превышение пороговой величины для ОСРТВ, концентрации сульфатов, концентрации двухвалентных катионов и т.п. потока ОО- или НФ-пермеата. В таких случаях система/инструмент может рекомендовать или запустить процедуру устранения этого состояния неисправности путем автоматической независимой отключения (изоляция) каждой батареи НФ- или ОО-узла, чтобы определить, не находятся ли неисправные мембраны только в одной батарее блока, или же, если батарея содержит группы резервуаров, работающих под давлением, с общими линиями подачи, линиями ретентата, линиями пермеата и клапанами, путем изоляции отдельных групп резервуаров в каждой батарее (напр., горизонтального ряда батареи), чтобы определить, какие группы резервуаров содержат поврежденные мембранные элементы. Затем система может дать указания по изоляции этих резервуаров и/или обеспечить указание по изоляции и замене мембранных элементов.

В случае механического повреждения мембранных элементов УФ-блока (напр., разрыв или истирание, ведущие к обходу мембран питательной водой) может быть выдано предупреждение в ответ на резкое повышение содержания взвешенных твердых частиц УФ-фильтрата, что может привести к повреждению мембранных элементов ОО/НФ-узлов О/НФ-блоков, которые расположены ниже по потоку УФ-блоков. Повышение содержания взвешенных твердых частиц может отслеживаться с помощью сетки в линиях 15 УФ-фильтрата с размером ячеек, который позволяет задерживать взвешенные частицы, проходящие в обход УФ-мембран, и с использованием УФ-датчика 40 для мониторинга давления на сетке. Вместо этого можно использовать УФ-датчик 40 для мониторинга мутности образцов УФ-фильтрата либо непосредственно на линии, либо в лаборатории. Что касается ОО/НФ-узлов, описанных выше, способ, система и инструмент, раскрытые в настоящем изобретении, могут обеспечивать автоматический анализ неисправности, чтобы определить, в каком месте УФ-блока находятся поврежденные мембраны (путем изоляции батареи блока или группы резервуаров, работающих под давлением, (напр., рядов блока) с

общими линиями подачи, линиями фильтрата и клапанами). Затем система может обеспечить предупреждение и/или указания по замене поврежденных УФ-элементов, и/или запустить процесс замены мембран.

В дополнение к загрязнению мембран и к их механическому разрушению способ, система и инструмент, раскрытые в настоящем изобретении, в одном или в нескольких вариантах могут быть автоматизированы для прогнозирования срока замены ОО/НФ-мембран по старению (химическая или физическая деградация структуры мембраны со временем). Для УФ-мембран и ОО/НФ-мембран имеются профили давления (напр., ТМД-профили для УФ-мембран и ДД-профили для ОО/НФ-мембран), которые могут указывать на повреждения (преждевременное старение). В одном или в нескольких вариантах способ, система и инструмент, раскрытые в настоящем изобретении, обеспечивают увеличение или максимизацию интервалов между чистками ЧНМ в связи с отслеживаемыми тенденциями и анализом основных причин, что может обеспечивать снижение ухудшения характеристик мембран, связанного с чистящими химическими реактивами, повреждающими мембраны в процессе ЧНМ.

В одном или в нескольких вариантах способ, система и инструмент, раскрытые в настоящем изобретении, автоматизированы для обеспечения регулярных (напр., ежедневных, еженедельных, раз в две недели, ежемесячно или ежеквартально) сообщений о запланированном выводе из работы УФ-блоков, и/или ОО- и/или НФ-модулей, определяя расчетный срок, когда должна быть выполнена чистка батареи УФ-блока или ОО- или НФ-узла. В одном или в нескольких вариантах автоматизированные способы, системы и инструменты по настоящему изобретению могут обеспечивать график чистки батареи УФ-блока, или ОО-узла или НФ-узла ОО/НФ-блока. В дополнение к текущему состоянию блока или узла (то есть к одному или более их параметрам) при планировании может также учитываться выведение из работы также и других УФ-батареи или блоков, или ОО- и/или НФ-узлов для технического обслуживания или чистки.

В настоящем изобретении также раскрыт способ мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации и умягчения воды, содержащей ОО-мембраны, НФ-мембраны или их комбинацию. Такой способ будет описан ниже со ссылками на фиг. 4, на которой приведена блок-схема стадий способа II мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию, в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения. Способ может включать определение (прогнозирование) на стадии 100 для одного или более ОО/НФ-блоков расчетного срока чистки на месте (ЧНМ) одного или более ОО/НФ-блоков, каждый из которых содержит один или более ОО/НФ-узлов, каждый из которых содержит ОО-модули, каждый из которых содержит множество ОО-мембран, а также НФ-модули, каждый из которых содержит множество НФ-мембран, или их комбинацию, и способ может также включать планирование и/или запуск или выполнение чисток ЧНМ на одном или более ОО/НФ-блоках, как указано на стадии 110. Как уже указывалось в отношении контроллера 60, показанного на фиг. 1, прогнозирование на стадии 100 может включать определение и/или мониторинг одного или более ОО/НФ-параметров на стадии 102, сравнение каждого из одного или более ОО/НФ-параметров с пороговой величиной, которая указывает срок выполнения чистки на месте (ЧНМ) ОО/НФ-блока на основе этого параметра, оценку на стадии 103 момента времени, когда каждый из одного или более ОО/НФ-параметров достигнет пороговой величины, и определение на стадии 104 в качестве расчетного срока, который указывается для чистки на месте (ЧНМ) одного или более ОО/НФ-блоков, ближайшего момента времени из расчетных моментов времени, к которому каждый из одного или более ОО/НФ-параметров достигнет его пороговой величины. Сравнение и мониторинг одного или более ОО/НФ-параметров может выполняться, как это было уже описано в отношении прогнозирующей системы I для мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей УФ-мембраны, ОО-мембраны, НФ-мембраны или их комбинацию.

Планирование чисток ЧНМ для одного или более ОО/НФ-блоков может быть осуществлено с учетом расчетной продолжительности ОО/НФ-ЧНМ, доступности одного или более блоков ЧНМ, потребности производства в воде из установки (напр., потребность в слабоминерализованной или умягченной воде, используемой для ПНО), прогнозируемого срока чистки, указанного для одного или более ОО/НФ-блоков, или их комбинации, так что планирование обеспечивает возможность обеспечения потребности производства в воде во время чистки одного или более ОО/НФ-блоков, и гарантированно количество блоков ЧНМ, необходимых для запланированных ЧНМ, меньше количества имеющихся блоков ЧНМ. Поскольку количество блоков ЧНМ может быть ограничено (напр., на платформе), то при планировании ЧНМ в одном или в нескольких вариантах может учитываться количество имеющихся блоков ЧНМ.

В одном или в нескольких вариантах определение и/или мониторинг, сравнение и прогнозирование выполняются контроллером 60, содержащим процессор 65, описанный со ссылками на вариант фиг. 1.

В настоящем изобретении также раскрыта вычислительная система, обеспечивающая мониторинг загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей УФ-мембраны, ОО-мембраны, НФ-мембраны и их комбинацию. Система содержит контроллер 60, содержащий процессор 65, как это уже было описано в настоящем изобретении. Как показано на фиг. 1, процессор 65 сконфигурирован для приема на стадии 101 входных данных. Например, процессор 65 может принимать в качестве входных данных температуру на входе, давление на входе, давление на выходе, расход или их комби-

нацию для одного или более УФ-блоков; принимать в качестве входных данных температуру на входе, давление на входе, давление на выходе, расход на входе, расход пермеата, общее содержание растворенных твердых веществ (ОСРТВ) в потоках пермеата или их комбинацию для одного или более ОО/НФ-блоков; или их комбинации. Процессор 65 может быть также сконфигурирован для использования на стадии 102 входных данных: для одного или более УФ-блоков для определения и/или мониторинга одного или более УФ-параметров; для одного или более ОО/НФ-блоков для определения и/или мониторинга одного или более ОО/НФ-параметров; или их комбинации. Процессор 65 может также обеспечивать сравнение на стадии 103: каждого из одного или более УФ-параметров с его пороговой величиной, которая указывает момент времени, в который необходимо будет выполнить чистку на месте (ЧНМ) УФ-блока, и определять расчетный момент времени, к которому каждый из одного или более параметров УФ-блока достигнет его пороговой величины; каждого из одного или более ОО/НФ-параметров с его пороговой величиной, которая указывает момент времени, в который необходимо будет выполнить чистку на месте (ЧНМ) ОО/НФ-блока, и определять расчетный момент времени, к которому каждый из одного или более ОО/НФ-параметров ОО/НФ-блока достигнет его пороговой величины; или их комбинации. Процессор 65 может быть также сконфигурирован для определения на стадии 104 расчетного срока, для которого указывается чистка на месте (ЧНМ) каждого из одного или более ОО/НФ-блоков, УФ-блоков, или и тех и других, как ближайшего срока, выбранного из расчетных сроков, к которым каждый из одного или более ОО/НФ-параметров или УФ-параметров, соответственно, достигнет его пороговой величины.

Как уже указывалось в отношении прогнозирующей системы I варианта, показанного на фиг. 1, контроллер 60 может также включать дисплей или интерфейс 61 пользователя, сетевой интерфейс 62, или и то и другое, причем процессор 65 может обеспечивать на выходе отображаемые данные по меньшей мере для одного из одного или более УФ-параметров, из одного или более ОО/НФ-параметров, или из их комбинации, предупреждение, передаваемое по электронной почте, в котором указывается, что по меньшей мере один из одного или более УФ-параметров, из одного или более ОО/НФ-параметров, или из их комбинации достиг уровня предупреждения или превысил его, или и то и другое.

Один или более УФ-параметров, а также один или более ОО/НФ-параметров могут быть параметрами, описанными подробно выше в отношении варианта, показанного на фиг. 1. Как уже указывалось, процессор 65 может также обеспечивать возможность мониторинга тенденции изменения одного или более УФ-параметров, одного или более ОО/НФ-параметров или их комбинации, и сравнения отслеживаемой тенденции с данными, записанными в запоминающем устройстве 66 процессора 65 для обеспечения на выходе информации, указывающей возможную причину загрязнения мембран УФ-блока и/или ОО/НФ-блока, для которого указывается ЧНМ. Процессор 65 может быть также сконфигурирован для обеспечения рекомендуемого графика выполнения чисток ЧНМ и/или их запуска на одном или более из одного или более УФ-блоков, на одном или более из одного или более ОО/НФ-блоков или на их комбинации на основании данных, введенных в запоминающее устройство 66 процессора, с учетом расчетной продолжительности ЧНМ для УФ-блоков и/или ЧНМ для ОО/НФ-блоков, доступности одного или более блоков ЧНМ, потребности производства в воде из установки деминерализации или умягчения воды, прогнозируемого момента времени, указанного для чистки одного или более из одного или более УФ-блоков, одного или более из одного или более ОО/НФ-блоков, или их комбинации, или комбинации вышеуказанных факторов.

Способ, система и инструмент прогнозирования, раскрытые в настоящем изобретении, могут использоваться для мониторинга и поддержания работы мембран в установке деминерализации и умягчения воды. Способ, система и инструмент прогнозирования, раскрытые в настоящем изобретении, используют программное обеспечение процессора для мониторинга работы, чтобы взаимодействовать с УФ-и/или с ОО/НФ-датчиками, такими как датчики давления, датчики расхода в узлах или в батареях, и датчики, которые определяют изменения во времени состава (напр., ОСРТВ или концентрации отдельных ионов или типов отдельных ионов) пермеата и/или ретентата/концентрата. В одном или в нескольких вариантах программное обеспечение для мониторинга работы обеспечивает информацию (напр., графики, предупреждения и/или другие типы информации) для визуального указания характеристик работы узлов, батарей или рядов каждого блока. Такая графическая или другая информация, отображаемая на дисплее, может обеспечивать возможность оператору или инженеру узнать, что происходит на поверхности мембран, и определить, какую стандартную процедуру чистки использовать, или, в одном или в нескольких вариантах, процессор может выполнять анализ основной причины тенденций изменений отслеживаемых параметров, чтобы обеспечить или запустить подходящие ответные действия.

Процессор может осуществлять мониторинг и/или выделять тенденции изменений одного или более УФ- или ОО/НФ-параметров. Инструмент мониторинга характеристик работы обеспечивает прогнозирование момента времени, когда ситуация станет недопустимой (а именно, будет достигнута максимальная допустимая или пороговая величина). Этот может обеспечивать возможность пользователю или контроллеру определять время запуска процесса чистки. Инструмент мониторинга характеристик работы может прогнозировать на некоторый временной интервал, например на 30 дней (а именно, обеспечивать прогноз скорости изменения одного или более отслеживаемых параметров) и может планировать или запускать чистку в определенном временном интервале. При определении расчетного времени для чист-

ки могут учитываться прогнозы по изменению во времени количества слабоминерализованной или умягченной нагнетаемой воды, требуемой для системы нагнетания, и узкие места в производстве слабоминерализованной нагнетаемой воды (напр., выведение узла из эксплуатации для проведения технического обслуживания или имеющийся план по чистке другого узла) и т.п. Таким образом, чистка может быть выполнена в то время, когда потребность в нагнетаемой воде уменьшается, или когда отсутствуют ожидаемые узкие места в производстве воды.

Обеспечивая возможность мониторинга ключевых показателей работы и тенденций их изменения, способ, система и инструмент, раскрытые в настоящем изобретении, могут помогать в управлении мембранами, потенциально снижая частоту ЧНМ и, соответственно, замедляя старение мембран и увеличивая время их безотказной работы.

Вышеописанные конкретные варианты являются лишь иллюстративными примерами, поскольку настоящее изобретение может быть модифицировано и осуществлено на практике в разных, но эквивалентных формах, очевидных специалистам в данной области техники после ознакомления с настоящей заявкой. Кроме того, никакие ограничения не накладываются на элементы конструкции или устройства, раскрытых в настоящем описании, за исключением ограничений, указанных в нижеприведенной формуле. Поэтому очевидно, что вышеописанные иллюстративные варианты могут быть изменены или модифицированы, и такие измененные варианты считаются не выходящими за пределы объема и сущности настоящего изобретения. Альтернативные варианты, полученные в результате объединения, включения и/или исключения каких-либо признаков этих вариантов также охватываются объемом настоящего изобретения. Хотя составы и способы описываются терминами, имеющими более широкое значение, такими как "имеющий", "содержащий" или "включающий", однако различные компоненты или стадии, составы и способы могут также "состоять по существу из" или состоять из различных компонентов или стадий. Используемый термин "опционально" в отношении какого-либо пункта формулы означает, что элемент необходим, или альтернативно, элемент не является необходимым, причем обе альтернативы охватываются объемом этого пункта.

Вышеуказанные численные характеристики и их диапазоны могут варьироваться в некоторых пределах. Всякий раз, когда указывается численный диапазон с нижним пределом и верхним пределом, то подразумевается, что указывается также любое число и любой диапазон, попадающие в указанный численный диапазон. В частности, каждый диапазон величин (в форме "от примерно 'a' до примерно 'b'", или в эквивалентной форме "от приблизительно 'a' до приблизительно 'b'", или в эквивалентной форме "от приблизительно a-b"), указанный в настоящем изобретении, должен пониматься задающим любое число и любой диапазон, находящиеся внутри более широкого диапазона величин. Далее, термины в формуле имеют их очевидное, обычное значение, если заявителем не указано четко и ясно иное. Кроме того, в заявке подразумевается, что неопределенные артикли, используемые в формуле, означают один или более одного элемента, который указан с этим артиклем. Если возникает какой-либо конфликт в употреблении слова или термина в настоящем описании и в каких-либо патентах или в других документах, должны быть приняты определения, которые согласуются с настоящим описанием.

Различные варианты осуществления систем и способов, раскрытых в настоящем описании, могут включать (без ограничения) нижеследующее.

А. Прогнозирующую систему для мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию, причем система содержит: один или более УФ-блоков, содержащих УФ-модули, каждый из которых содержит множество УФ-мембран; один или более ОО/НФ-блоков, содержащих один или более ОО/НФ-узлов, каждый из которых содержит ОО-модули, каждый из которых содержит множество ОО-мембран, НФ-модули, каждый из которых содержит множество НФ-мембран; или их комбинацию; УФ-датчики, сконфигурированные для измерения одного или более из температуры на входе, давления на входе, давления на выходе, расхода или их комбинации для каждого из одного или более УФ-блоков; ОО/НФ-датчики, сконфигурированные для измерения температуры на входе, давления подаваемого потока, давления на выходе, расхода подаваемого потока, расхода пермеата, общего содержания растворенных твердых веществ (ОСРТВ) в потоке пермеата или их комбинации для каждого из одного или более ОО/НФ-блоков; и контроллер, содержащий процессор, обменивающийся сигналами с УФ-датчиками, ОО/НФ-датчиками или с их комбинацией, причем контроллер сконфигурирован для: приема данных от одного или более УФ-датчиков, ОО/НФ-датчиков, или и от тех и от других; определения, используя данные от одного или более УФ-датчиков, для каждого из одного или более УФ-блоков, одного или более УФ-параметров; сравнения каждого из одного или более УФ-параметров с первой пороговой величиной, которая указывает срок выполнения чистки на месте (ЧНМ) УФ-блока; определения расчетного момента времени, к которому один или более УФ-параметров достигнут первой пороговой величины; определения, используя данные от одного или более ОО/НФ-датчиков, одного или более ОО/НФ-параметров; сравнения каждого из одного или более ОО/НФ-параметров со второй пороговой величиной, которая указывает срок выполнения чистки на месте (ЧНМ) ОО/НФ-блока; и определения расчетного момента времени, к которому один или более ОО/НФ-параметров достигнут второй пороговой величины.

В. Способ мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию, причем способ включает: определение (прогнозирование) для одного или более ОО/НФ-блоков расчетного срока чистки на месте (ЧНМ) одного или более ОО/НФ-блоков, каждый из которых содержит один или более ОО/НФ-узлов, каждый из которых содержит ОО-модули, каждый из которых содержит множество ОО-мембран, а также НФ-модули, каждый из которых содержит множество НФ-мембран, или их комбинацию, причем прогнозирование включает: расчет и/или мониторинг одного или более ОО/НФ-параметров, сравнение каждого из одного или более ОО/НФ-параметров с пороговой величиной, которая указывает срок выполнения чистки на месте (ЧНМ) ОО/НФ-блока на основе этого параметра, определение момента времени, когда каждый из одного или более ОО/НФ-параметров достигнет своей пороговой величины, и определение в качестве расчетного срока, который указывается для чистки на месте (ЧНМ) одного или более ОО/НФ-блоков, ближайшего срока из расчетных моментов времени, к которым каждый из одного или более ОО/НФ-параметров достигнет его пороговой величины.

С. Вычислительную систему, обеспечивающую мониторинг загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию, причем система содержит: контроллер, содержащий процессор, сконфигурированный для: приема входных данных: для одного или более УФ-блоков, содержащих УФ-модули, каждый из которых содержит множество УФ-мембран: температуры на входе, давления на входе, давления на выходе, расхода или их комбинации; для одного или более ОО/НФ-блоков, содержащих один или более ОО/НФ-узлов, каждый из которых содержит ОО-модули, каждый из которых содержит множество ОО-мембран, НФ-модули, каждый из которых содержит множество НФ-мембран, или их комбинацию: температуры на входе, давления подаваемого потока, давления на выходе, расхода подаваемого потока, расхода пермеата, общего содержания растворенных твердых веществ (ОСРТВ) в потоках пермеата или их комбинации для каждого из одного или более ОО/НФ-блоков; или их комбинации, с использованием этих входных данных: для одного или более УФ-блоков для определения и/или мониторинга одного или более УФ-параметров; для одного или более ОО/НФ-блоков для определения и/или мониторинга одного или более ОО/НФ-параметров; или их комбинации; для: сравнения каждого из одного или более УФ-параметров с первой пороговой величиной для этого параметра, которая указывает срок выполнения чистки на месте (ЧНМ) УФ-блока, и определения расчетного момента времени, к которому каждый из одного или более УФ-параметров достигнет его первой пороговой величины; сравнения каждого из одного или более ОО/НФ-параметров со второй пороговой величиной для этого параметра, которая указывает срок выполнения чистки на месте (ЧНМ) ОО/НФ-блока, и определения расчетного момента времени, к которому каждый из одного или более ОО/НФ-параметров достигнет его второй пороговой величины, или их комбинации; и определения в качестве расчетного срока, который указывается для чистки на месте (ЧНМ) каждого из одного или более ОО/НФ-блоков, УФ-блоков или и тех и других, ближайшего из расчетных моментов времени, к которым каждый из одного или более ОО/НФ-параметров или УФ-параметров достигнет его второй пороговой величины или его первой пороговой величины, соответственно.

Каждый из вариантов А, В и С может содержать один или более следующих дополнительных элементов.

Элемент 1, в котором контроллер также включает дисплей, сетевой интерфейс, или и то и другое, причем процессор может быть сконфигурирован для обеспечения на выходе отображаемого предупреждения по меньшей мере для одного из одного или более УФ-параметров, из одного или более ОО/НФ-параметров, или из их комбинации, и предупреждение, передаваемое по электронной почте, в котором указывается, что по меньшей мере один из одного или более УФ-параметров, из одного или более ОО/НФ-параметров, или из их комбинации достиг уровня предупреждения или превысил его, или и то и другое. Элемент 2, в котором контроллер также сконфигурирован для: обеспечения непрерывного отображения отображаемого параметра, и предупреждение обеспечивает визуальное указание того, насколько близко величина отображаемого параметра подошла к пороговой величине для этого параметра. Элемент 3, в котором контроллер сконфигурирован для обеспечения величины отображаемого параметра, которая не превышает уровня предупреждения для этого параметра. Элемент 4, в котором контроллер сконфигурирован для определения степени загрязнения на основе по меньшей мере одного из каждого одного или более параметров или на основе среднего изменения этого параметра на протяжении временного интервала загрязнения, и контроллер сконфигурирован для определения расчетного времени достижения этим параметром блока пороговой величины путем деления разницы между текущей величиной параметра и его пороговой величиной на среднее изменение параметра на протяжении временного интервала загрязнения. Элемент 5, в котором скорость загрязнения включает скорость загрязнения на основе дифференциального давления (ДД), вычисленная на основе среднего увеличения нормализованного ДД на протяжении временного интервала загрязнения, и расчетное время достижения пороговой величины ДД определяется путем деления разницы между текущим ДД и пороговым ДД на скорость загрязнения на основе среднего ДД. Элемент 6, в котором контроллер также может обеспечивать мониторинг

тенденции изменения одного или более УФ-параметров, одного или более ОО/НФ-параметров или их комбинации, и сравнение отслеживаемой тенденции изменения с данными, записанными в его запоминающем устройстве, для обеспечения на выходе информации, указывающей возможную причину загрязнения мембран. Элемент 7, в котором контроллер также сконфигурирован для обеспечения рекомендуемого графика выполнения чисток ЧНМ на одном или более УФ-блоков, на одном или более ОО/НФ-блоков или на их комбинации на основании данных, введенных в запоминающее устройство контроллера, с учетом расчетной продолжительности ЧНМ для УФ-блоков и/или ЧНМ для ОО/НФ-блоков, доступности одного или более блоков ЧНМ, потребности производства в воде из установки деминерализации или умягчения воды, прогнозируемого времени, указанного для чистки каждого из одного или более УФ-блоков, из одного или более ОО/НФ-блоков, или из их комбинации, или комбинации вышеуказанных факторов. Элемент 8, в котором один или более УФ-параметров, выбирают из: нормализованного расхода входного потока, нормализованного трансмембранного давления (ТМД), наибольшего нормализованного ТМД на опорном временном интервале ТМД, потока через блок, удельного потока через блок, вычисляемого делением расхода на единицу поверхности на величину ТМД, удельного потока с температурной поправкой (УПТП), наименьшего удельного потока за опорный временной интервал для наименьшего удельного потока, частоты противоточных промывок (ПТП), частоты ПТПХР, повышения ТМД после стандартно запланированной противоточной промывки с химическими реагентами (ПТПХР), количества ЧНМ (чисток на месте) за опорный временной интервал ЧНМ, объема жидкости, введенной в УФ-блок в процессе ПТП или ПТПХР, продолжительности ПТП, скорости спада давления (ССД), скорости повышения давления, или комбинации указанных параметров; а один или более ОО/НФ-параметров выбирают из: нормализованного давления на входе для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного расхода потока на входе для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного дифференциального давления (ДД) для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, фактически действующего давления (ФДД, которое равно давлению потока на входе минус осмотическое давление и обратное давление пермеата) для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, выхода очищенной воды, равного расходу пермеата, деленному на расход потока на входе, для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, средней величины ОСРТВ в пермеате, выходящем из каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного прохождения солей (ПС) для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного расхода пермеата для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, скорости загрязнения для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, частоты ЧНМ для каждого из ОО/НФ-блоков, отклонения ОСРТВ блока, которое представляет собой разницу между величиной ОСРТВ на входе ОО/НФ-блока и величиной ОСРТВ на выходе одного или более других ОО/НФ-блоков, или их комбинации; или комбинации указанных параметров. Элемент 9, в котором один или более УФ-параметров включают наименьший удельный поток за опорный временной интервал для наименьшего удельного потока, причем опорный временной интервал для наименьшего удельного потока равен 24 ч, опорный временной интервал для ТМД равен 24 ч, плановая регулярность проведения ПТПХР - раз в сутки, опорный временной период для ЧНМ - три месяца, или их комбинации. Элемент 10, в котором один или более УФ-параметров включают наименьший удельный поток, объем жидкости, введенной в УФ-блок в процессе ПТП или ПТПХР, частоту ПТП или их комбинацию. Элемент 11, в котором один или более ОО/НФ-параметров выбирают из скорости загрязнения, частоты чисток ЧНМ, отклонения величины ОСРТВ блока, или из их комбинации. Элемент 12, в котором нормализованный расход входного потока - это расход, нормализованный относительно опорной температуры и/или опорного фактически действующего давления, нормализованное давление на входе - это давление, нормализованное относительно опорного расхода, нормализованное ПС - это ПС, нормализованное относительно опорного расхода и опорной температуры, нормализованное ТМД - это ТМД, нормализованное относительно опорного расхода, нормализованное ДД - это ДД, нормализованное относительно опорного расхода и опорной температуры, нормализованный расход пермеата - это расход пермеата, нормализованный относительно опорной температуры и опорного ФДД, или их комбинация, и опорная температура, опорный расход, опорное фактически действующее давление или их комбинация - это величины, действующие в первый день работы. Элемент 13, в котором частота ПТПХР представляет собой количество ПТПХР за 7 дней, частота чисток ЧНМ для каждого из ОО/НФ-блоков представляет собой количество чисток ЧНМ за один год, частота ПТП представляет собой количество ПТП за 24 ч, или их комбинация.

Элемент 14, в котором сравнение включает также определение скорости загрязнения на основе по меньшей мере одного из одного или более ОО/НФ-параметров путем вычисления среднего изменения этого параметра на протяжении временного интервала загрязнения, и определение расчетного момента времени, к которому указанный по меньшей мере один параметр достигнет его пороговой величины, путем деления разницы между текущей величины указанного по меньшей мере одного параметра и пороговой величиной для этого параметра на скорость загрязнения на основе этого параметра. Элемент 15, в котором один или более параметров включают нормализованное дифференциальное давление (ДД), причем скорость загрязнения включает скорость загрязнения на основе ДД, вычисленную на основе среднего увеличения нормализованного ДД на протяжении временного интервала загрязнения, и расчетное время достижения пороговой величины ДД определяется путем деления разницы между текущим ДД и

пороговой величиной ДД на скорость загрязнения на основе среднего ДД. Элемент 16, в котором мониторинг включает мониторинг тенденции изменения одного или более ОО/НФ-параметров для определения возможной причины загрязнения мембран. Элемент 17, включающий также планирование чисток ЧНМ для одного или более ОО/НФ-блоков, осуществляемое с учетом расчетной продолжительности ОО/НФ-ЧНМ, доступности одного или более блоков ЧНМ, потребности производства в воде из установки, расчетного срока чистки, указанного для одного или более ОО/НФ-блоков, или их комбинации, так что планирование позволяет обеспечивать потребность производства в воде во время чистки одного или более ОО/НФ-блоков, причем гарантированно количество блоков ЧНМ, необходимых для запланированных чисток ЧНМ, меньше количества имеющихся блоков ЧНМ. Элемент 18, в котором функции расчета и/или мониторинга, сравнения и прогнозирования выполняются контроллером, содержащим процессор. Элемент 19, в котором один или более ОО/НФ-параметров, выбирают из нормализованного давления на входе для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного расхода потока на входе для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного дифференциального давления (ДД) для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, фактически действующего давления (ФДД), которое равно давлению потока на входе минус осмотическое давление и обратное давление пермеата для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, выхода очищенной воды, равного расходу пермеата, деленному на расход потока на входе, для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, величины ОСРТВ в пермеате, выходящем из каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного прохождения солей (ПС) для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного расхода пермеата для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, скорости загрязнения для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, частоты ЧНМ для каждого из одного или более ОО/НФ-блоков, отклонения ОСРТВ блока, которое представляет собой разницу между величиной ОСРТВ на выходе ОО/НФ-блока и величиной ОСРТВ одного или более других ОО/НФ-блоков, или комбинации указанных параметров. Элемент 20, в котором один или более ОО/НФ-параметров выбирают из скорости загрязнения одного или более ОО/НФ-узлов, частоты чисток ЧНМ на один ОО/НФ-блок, отклонения величины ОСРТВ блока, или из их комбинации. Элемент 21, в котором нормализованное давление на входе - это давление на входе, нормализованное относительно опорного расхода, нормализованный расход входного потока - это расход входного потока, нормализованный относительно опорной температуры и/или ФДП, нормализованное ПС - это ПС, нормализованное относительно опорного расхода и опорной температуры, нормализованное ДД - это ДД, нормализованное относительно опорной температуры и опорного расхода, нормализованный расход пермеата - это расход пермеата, нормализованный относительно опорной температуры и опорного ФДД, или их комбинация, и опорная температура, опорный расход, опорное фактически действующее давление или их комбинация - это величины, действующие в первый день работы. Элемент 22, в котором частота чисток ЧНМ для каждого из одного или более ОО/НФ-блоков - это количество ЧНМ в год.

Элемент 23, в котором скорость загрязнения для каждого из одного или более УФ-параметров, из одного или более ОО/НФ-параметров, или из их комбинации вычисляется на основе среднего изменения этого параметра на протяжении временного интервала загрязнения, и определение расчетного времени достижения этим параметром блока пороговой величины осуществляется путем деления разницы между текущей величиной параметра и его пороговой величиной на среднее изменение этого параметра на протяжении временного интервала загрязнения. Элемент 24, в котором процессор может также обеспечивать возможность мониторинга (отслеживания) тенденции изменения одного или более УФ-параметров, одного или более ОО/НФ-параметров или их комбинации, и сравнения отслеживаемой тенденции с данными, записанными в запоминающем устройстве процессора для обеспечения на выходе информации, указывающей возможную причину загрязнения мембран УФ-блока и/или ОО/НФ-блока, для которого указана ЧНМ. Элемент 25, в котором процессор сконфигурирован также для обеспечения рекомендуемого графика выполнения чисток ЧНМ на одном или более из одного или более УФ-блоков, на одном или более из одного или более ОО/НФ-блоков или на их комбинации на основании данных, введенных в запоминающее устройство процессора, с учетом расчетной продолжительности ЧНМ для УФ-блоков и/или ЧНМ для ОО/НФ-блоков, доступности одного или более блоков ЧНМ, потребности производства в воде из установки деминерализации или умягчения воды, расчетного срока, указанного для чистки одного или более из одного или более УФ-блоков, одного или более из одного или более ОО/НФ-блоков, или их комбинации, или комбинации вышеуказанных факторов. Элемент 26, в котором один или более УФ-параметров включают наименьший удельный поток, объем жидкости, введенной в УФ-блок в процессе ПТП или ПТПХР, частоту ПТП или их комбинацию. Элемент 27, в котором один или более ОО/НФ-параметров выбирают из скорости загрязнения, частоты чисток ЧНМ, отклонения величины ОСРТВ блока, или из их комбинации. Элемент 28, в котором опорный временной интервал для наименьшего удельного потока равен 24 ч, опорный временной интервал для ТМД равен 24 ч, плановая регулярность проведения ПТПХР - раз в сутки, опорный временной период для ЧНМ - три месяца, или их комбинация. Элемент 29, в котором опорная температура, опорный расход, опорное фактически действующее давление или их комбинация - это величины, действующие в первый день работы. Элемент 30, в котором частота ПТПХР представляет собой количество ПТПХР за 7 дней, частота чисток ЧНМ для каждого из ОО/НФ-блоков представляет собой количество чисток ЧНМ за один год, частота ПТП представляет собой коли-

чество ПТП за 24 ч, или их комбинация.

В то время как в настоящем описании описаны конкретные варианты осуществления изобретения, специалист в данной области техники может предложить их модификации без отступления от идеи изобретения.

Различные другие модификации, эквиваленты и альтернативы станут очевидными специалистам в данной области техники после полного ознакомления с вышеприведенным описанием. Предполагается, что нижеприведенная формула должна рассматриваться как охватывающая такие модификации, эквиваленты и альтернативы, когда это применимо. Соответственно, объем охраны не ограничивается вышеприведенным описанием, а ограничивается только нижеприведенной формулой, причем объем включает эквиваленты объекта изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Автоматизированная прогнозирующая система для управления путем мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию, содержащая

один или более УФ-блоков, содержащих несколько УФ-модулей, каждый из которых содержит множество УФ-мембран;

один или более ОО/НФ-блоков, содержащих один или более ОО/НФ-узлов, каждый из которых содержит по меньшей мере один ОО-узел, включающий несколько ОО-мембран, каждый из которых содержит множество ОО-мембран, по меньшей мере один НФ-узел, включающий несколько НФ-мембран, каждый из которых содержит множество НФ-мембран, или комбинацию указанных узлов, причем по меньшей мере один из упомянутых одного или более ОО/НФ-узлов включает один или более НФ-узлов, сообщающихся по текучей среде с одним или более ОО-узлами с возможностью подачи ОО-концентрата из одного или более ОО-узлов в один или более НФ-узлов;

УФ-датчики, сконфигурированные для измерения одного или более из температуры на входе, давления на входе, давления на выходе, расхода или их комбинации для каждого из одного или более УФ-блоков;

ОО/НФ-датчики, сконфигурированные для измерения температуры на входе, давления на входе, давления на выходе, расхода входного потока, расхода пермеата, общего содержания растворенных твердых веществ (ОСРТВ) в потоке пермеата или их комбинации для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов; или

их комбинацию; и

контроллер для автоматизации, содержащий процессор, связанный для обмена сигналами с УФ-датчиками, с ОО/НФ-датчиками или с их комбинацией, причем контроллер сконфигурирован для приема данных от одного или более УФ-датчиков, ОО/НФ-датчиков или и от тех и других;

вычисления, используя данные, полученные от одного или более УФ-датчиков, одного или более УФ-параметров для каждого из одного или более УФ-блоков;

сравнения каждого из одного или более УФ-параметров с первой пороговой величиной, которая указывает срок, когда должна быть выполнена чистка на месте (ЧНМ) УФ-блока;

прогнозирования расчетного момента времени, к которому один или более УФ-параметров достигнет первой пороговой величины;

вычисления, используя данные, полученные от одного или более ОО/НФ-датчиков, одного или более ОО/НФ-параметров;

сравнения каждого из одного или более ОО/НФ-параметров со второй пороговой величиной, которая указывает срок, когда должна быть выполнена чистка на месте (ЧНМ) ОО/НФ-блока; и

прогнозирования расчетного момента времени, к которому один или более ОО/НФ-параметров достигнет второй пороговой величины,

причем контроллер дополнительно обеспечивает мониторинг тенденции изменения одного или более УФ-параметров, одного или более ОО/НФ-параметров или их комбинации, и сравнение отслеживаемой тенденции изменения с данными, записанными в запоминающем устройстве контроллера для обеспечения на выходе информации, указывающей возможную причину загрязнения мембран.

2. Система по п.1, в которой контроллер дополнительно содержит дисплей, сетевой интерфейс или и то и другое, причем процессор сконфигурирован для обеспечения на выходе информации по меньшей мере для одного из одного или более УФ-параметров, из одного или более ОО/НФ-параметров или из их комбинации, предупреждения, передаваемого по электронной почте, указывающего, что по меньшей мере один из одного или более УФ-параметров, из одного или более ОО/НФ-параметров или из их комбинации достиг уровня предупреждения, или превысил его, или и то и другое.

3. Система по п.2, в которой контроллер дополнительно сконфигурирован для обеспечения непрерывного отображения отображаемого параметра.

4. Система по п.3, в которой контроллер сконфигурирован для обеспечения отображения первого

предупреждения, когда величина отображаемого параметра превышает пороговый уровень, однако меньше или равна уровню предупреждения для этого параметра.

5. Система по п.1, в которой контроллер сконфигурирован для вычисления скорости загрязнения на основе по меньшей мере одного из каждого одного или более параметров или среднего изменения этого параметра на протяжении временного интервала загрязнения, и контроллер сконфигурирован для прогнозирования расчетного времени достижения блоком пороговой величины для этого параметра путем деления разницы между текущей величиной параметра и его пороговой величиной на среднее изменение параметра на протяжении временного интервала загрязнения.

6. Система по п.5, в которой скорость загрязнения включает скорость загрязнения на основе дифференциального давления (ДД), вычисленную на основе среднего увеличения нормализованного ДД на протяжении временного интервала загрязнения, и время достижения пороговой величины ДД рассчитывается путем деления разницы между текущим ДД и пороговой величиной ДД на скорость загрязнения на основе среднего ДД.

7. Система по п.1, в которой контроллер дополнительно сконфигурирован для обеспечения рекомендуемого графика выполнения чисток ЧНМ на одном или более УФ-блоках, на одном или более ОО/НФ-блоках или на их комбинации на основании данных, введенных в запоминающее устройство контроллера, с учетом расчетной продолжительности ЧНМ для УФ-блоков и/или ЧНМ для ОО/НФ-блоков, доступности одного или более блоков ЧНМ, потребности производства в воде из установки деминерализации или умягчения воды, прогнозируемого срока чистки каждого из одного или более УФ-блоков, из одного или более ОО/НФ-блоков или из их комбинации.

8. Система по п.1, в которой

один или более УФ-параметров, выбран из нормализованного расхода входного потока, нормализованного трансмембранного давления (ТМД), наибольшего нормализованного ТМД на опорном временном интервале для ТМД, потока через блок, удельного потока через блок, вычисляемого делением расхода на единицу поверхности на величину ТМД, удельного потока с температурной поправкой, наименьшего удельного потока за опорный временной интервал для наименьшего удельного потока, частоты противоточных промывок (ПТП), частоты ПТПХР, повышения ТМД после стандартно запланированной противоточной промывки с химическими реагентами (ПТПХР), количества чисток ЧНМ за опорный временной интервал для ЧНМ, объема жидкости, введенной в УФ-блок в процессе ПТП или ПТПХР, продолжительности ПТП, скорости спада давления (ССД), скорости повышения давления, или из их комбинации;

а один или более ОО/НФ-параметров, выбраны из нормализованного давления на входе для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного расхода входного потока для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного дифференциального давления (ДД) для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, фактически действующего давления (ФДД), которое равно давлению на входе минус осмотическое давление и обратное давление пермеата, для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, выхода очищенной воды, равного расходу пермеата, деленному на расход входного потока, для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, средней величины ОСРТВ в пермеате, выходящем из каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного прохождения солей (ПС) для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного расхода пермеата для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, скорости загрязнения для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, частоты чисток ЧНМ для каждого из ОО/НФ-блоков, отклонения ОСРТВ блока, которое представляет собой разницу между величиной ОСРТВ на выходе ОО/НФ-блока и величиной ОСРТВ на выходе одного или более других ОО/НФ-блоков, или из их комбинации;

или их комбинация.

9. Система по п.8, в которой один или более УФ-параметров включают наименьший удельный поток за опорный временной интервал для наименьшего удельного потока, причем опорный временной интервал для наименьшего удельного потока равен 24 ч, опорный временной интервал для ТМД равен 24 ч, плановая регулярность проведения ПТПХР - раз в сутки, опорный временной период для ЧНМ равен трем месяцам, или их комбинация.

10. Система по п.8, в которой один или более УФ-параметров включают наименьший удельный поток, объем жидкости, введенной в УФ-блок в процессе ПТП или ПТПХР, частоту ПТП или их комбинацию.

11. Система по п.8, в которой один или более ОО/НФ-параметров выбраны из скорости загрязнения, частоты чисток ЧНМ, отклонения величины ОСРТВ блока или из их комбинации.

12. Система по п.8, в которой нормализованный расход входного потока - это расход, нормализованный относительно опорной температуры и/или фактически действующего давления, нормализованное давление на входе - это давление, нормализованное относительно опорного расхода, нормализованное ПС - это ПС, нормализованное относительно опорного расхода и опорной температуры, нормализованное ТМД - это ТМД, нормализованное относительно опорного расхода, нормализованное ДД - это ДД, нормализованное относительно опорной температуры и опорного расхода, нормализованный расход пермеата - это расход пермеата, нормализованный относительно опорной температуры и опорного ФДД, или их комбинация, причем опорная температура, опорный расход, опорное фактически действующее

давление или их комбинация - это величины, действующие в первый день работы.

13. Система по п.8, в которой частота ПТПХР представляет собой количество ПТПХР за 7 дней, частота чисток ЧНМ для каждого из ОО/НФ-блоков представляет собой количество чисток ЧНМ за один год, частота ПТП представляет собой количество ПТП за 24 ч, или их комбинация.

14. Способ автоматизированного мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей

ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию, включающий

прогнозирование для одного или более ОО/НФ-блоков расчетного срока чистки на месте (ЧНМ) одного или более ОО/НФ-блоков, каждый из которых содержит один или более ОО/НФ-узлов, каждый из которых содержит по меньшей мере один ОО-узел, включающий несколько ОО-модулей, каждый из которых содержит множество ОО-мембран, по меньшей мере один НФ-узел, включающий несколько НФ-модулей, каждый из которых содержит множество НФ-мембран, или комбинацию указанных узлов, причем по меньшей мере один из упомянутых одного или более ОО/НФ-узлов включает один или более НФ-узлов, сообщающихся по текучей среде с одним или более ОО-узлами с возможностью подачи ОО-концентрата из одного или более ОО-узлов в один или более НФ-узлов, и прогнозирование включает:

расчет и/или мониторинг одного или более ОО/НФ-параметров,

сравнение каждого из одного или более ОО/НФ-параметров с пороговой величиной, которая указывает срок, когда должна быть выполнена чистка на месте (ЧНМ) ОО/НФ-блока, на основе этого параметра, и расчет момента времени, к которому каждый из одного или более ОО/НФ-параметров достигнет его пороговой величины, и

прогнозирование в качестве срока, который указывается для чистки на месте (ЧНМ) одного или более ОО/НФ-блоков, ближайшего момента времени из рассчитанных моментов времени, к которым каждый из одного или более ОО/НФ-параметров достигнет его пороговой величины, причем мониторинг включает мониторинг тенденции изменения одного или более ОО/НФ-параметров для определения возможной причины загрязнения мембран.

15. Способ по п.14, в котором сравнение включает дополнительно определение скорости загрязнения на основе по меньшей мере одного из одного или более ОО/НФ-параметров путем вычисления среднего изменения этого параметра на протяжении временного интервала загрязнения, и расчет момента времени, к которому указанный по меньшей мере один параметр достигнет его пороговой величины, путем деления разницы между текущей величиной указанного по меньшей мере одного параметра и пороговой величиной для этого параметра на скорость загрязнения на основе этого параметра.

16. Способ по п.15, в котором один или более параметров включают нормализованное дифференциальное давление (ДД), причем скорость загрязнения включает скорость загрязнения на основе ДД, вычисленную на основе среднего увеличения нормализованного ДД на протяжении временного интервала загрязнения, и время достижения пороговой величины ДД определяют путем деления разницы между текущей величиной ДД и пороговой величиной ДД на скорость загрязнения на основе среднего ДД.

17. Способ по п.14, дополнительно включающий планирование чисток ЧНМ для одного или более ОО/НФ-блоков, осуществляемое с учетом расчетной продолжительности ОО/НФ-ЧНМ, доступности одного или более блоков ЧНМ, потребности производства в воде из установки, прогнозируемого срока чистки, указанного для одного или более ОО/НФ-блоков, или их комбинации, так что планирование позволяет обеспечивать потребность производства в воде во время чистки одного или более ОО/НФ-блоков, причем количество блоков ЧНМ, необходимых для запланированных чисток ЧНМ, меньше количества имеющихся блоков ЧНМ.

18. Способ по п.14, в котором функции расчета и/или мониторинга, сравнения и прогнозирования выполняются контроллером, содержащим процессор.

19. Способ по п.14, в котором один или более ОО/НФ-параметров выбирают из нормализованного давления на входе для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного расхода входного потока для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного дифференциального давления (ДД) для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, фактически действующего давления (ФДД), которое равно давлению потока на входе минус осмотическое давление и обратное давление пермеата для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, выхода очищенной воды, равного расходу пермеата, деленному на расход входного потока, для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, величины ОСРТВ в пермеате, выходящем из каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного прохождения солей (ПС) для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, нормализованного расхода пермеата для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, скорости загрязнения для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов, частоты чисток ЧНМ для каждого из одного или более ОО/НФ-блоков, отклонения ОСРТВ блока, которое представляет собой разницу между величиной ОСРТВ на выходе ОО/НФ-блока и величиной ОСРТВ на выходе одного или более других ОО/НФ-блоков, или из их комбинации.

20. Способ по п.19, в котором один или более ОО/НФ-параметров выбирают из скорости загрязнения одного или более ОО/НФ-узлов, частоты чисток ЧНМ на один ОО/НФ-блок, отклонения величины ОСРТВ блока или из их комбинации.

21. Способ по п.19, в котором нормализованное давление на входе - это давление на входе, нормализованное относительно опорного расхода, нормализованный расход входного потока - это расход входного потока, нормализованный относительно опорной температуры и/или ФДД, нормализованное ПС - это ПС, нормализованное относительно опорного расхода и опорной температуры, нормализованное ДД - это ДД, нормализованное относительно опорной температуры и опорного расхода, нормализованный расход пермеата - это расход пермеата, нормализованный относительно опорной температуры и опорного ФДД, или их комбинация, и опорная температура, опорный расход, опорное фактически действующее давление или их комбинация - это величины, действующие в первый день работы.

22. Способ по п.19, в котором частота чисток ЧНМ для каждого из одного или более ОО/НФ-блоков - это количество чисток ЧНМ в год.

23. Вычислительная система для мониторинга загрязнения мембран установки деминерализации или умягчения воды, содержащей ультрафильтрационные (УФ) мембраны, обратноосмотические (ОО) мембраны, нанофильтрационные (НФ) мембраны или их комбинацию, содержащая контроллер, содержащий процессор, сконфигурированный для приема входных данных:

для одного или более УФ-блоков, содержащих несколько УФ-модулей, каждый из которых содержит множество УФ-мембран: температуры на входе, давления на входе, давления на выходе, расхода или их комбинации;

для одного или более ОО/НФ-блоков, содержащих один или более ОО/НФ-узлов, каждый из которых содержит по меньшей мере один ОО-узел, включающий несколько ОО-мембран, каждый из которых содержит множество ОО-мембран, по меньшей мере один НФ-узел, включающий несколько НФ-мембран, или комбинацию указанных узлов, причем по меньшей мере один из упомянутых одного или более ОО/НФ-узлов включает один или более НФ-узлов, сообщающихся по текучей среде с одним или более ОО-узлами с возможностью подачи ОО-концентрата из одного или более ОО-узлов в один или более НФ-узлов: температуры на входе, давления на входе, давления на выходе, расхода входного потока, расхода пермеата, общего содержания растворенных твердых веществ (ОСРТВ) в потоках пермеата или их комбинации для каждого из одного или более ОО/НФ-узлов;

или их комбинации;

использования входных данных:

для одного или более УФ-блоков для расчета и/или мониторинга, для каждого из одного или более УФ-блоков, одного или более УФ-параметров;

для одного или более ОО/НФ-блоков для расчета и/или мониторинга одного или более ОО/НФ-параметров;

или их комбинации;

сравнения:

каждого из одного или более УФ-параметров с первой пороговой величиной, которая указывает срок, когда должна быть выполнена чистка на месте (ЧНМ) УФ-блока, и прогнозирования расчетного момента времени, к которому каждый из одного или более параметров УФ-блока достигнет первой пороговой величины;

каждого из одного или более ОО/НФ-параметров со второй пороговой величиной, которая указывает срок, когда должна быть выполнена чистка на месте (ЧНМ) ОО/НФ-блока, и прогнозирования расчетного момента времени, к которому каждый из одного или более ОО/НФ-параметров ОО/НФ-блока достигнет второй пороговой величины;

или их комбинации; и

прогнозирования срока, для которого указывается чистка на месте (ЧНМ) каждого из одного или более ОО/НФ-блоков, УФ-блоков, как ближайшего срока из расчетных сроков, к которым каждый из одного или более ОО/НФ-параметров или УФ-параметров достигнет второй пороговой величины или первой пороговой величины соответственно,

причем процессор дополнительно обеспечивает возможность мониторинга тенденции изменения одного или более УФ-параметров, одного или более ОО/НФ-параметров или их комбинации и сравнения отслеживаемой тенденции с данными, записанными в запоминающем устройстве процессора для обеспечения на выходе информации, указывающей возможную причину загрязнения мембран УФ-блока и/или ОО/НФ-блока, для которого указана ЧНМ.

24. Система по п.23, в которой контроллер дополнительно включает дисплей, сетевой интерфейс или и то и другое, причем процессор обеспечивает на выходе отображаемое предупреждение по меньшей мере для одного из одного или более УФ-параметров, из одного или более ОО/НФ-параметров или из их комбинации, предупреждение, передаваемое по электронной почте, в котором указывается, что по меньшей мере один из одного или более УФ-параметров, из одного или более ОО/НФ-параметров или из их комбинации достиг уровня предупреждения, или превысил его, или и то и другое.

25. Система по п.24, в которой контроллер обеспечивает непрерывное отображение каждого отображаемого параметра.

26. Система по п.25, в которой отображается первое предупреждение, когда величина отображаемого параметра превышает пороговый уровень, однако меньше или равна уровню предупреждения для этого параметра.

27. Система по п.23, в которой скорость загрязнения для каждого из одного или более УФ-параметров, из одного или более ОО/НФ-параметров или из их комбинации вычисляется на основе среднего изменения этого параметра на протяжении временного интервала загрязнения, и расчет времени достижения этим параметром блока пороговой величины осуществляется путем деления разницы между текущей величиной параметра и его пороговой величиной на среднее изменение этого параметра на протяжении временного интервала загрязнения.

28. Система по п.27, в которой скорость загрязнения включает скорость загрязнения на основе дифференциального давления (ДД), вычисленную на основе среднего увеличения нормализованного ДД на протяжении временного интервала загрязнения, и расчетное время достижения пороговой величины ДД определяется путем деления разницы между текущей величиной ДД и пороговой величиной ДД на скорость загрязнения на основе средней величины ДД.

29. Система по п.23, в которой процессор сконфигурирован дополнительно для обеспечения рекомендуемого графика выполнения чисток ЧНМ на одном или более из одного или более УФ-блоков, на одном или более из одного или более ОО/НФ-блоков или на их комбинации на основании данных, введенных в запоминающее устройство процессора, с учетом расчетной продолжительности ЧНМ для УФ-блоков и/или ЧНМ для ОО/НФ-блоков, доступности одного или более блоков ЧНМ, потребности производства в воде из установки деминерализации или умягчения воды, прогнозируемого срока, указанного для чистки одного или более из одного или более УФ-блоков, одного или более из одного или более ОО/НФ-блоков, или их комбинации, или комбинации вышеуказанных факторов.

30. Система по п.23, в которой один или более УФ-параметров, выбран из нормализованного расхода входного потока, нормализованного трансмембранного давления (ТМД), наибольшего нормализованного ТМД на опорном временном интервале для ТМД, потока через блок, удельного потока через блок, вычисляемого делением расхода на единицу поверхности на величину ТМД, удельного потока с температурной поправкой, наименьшего удельного потока за опорный временной интервал для наименьшего удельного потока, частоты противоточных промывок (ПТП), частоты противоточных промывок с химическими реагентами (ПТПХР), повышения ТМД после стандартно запланированной ПТПХР, количества ЧНМ за опорный временной интервал для ЧНМ, объема жидкости, введенной в УФ-блок в процессе ПТП или ПТПХР, продолжительности ПТП, скорости спада давления (ССД), скорости повышения давления или из их комбинации;

и один или более ОО/НФ-параметров, выбирают из нормализованного давления на входе для каждого из одного или более узлов, нормализованного расхода входного потока, нормализованного дифференциального давления (ДД) для каждого из одного или более узлов, фактически действующего давления (ФДД, которое равно давлению на входе минус осмотическое давление и обратное давление пермеата) для каждого из одного или более узлов, выхода очищенной воды, равного расходу пермеата, деленному на расход входного потока, для каждого из одного или более узлов, величины ОСРТВ в пермеате, выходящем из каждого из одного или более узлов, нормализованного прохождения солей (ПС) для каждого из одного или более узлов, нормализованного расхода пермеата, частоты чисток ЧНМ для каждого из ОО/НФ-блоков, скорости загрязнения для каждого из одного или более узлов, отклонения ОСРТВ блока, которое представляет собой разницу между величиной ОСРТВ на выходе ОО/НФ-блока и величиной ОСРТВ на выходе одного или более других ОО/НФ-блоков, или их комбинации;

или их комбинация.

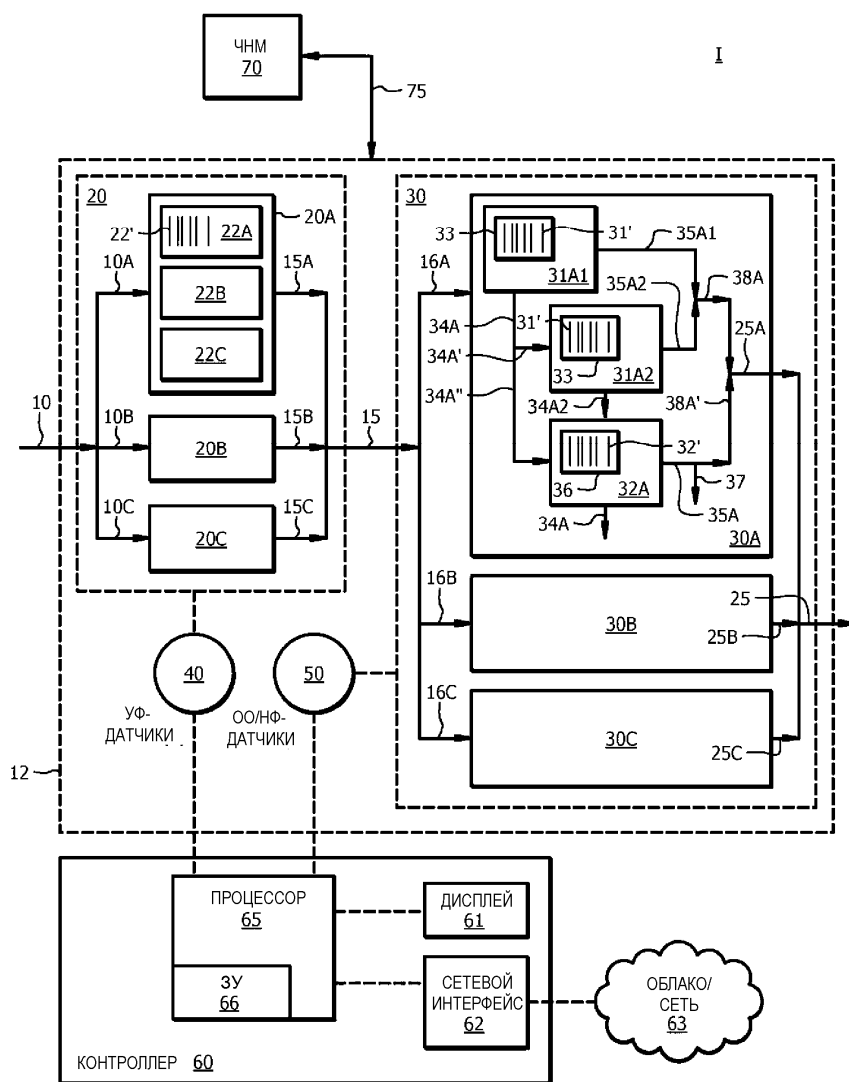
31. Система по п.30, в которой один или более УФ-параметров включают наименьший удельный поток, объем жидкости, введенной в УФ-блок в процессе ПТП или ПТПХР, частоту ПТП или их комбинацию.

32. Система по п.30, в которой один или более ОО/НФ-параметров выбирают из скорости загрязнения, частоты чисток ЧНМ, отклонения величины ОСРТВ блока или из их комбинации.

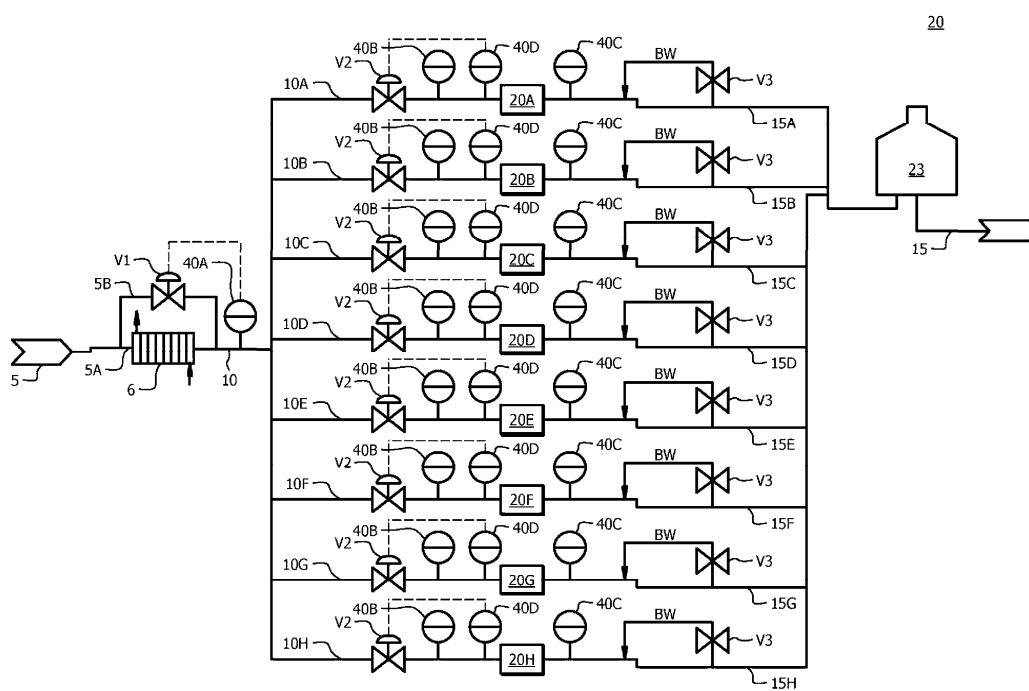
33. Система по п.30, в которой опорный временной интервал для наименьшего удельного потока равен 24 ч, опорный временной интервал для ТМД равен 24 ч, плановая регулярность проведения ПТПХР - раз в сутки, опорный временной период для ЧНМ равен трем месяцам, или их комбинация.

34. Система по п.30, в которой опорная температура, опорный расход, опорное фактически действующее давление или их комбинация - это величины, действующие в первый день работы.

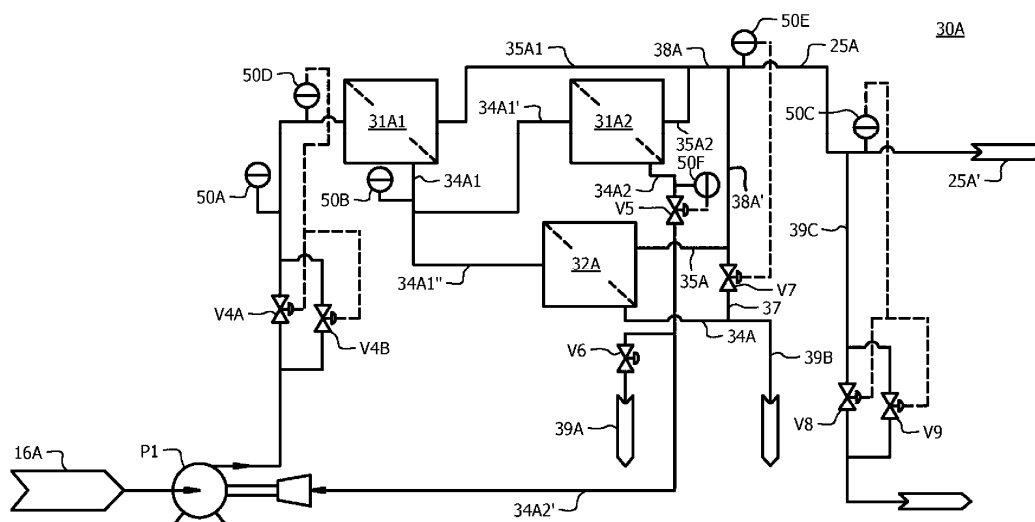
35. Система по п.30, в которой частота ПТПХР представляет собой количество ПТПХР за 7 дней, частота чисток ЧНМ для каждого из ОО/НФ-блоков представляет собой количество чисток ЧНМ за один год, частота ПТП представляет собой количество ПТП за 24 ч, или их комбинация.



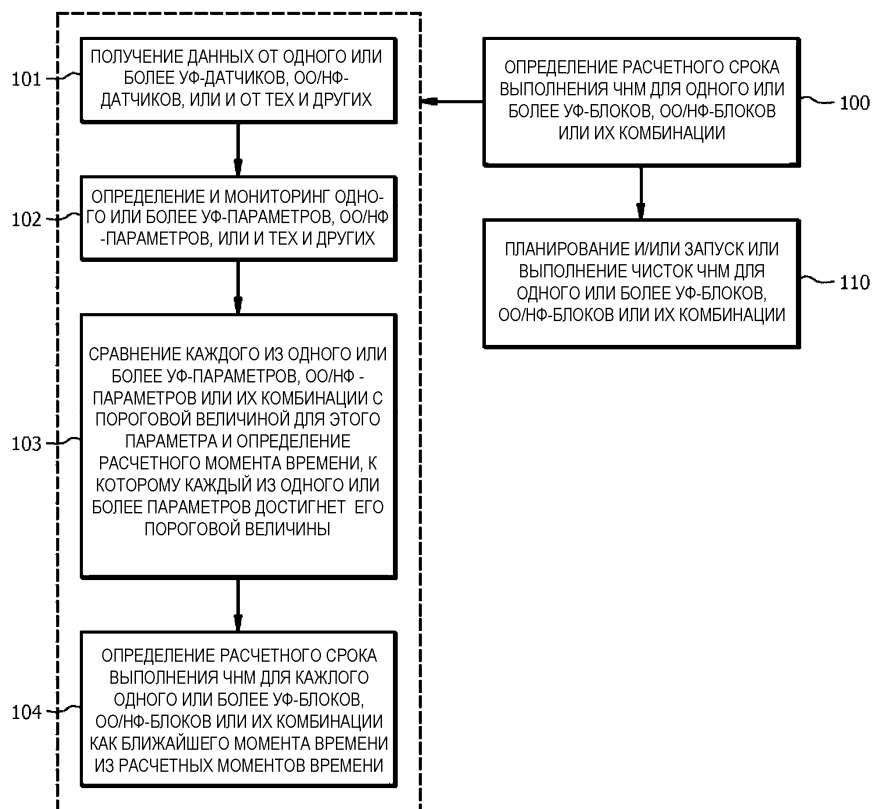
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2