

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202091793 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.02.10

(22) Дата подачи заявки
2019.02.22

(51) Int. Cl. C02F 1/461 (2006.01)
C02F 1/467 (2006.01)
C02F 1/72 (2006.01)
C25B 1/26 (2006.01)
C25B 15/02 (2006.01)
C25B 15/08 (2006.01)

(54) КОНФИГУРАЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОХЛОРИРОВАНИЯ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ РАСТВОРОВ С ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ПРОДУКТА

(31) 62/633,790

(32) 2018.02.22

(33) US

(86) PCT/US2019/019072

(87) WO 2019/165161 2019.08.29

(71) Заявитель:

ЭВОКУА УОТЕР ТЕКНОЛОДЖИЗ
ЛЛК (US); ЭВОКУА УОТЕР
ТЕКНОЛОДЖИЗ ЛИМИТЕД (GB)

(72) Изобретатель:

Гриффис Джошуа, Дьюкс Саймон П.
(US), Беддоус Пол, Роджерс Питер Г.,
Аван Мухаммад (GB)

(74) Представитель:

Хмара М.В. (RU)

(57) Система электрохлорирования содержит источник исходного раствора, выпускное отверстие для раствора продукта и множество находящихся в гидравлической связи электрохимических ячеек, расположенных между источником исходного раствора и выпускным отверстием для раствора продукта. Система выполнена с возможностью эксплуатации одной из множества электрохимических ячеек при первой плотности тока или первой объемной скорости потока и эксплуатации другой из множества электрохимических ячеек при второй плотности тока или второй объемной скорости потока, отличающихся от соответствующих первой плотности тока или первой объемной скорости потока.



A1

202091793

202091793

A1

КОНФИГУРАЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОХЛОРИРОВАНИЯ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ РАСТВОРОВ С ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ПРОДУКТА

ПЕРЕКРЕСТНЫЕ ССЫЛКИ НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

5 Данная заявка претендует на приоритет и эффект изобретения согласно
35 U.S.C. § 119(e) в соответствии с предварительной заявкой на патент США с
регистрационным номером 62/633,790, озаглавленной «КОНФИГУРАЦИИ
СИСТЕМ КОНЦЕНТРИЧЕСКИХ ТРУБЧАТЫХ ЯЧЕЕК (СТЕ) ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ
10 РАСТВОРОВ С БОЛЕЕ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ПРОДУКТА», поданной 22
февраля 2018 г., содержание которой полностью включено в данную публикацию
посредством ссылки.

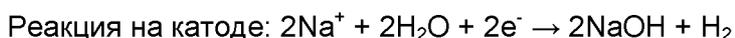
ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

15 Аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в
данной публикации, в основном относятся к электрохимическим устройствам, и
более конкретно – к электрохлорирующим ячейкам и к устройствам, системам и
способам, в которых их используют.

СВЕДЕНИЯ О ПРЕДШЕСТВУЮЩЕМ УРОВНЕ ТЕХНИКИ

20 Электрохимические устройства, используемые для получения раствора
продукта из потока исходного раствора за счет химических реакций, широко
используют в промышленных и муниципальных применениях. Примеры реакций
включают следующее:

25 А. Электрохлорирование с образованием гипохлорита натрия из хлорида
натрия и воды:



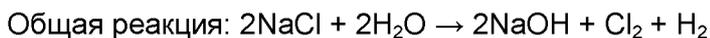
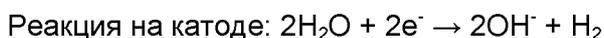
30 $E^0_{\text{ox}} = -1,36 \text{ В}$ (образование хлора)

$E^0_{\text{red}} = -0,83 \text{ В}$ (образование водорода)

$E^0_{\text{ячейки}} = -2,19 \text{ В}$

В. Образование гидроксида натрия и хлора из хлорида натрия и воды с
использованием катионообменной мембраны, разделяющей анод и катод:

35 Реакция на аноде: $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$



С. Ванадиевая редокс-батарея для накопления энергии с проницаемой для протонов мембраной, разделяющей электроды:

Во время зарядки:



Во время разрядки:



10 В некоторых вариантах практического применения электрохлорирующие устройства могут быть использованы для получения гипохлорита натрия из хлорида натрия, присутствующего в морской воде. Концентрация различных растворенных в морской воде твердых веществ может варьироваться в зависимости от местоположения, однако один из примеров морской воды может включать следующие компоненты:

15

Таблица 1

Характерные компоненты морской воды и их концентрации

Общепринятое наименование	Символ	мг/л (млн ⁻¹)
Хлорид	Cl	19350
Натрий	Na	10750
Сульфат	SO ₄	2700
Магний	Mg	1290
Кальций	Ca	410
Калий	K	380
Бикарбонат	HCO ₃	140
Бромид	Br	65
Стронций	Sr	13
Алюминий	Al	1,9
Кремний	Si	1,1
Фторид	F	0,8
Нитрат	NO ₃	0,8
Бор	B	0,4
Барий	Ba	0,2
Железо	Fe	0,1
Марганец	Mn	0,1
Медь	Cu	0,1

Литий	Li	0,1
Фосфор	P	0,06
Иодид	I	0,04
Серебро	Ag	0,02
Мышьяк	As	<0,01
Нитрит	NO ₂	<0,01
Цинк	Zn	<0,01
Всего:		35000 (за исключением H и O)

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Согласно аспекту настоящего изобретения предложена электрохимическая ячейка. Электрохимическая ячейка содержит корпус, имеющий впускное отверстие, выпускное отверстие и центральную ось, и анодно-катодную пару, расположенную по существу концентрически внутри корпуса вокруг центральной оси и ограничивающую активную зону между анодом и катодом анодно-катодной пары; активная площадь поверхности по меньшей мере одного из анода и катода, имеющих площадь поверхности, больше площади внутренней поверхности корпуса; анодно-катодная пара конфигурирована и устроена так, что вся жидкость, проходящая через электрохимическую ячейку, направляется аксиально через активную зону.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка имеет общую плотность упаковки электродов, равную по меньшей мере 2 мм⁻¹.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка дополнительно содержит центральный базовый элемент, расположенный внутри электрохимической ячейки и выполненный с возможностью блокирования потока жидкости через часть электрохимической ячейки вдоль центральной оси; этот центральный базовый элемент не соединен по меньшей мере с одним электродом анодно-катодной пары.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения анодно-катодная пара является спирально закрученной вокруг центральной оси.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка дополнительно содержит один или более спирально закрученных биполярных электродов. В некоторых вариантах осуществления

настоящего изобретения анод смещен вбок относительно катода по длине электрохимической ячейки.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения по меньшей мере один электрод, выбранный из катода и анода, является жестким электродом. И анод, и катод могут содержать титановую пластину, и поверхности анода могут быть покрыты устойчивым против окисления покрытием, выбранным из группы, состоящей из платины и смешанного оксида металла. Анод и катод могут содержать один или более металлов, выбранных из титана, никеля и алюминия. Поверхности анода могут быть покрыты устойчивым против окисления покрытием, выбранным из группы, состоящей из платины, смешанного оксида металла, магнетита, феррита, кобальтовой шпинели, тантала, палладия, иридия, золота и серебра. По меньшей мере один электрод, выбранный из катода и анода, может быть проницаемым для жидкости и/или может содержать перфорированную титановую пластину.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка дополнительно содержит разделитель, выполненный с возможностью поддерживать постоянным зазор между анодом и катодом, при этом разделитель открыт для течения раствора электролита через активную зону. Разделитель может содержать втулку, имеющую спицы и пазы, захватывающие края по меньшей мере одного электрода, выбранного из анода и катода. Втулка может дополнительно содержать электрический коннектор, выполненный с возможностью электрического соединения анода или катода с источником питания.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка дополнительно содержит втулку, содержащую спицы, находящиеся в электрическом контакте с анодом или катодом. Спицы могут содержать пазы, которые захватывают края анода или катода и поддерживают постоянным зазор между витками спирально закрученной анодно-катодной пары.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения центральный базовый элемент содержит непроводящую центральную часть, расположенную внутри самого внутреннего витка анодно-катодной пары.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения анодно-катодная пара содержит множество концентрических электродных трубок и зазоров между соседними электродными трубками. Множество концентрических электродных трубок могут включать множество анодных электродных трубок или множество катодных электродных трубок. Одно множество из множества

анодных электродных трубок и множества катодных электродных трубок может быть множеством жестких электродов.

5 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения множество концентрических трубчатых электродов включает множество анодных электродных трубок и множество катодных электродных трубок.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка выполнена с возможностью обеспечивать протекание тока (постоянного и/или переменного) через раствор электролита от анодной электродной трубки к катодной электродной трубке за один проход.

10 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка дополнительно содержит биполярную электродную трубку, расположенную между анодной электродной трубкой и катодной электродной трубкой.

15 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения анодная электродная трубка смещена в боковом направлении по длине электрохимической ячейки относительно катодной электродной трубки, имеющей такой же диаметр, как анодная электродная трубка. Электрохимическая ячейка может содержать электродную трубку, имеющую анодную половину и катодную половину.

20 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка дополнительно содержит множество биполярных электродных трубок, расположенных между соответствующими концентрически расположенными соседними парами анодных электродных трубок и катодных электродных трубок.

25 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения по меньшей мере одно множество из множества анодных электродных трубок и множества катодных электродных трубок является перфорированным и/или проницаемым для жидкости.

30 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка дополнительно содержит по меньшей мере один разделитель, размещенный между соседними электродными трубками, и этот по меньшей мере один разделитель выполнен с возможностью ограничивать и поддерживать постоянным зазор между соседними электродными трубками. Разделитель может быть открытым для течения раствора электролита через
35 зазор, расположенный между соседними электродными трубками.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка дополнительно содержит металлическую втулку,

содержащую спицы, электрически соединенные с краями множества концентрических электродных трубок. Каждая спица может содержать пазы, захватывающие края множества концентрических электродных трубок и поддерживающие постоянство зазоров между соседними электродными трубками

5 из множества концентрических электродных трубок.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения центральный базовый элемент содержит концевой колпачок, расположенный в конце самого внутреннего концентрического трубчатого электрода электрохимической ячейки.

10 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка имеет плоскоовальное поперечное сечение.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка дополнительно содержит электрический коннектор, находящийся в электрическом соединении с анодом или катодом; электрический коннектор содержит по меньшей мере два материала, обладающих различными уровнями сопротивления химической коррозии, вызванной раствором электролита. По меньшей мере два материала могут включать первый материал и второй материал, и электрический коннектор может включать проницаемое для жидкости тело, изготовленное из первого материала. Проницаемое для жидкости

15 тело может содержать множество отверстий.

20

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка содержит пластину или тело из второго материала, соединенное с проницаемым для жидкости телом, изготовленным из первого материала, при помощи одного или более механических крепежных элементов.

25 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка содержит пластину или тело из второго материала, соединенное с проницаемым для жидкости телом, изготовленным из первого материала, посредством посадки с натягом.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка содержит пластину или тело из второго материала, соединенное с проницаемым для жидкости телом, изготовленным из первого материала, посредством резьбы, сформированной на крае проницаемого для жидкости тела, изготовленного из первого материала.

30 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка содержит тело из второго материала, соединенное с проницаемым для жидкости телом, изготовленным из первого материала,

35

посредством резьбы, сформированной на цилиндрической части тела, изготовленного из второго материала.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения электрохимическая ячейка содержит тело из второго материала, приваренное к телу, изготовленному из первого материала.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена система, содержащая электрохимическую ячейку. Электрохимическая ячейка содержит корпус, имеющий впускное отверстие, выпускное отверстие и центральную ось, и анодно-катодную пару, расположенную по существу концентрически внутри корпуса вокруг центральной оси и ограничивающую активную зону между анодом и катодом анодно-катодной пары; при этом активная площадь поверхности по меньшей мере одного из анода или катода, имеющих площадь поверхности, больше площади внутренней поверхности корпуса; анодно-катодная пара конфигурирована и устроена так, что вся жидкость, проходящая через электрохимическую ячейку, направляется аксиально через активную зону. Система дополнительно содержит источник электролита, находящийся в гидравлической связи с электрохимической ячейкой. Электрохимическая ячейка выполнена с возможностью генерации одного или более продуктов реакции из электролита, поступающего от источника электролита, и выделения одного или более продуктов реакции. Система дополнительно включает точку использования одного или более продуктов реакции, выделенных электрохимической ячейкой. Один или более продуктов реакции могут включать дезинфектант. Дезинфектант может содержать гипохлорит натрия или по существу состоять из гипохлорита натрия.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения источник электролита содержит рассол или морскую воду.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения систему используют на корабле или нефтяной платформе.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения точка использования включает систему водяного охлаждения или балластную цистерну.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения система включена в наземную буровую систему для добычи нефти, причем точка использования является нисходящей скважиной буровой системы для добычи нефти.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена электрохимическая ячейка. Электрохимическая ячейка содержит катод и анод,

расположенные в корпусе и ограничивающие зазор между ними; и катод, и анод содержат дугообразные участки; активная площадь поверхности анода больше площади внутренней поверхности корпуса, активная площадь поверхности катода также больше площади внутренней поверхности корпуса; катод и анод
5 конфигурированы и устроены так, что вся жидкость, проходящая через электрохимическую ячейку, направляется аксиально через зазор.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения анод содержит множество пластин, отходящих от дугообразного основания, и катод содержит множество пластин, отходящих от дугообразного основания; множество
10 пластин анода чередуются с множеством пластин катода.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена электрохимическая ячейка. Электрохимическая ячейка содержит катод и анод, расположенные в корпусе и ограничивающие зазор между ними; катод и анод содержат участки, соответствующие по форме соответствующим участкам
15 внутренней поверхности корпуса; активная площадь поверхности анода больше площади внутренней поверхности корпуса, активная площадь поверхности катода также больше площади внутренней поверхности корпуса; катод и анод конфигурированы и устроены так, что вся жидкость, проходящая через электрохимическую ячейку, направляется аксиально через зазор. По меньшей
20 мере один электрод, выбранный из анода и катода, может содержать гофрированный участок.

В варианте осуществления настоящего изобретения посредством варьирования линейной скорости потока через ячейку с концентрическими трубчатыми электродами (СТЕ; от англ.: concentric tube electrode) в системе СТЕ-
25 ячеек можно снизить влияние факторов, вызывающих образование твердых отложений, и таким образом получить усовершенствованные системы с более высокой концентрацией продукта.

Согласно аспекту настоящего изобретения предложена система электрохлорирования. Система содержит источник исходного раствора, выпускное отверстие для раствора продукта и множество находящихся в
30 гидравлической связи электрохимических ячеек, расположенных между источником исходного раствора и выпускным отверстием для раствора продукта. Система имеет конфигурацию, позволяющую эксплуатировать по меньшей мере одну из множества электрохимических ячеек при первой плотности тока или
35 первой объемной скорости потока и эксплуатировать другую из множества электрохимических ячеек при второй плотности тока или второй объемной

скорости потока, отличающихся от соответствующих первой плотности тока или первой объемной скорости потока.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения множество электрохимических ячеек являются последовательными электрохимическими ячейками, находящимися в последовательной гидравлической связи.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения множество электрохимических ячеек являются параллельными электрохимическими ячейками, находящимися в параллельной гидравлической связи.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения множество электрохимических ячеек включает одну или более групп электрохимических ячеек, которые находятся в последовательной гидравлической связи с одной или более параллельными электрохимическими ячейками, которые находятся в параллельной гидравлической связи.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения множество электрохимических ячеек электрически соединены последовательно.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения множество электрохимических ячеек электрически соединены параллельно.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения множество электрохимических ячеек включает одну или более электрохимических ячеек, которые электрически соединены последовательно с одной или более электрохимическими ячейками, которые электрически соединены параллельно.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения множество электрохимических ячеек включает одну или более электрохимических ячеек, которые являются электрически независимыми от других ячеек из множества электрохимических ячеек.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения система дополнительно содержит контроллер, выполненный с возможностью эксплуатировать первую электрохимическую ячейку, гидравлически расположенную выше по течению относительно второй электрохимической ячейки, при первой плотности тока и эксплуатировать вторую электрохимическую ячейку при второй плотности тока, причем первая плотность тока выше, чем вторая плотность тока.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения система дополнительно содержит третью электрохимическую ячейку, гидравлически

расположенную между первой электрохимической ячейкой и второй электрохимической ячейкой.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения контроллер дополнительно конфигурирован так, чтобы обеспечить эксплуатацию
5 третьей электрохимической ячейки при третьей плотности тока, которая ниже первой плотности тока, но выше второй плотности тока.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения система дополнительно содержит четвертую электрохимическую ячейку, гидравлически
10 расположенную ниже по течению относительно второй электрохимической ячейки, причем контроллер дополнительно конфигурирован так, чтобы обеспечить эксплуатацию четвертой электрохимической ячейки при второй плотности тока.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения система дополнительно содержит насос, причем контроллер дополнительно
15 конфигурирован так, чтобы насос обеспечивал поток жидкости от источника исходного раствора через каждую из первой, второй, третьей и четвертой электрохимических ячеек с первой объемной скоростью потока.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения множество электрохимических ячеек включает первую группу параллельных
20 электрохимических ячеек, гидравлически связанных параллельно, между источником исходного раствора и множеством последовательных электрохимических ячеек, гидравлически связанных последовательно.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения система дополнительно содержит контроллер, выполненный с возможностью
25 эксплуатировать каждую из электрохимических ячеек, входящих в группу параллельных электрохимических ячеек, при первой объемной скорости потока и эксплуатировать каждую из электрохимических ячеек, входящих в множество последовательных электрохимических ячеек, при второй объемной скорости потока, причем первая объемная скорость потока ниже второй объемной
30 скорости потока.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения выпускные трубопроводы для жидкости, идущие от каждой электрохимической
ячейки, входящей в группу параллельных электрохимических ячеек, объединены в один впускной трубопровод для жидкости для множества последовательно
35 соединенных электрохимических ячеек.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения контроллер дополнительно конфигурирован так, чтобы все электрохимические

ячейки, входящие в группу параллельно соединенных электрохимических ячеек, и все электрохимические ячейки, входящие в множество последовательно соединенных электрохимических ячеек, работали при первой плотности тока.

5 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения контроллер дополнительно конфигурирован так, чтобы все электрохимические ячейки, входящие в группу параллельно соединенных электрохимических ячеек, работали при первой плотности тока, а все электрохимические ячейки, входящие в множество последовательно соединенных электрохимических ячеек, работали при второй плотности тока.

10 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения первая плотность тока больше второй плотности тока.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения система дополнительно содержит бак для раствора продукта, гидравлически связанный с выпускным отверстием множества электрохимических ячеек.

15 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения система дополнительно содержит параллельную электрохимическую ячейку, имеющую впускное отверстие для жидкости, соединенное с выпускным отверстием бака для раствора продукта, и выпускное отверстие для жидкости, соединенное с впускным отверстием бака для раствора продукта.

20 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения система дополнительно содержит контроллер, конфигурированный так, чтобы параллельная электрохимическая ячейка работала при третьей плотности тока, отличающейся от первой плотности тока и от второй плотности тока.

25 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения система дополнительно содержит контроллер, конфигурированный так, чтобы параллельная электрохимическая ячейка работала при третьей объемной скорости потока, отличающейся от первой объемной скорости потока и от второй объемной скорости потока.

30 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения система дополнительно содержит контроллер, конфигурированный так, чтобы параллельная электрохимическая ячейка работала при первой плотности тока или при второй плотности тока.

35 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения система дополнительно содержит контроллер, конфигурированный так, чтобы параллельная электрохимическая ячейка работала при первой объемной скорости потока или при второй объемной скорости потока.

Согласно следующему аспекту настоящего изобретения предложена система электрохлорирования. Система содержит источник исходного раствора, выпускное отверстие для раствора продукта, две параллельные электрохимические ячейки, гидравлически связанные параллельно с выпускным
5 отверстием источника исходного раствора, последовательную электрохимическую ячейку, гидравлически подсоединенную последовательно между двумя параллельными электрохимическими ячейками и выпускным
10 отверстием для раствора продукта, и контроллер, конфигурированный так, чтобы обеспечить работу пары параллельных электрохимических ячеек при первой плотности тока или первой объемной скорости потока и обеспечить работу
последовательной электрохимической ячейки при второй плотности тока или второй объемной скорости потока, отличающихся от первой плотности тока или первой объемной скорости потока.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения
15 контроллер конфигурирован так, чтобы обе электрохимические ячейки, образующие пару параллельных электрохимических ячеек, и последовательная электрохимическая ячейка работали при одной и той же плотности тока.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложен способ эксплуатации системы электрохлорирования. Способ включает протекание
20 исходного раствора через первую электрохимическую ячейку и через вторую электрохимическую ячейку системы, причем вторая электрохимическая ячейка работает при другой плотности тока или при другой линейной скорости потока, отличающейся от соответствующей плотности тока или линейной скорости потока в первой ячейке.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ
25 включает протекание исходного раствора через первую электрохимическую ячейку и через вторую электрохимическую ячейку, которые соединены последовательно.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ
30 включает протекание исходного раствора через первую электрохимическую ячейку и через вторую электрохимическую ячейку, которые соединены параллельно.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ
35 включает протекание исходного раствора через третью электрохимическую ячейку, соединенную последовательно с первой и второй электрохимическими ячейками.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ включает протекание исходного раствора из первой и второй электрохимических ячеек в третью электрохимическую ячейку или протекание исходного раствора из третьей электрохимической ячейки в первую и вторую электрохимические ячейки.

5 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения линейная скорость потока исходного раствора через третью электрохимическую ячейку является суммой линейных скоростей потоков исходного раствора через первую и вторую электрохимические ячейки.

10 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения первая, вторая и третья электрохимические ячейки работают при одной и той же плотности тока.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ включает протекание исходного раствора через первую и вторую электрохимические ячейки с одной и той же линейной скоростью потока.

15 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ дополнительно включает эксплуатацию первой электрохимической ячейки при более высокой плотности тока, чем плотность тока во второй электрохимической ячейке.

20 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ включает протекание исходного раствора через вторую электрохимическую ячейку с линейной скоростью, превышающей линейную скорость потока исходного раствора через первую электрохимическую ячейку.

25 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ дополнительно включает рециркуляцию исходного раствора, поступающего из выпускного отверстия второй электрохимической ячейки, во впускное отверстие второй электрохимической ячейки.

30 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ дополнительно включает эксплуатацию первой электрохимической ячейки при более высокой плотности тока, чем плотность тока во второй электрохимической ячейке.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ дополнительно включает рециркуляцию исходного раствора, поступающего из выпускного отверстия второй электрохимической ячейки, во впускное отверстие первой электрохимической ячейки.

35 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ дополнительно включает эксплуатацию первой электрохимической ячейки при

более высокой плотности тока, чем плотность тока во второй электрохимической ячейке.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ дополнительно включает протекание раствора из бака для раствора продукта в первую электрохимическую ячейку, из первой электрохимической ячейки через вторую электрохимическую ячейку и из второй электрохимической ячейки обратно в бак для раствора продукта.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ дополнительно включает эксплуатацию первой электрохимической ячейки при более высокой плотности тока, чем плотность тока во второй электрохимической ячейке.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ дополнительно включает протекание раствора из первой электрохимической ячейки в бак для раствора продукта.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ дополнительно включает рециркуляцию раствора из бака для раствора продукта через вторую электрохимическую ячейку и затем обратно в бак для раствора продукта.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения способ дополнительно включает эксплуатацию первой электрохимической ячейки при более высокой плотности тока, чем плотность тока во второй электрохимической ячейке.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложен способ эксплуатации системы электрохлорирования. Способ включает протекание исходного раствора через электролизер с первой объемной скоростью потока с получением раствора продукта, причем электролизер содержит одну или более электрохимических ячеек, протекание раствора продукта из электролизера, работающего при первой объемной скорости потока, в бак для раствора продукта, рециркуляцию раствора продукта из бака для раствора продукта через электролизер и обратно в бак для раствора продукта со второй объемной скоростью потока, превышающей первую скорость потока, и протекание раствора продукта с третьей объемной скоростью потока, превышающей вторую объемную скорость потока, из бака для раствора продукта через выпускное отверстие системы электрохлорирования к точке использования.

Варианты осуществления способов, раскрытых в данной публикации, могут включать электрохимическое получение раствора продукта, имеющего

концентрацию NaOCl, равную по меньшей мере 3000 млн⁻¹, из исходного раствора.

Варианты осуществления способов, раскрытых в данной публикации, могут включать электрохимическое получение раствора продукта, имеющего
5 концентрацию NaOCl, равную по меньшей мере 6000 млн⁻¹, из исходного раствора.

ПЕРЕЧЕНЬ ФИГУР, ЧЕРТЕЖЕЙ

Прилагаемые графические материалы не являются выполненными в
10 масштабе. В графических материалах идентичные или по существу идентичные компоненты, изображенные на различных иллюстрациях, имеют одинаковые ссылочные номера. Для большей ясности не все компоненты могут быть отмечены на всех чертежах. На иллюстрациях изображено следующее:

Фиг. 1А является видом в перспективе варианта осуществления
15 концентрической трубчатой электролитической ячейки;

Фиг. 1В является видом сбоку концентрической трубчатой электролитической ячейки из Фиг. 1А;

Фиг. 1С является видом в поперечном разрезе концентрической трубчатой электролитической ячейки из Фиг. 1А;

20 Фиг. 2А является видом в перспективе варианта осуществления многотрубчатой концентрической электролитической ячейки;

Фиг. 2В является видом сбоку многотрубчатой концентрической электролитической ячейки из Фиг. 2А;

25 Фиг. 2С является видом в поперечном разрезе многотрубчатой концентрической электролитической ячейки из Фиг. 2А;

Фиг. 3 содержит таблицы, в которых приведены различные конструктивные параметры электролитической системы, содержащей 20 ячеек;

Фиг. 4 иллюстрирует примеры различных схем гидравлических соединений между ячейками в электролитической системе;

30 Фиг. 5 иллюстрирует примеры различных схем электрических соединений между ячейками в электролитической системе;

Фиг. 6 иллюстрирует примеры различных схем линий рециркуляции между ячейками в электролитической системе;

35 Фиг. 7 иллюстрирует рециркуляцию жидкости из бака для раствора продукта через электрохимическую ячейку в электролитической системе;

Фиг. 8 изображает пример прямоточной электролитической системы;

Фиг. 9 изображает пример электролитической системы типа «подпитка и дренаж»;

Фиг. 10 изображает пример прямоточной электролитической системы, содержащей множество СТЕ-ячеек, соединенных последовательно;

5 Фиг. 11 изображает другой пример прямоточной электролитической системы, содержащей множество СТЕ-ячеек, соединенных последовательно;

Фиг. 12 изображает пример прямоточной электролитической системы, содержащей первое множество СТЕ-ячеек, работающих параллельно, и второе множество СТЕ-ячеек, работающих последовательно;

10 Фиг. 13 изображает другой пример прямоточной электролитической системы, содержащей множество СТЕ-ячеек, соединенных последовательно;

Фиг. 14 изображает пример электролитической системы, содержащей первое множество СТЕ-ячеек, работающих последовательно, и параллельную СТЕ-ячейку, расположенную в линии подпитки и дренажа, идущей от бака для раствора продукта;

15 Фиг. 15А изображает другой пример электролитической системы типа «подпитка и дренаж»;

Фиг. 15В является таблицей рабочих параметров системы из Фиг. 15А;

20 Фиг. 16 иллюстрирует систему управления вариантами электрохимических ячеек и систем, раскрытых в данной публикации; и

Фиг. 17 иллюстрирует систему памяти для системы управления из Фиг. 16.

СВЕДЕНИЯ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ ВОЗМОЖНОСТЬ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

25 Различные аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в данной публикации, не ограничены подробностями относительно конструкции и расположения компонентов, указанными в приведенном ниже описании или проиллюстрированными на чертежах. Аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в данной публикации, могут
30 быть реализованы на практике или осуществлены различными способами. Фразеология и терминология, использованные в данной публикации, предназначены только для описания настоящего изобретения, и их не следует рассматривать как ограничительные. Применение терминов «включающий», «содержащий», «имеющий», «охватывающий» и их вариаций в данной
35 публикации означает охват перечисленных ниже элементов и их эквивалентов, а также дополнительных элементов.

В настоящей публикации описаны различные варианты осуществления систем, включающих электрохлорирующие ячейки и электрохлорирующие устройства, однако эта публикация не ограничена системами, включающими электрохлорирующие ячейки или устройства, и аспекты и варианты осуществления, раскрытые в данной публикации, применимы к системам, включающим электролитические и электрохимические ячейки, используемые для любой из многочисленных задач.

Коммерчески доступные в настоящее время электрохлорирующие ячейки в характерном случае основаны на одном из двух вариантов устройства электродов – на основе концентрических трубок (СТЕ) и параллельных пластин (PPE).

Аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в данной публикации, в основном относятся к системам, включающим электрохимические устройства для генерации дезинфектантов, таких как гипохлорит натрия. Термины «электрохимическое устройство» и «электрохимическая ячейка» и их грамматические вариации следует понимать как включающие «электрохлорирующие устройства» и «электрохлорирующие ячейки» и их грамматические вариации. Аспекты и варианты осуществления электрохимических ячеек, раскрытые в данной публикации, описаны как содержащие один или более электродов.

Варианты осуществления электрохимических ячеек, включенных в системы, раскрытые в данной публикации, могут содержать металлические электроды, например – один или более анодов, один или более катодов и/или один или более биполярных электродов. Термин «металлические электроды» или его грамматические вариации при использовании в контексте настоящего изобретения следует понимать как охватывающий электроды, изготовленные из одного или более металлов, содержащие один или более металлов или состоящие из одного или более металлов, например – из титана, алюминия или никеля, хотя термин «металлический электрод» не исключает электродов, содержащих другие металлы или сплавы или состоящих из других металлов или сплавов. В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения «металлический электрод» может содержать несколько слоев различных металлов. Металлические электроды, используемые в одном или более вариантах осуществления настоящего изобретения, раскрытых в данной публикации, могут содержать центральную часть, состоящую из материала с высокой электропроводностью, например – из меди или алюминия, покрытую металлом или оксидом металла, обладающим высокой устойчивостью против

химического воздействия растворов электролитов, например – покрытую слоем титана, платины, смешанного оксида металла (ММО), магнетита, феррита, кобальтовой шпинели, тантала, платины, иридия, серебра, золота или других материалов покрытий. «Металлические электроды» могут быть покрыты

5 покрытием, устойчивым против окисления, например, но без ограничения этим, платиной, смешанным оксидом металла (ММО), магнетитом, ферритом, кобальтовой шпинелью, танталом, палладием, иридием, серебром, золотом или другими материалами покрытий. Смешанные оксиды металлов, используемые в вариантах осуществления настоящего изобретения, раскрытых в данной

10 публикации, могут включать оксид или оксиды одного или более металлов, выбранных из рутения, родия, тантала (необязательно в форме сплава с сурьмой и/или марганцем), титана, иридия, цинка, олова, сплава титана и никеля, сплава титана и меди, сплава титана и железа, сплава титана и кобальта или других подходящих металлов или сплавов. Аноды, используемые в вариантах

15 осуществления настоящего изобретения, раскрытых в данной публикации, могут быть покрыты платиной и/или оксидом или оксидами одного или более металлов, выбранных из иридия, рутения, олова, родия или тантала (необязательно в форме сплава с сурьмой и/или марганцем). Катоды, используемые в вариантах осуществления настоящего изобретения, раскрытых в данной публикации, могут

20 быть покрыты платиной и/или оксидом или оксидами одного или более металлов, выбранных из иридия, рутения и титана. Электроды, используемые в вариантах осуществления настоящего изобретения, раскрытых в данной публикации, могут содержать основу из одного или более элементов, выбранных из титана, тантала, циркония, ниобия, вольфрама и/или кремния. Электроды любой

25 электрохимической ячейки в любой из систем, раскрытых в данной публикации, могут иметь форму или быть изготовленными из пластин, листов, фольги, экструдированных и/или спеченных материалов.

Некоторые аспекты и варианты осуществления электрохимических ячеек, включенных в системы, раскрытые в данной публикации, описаны как

30 содержащие жесткие электроды. При использовании в контексте настоящего изобретения термин «жесткий» объект означает объект, который сохраняет свою форму в отсутствие приложенных сил при нормальной рабочей температуре и/или при повышенной температуре. При использовании в контексте настоящего изобретения термин «жесткий электрод» означает электрод, имеющий

35 достаточную механическую жесткость, так что он сохраняет свою форму и обеспечивает разделение между соседними электродами или витками электродов в различных вариантах осуществления электрохимических ячеек и

устройств, раскрытых в данной публикации, без необходимости использования разделителей. Например, гибкую пленку, имеющую металлическое покрытие, нельзя считать «жестким электродом» в контексте настоящего изобретения.

5 Термин «трубка» при использовании в контексте настоящего изобретения включает цилиндрические трубки, однако не исключает трубки, имеющие другие геометрии поперечных сечений, например – трубки, имеющие квадратные, прямоугольные, овальные или плоскоовальные геометрии или геометрии поперечного сечения, имеющие форму правильного или неправильного многоугольника.

10 При использовании в контексте настоящего изобретения термины «концентрические трубки» или концентрические спирали» включают трубки или вложенные друг в друга спирали, имеющие общую центральную ось, но не исключают трубки или вложенные друг в друга спирали, окружающие общую ось, которая не обязательно является центральной для каждой из концентрических
15 трубок или вложенных друг в друга спиралей, входящих в совокупность концентрических трубок или вложенных друг в друга спиралей.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения линия, идущая от центральной оси электрохлорирующей ячейки к периферии электрохлорирующей ячейки в плоскости, расположенной нормально к
20 центральной оси, проходит через несколько электродных пластин. Несколько электродных пластин могут включать несколько анодов, и/или несколько катодов, и/или несколько биполярных электродов. Центральная ось может быть параллельна среднему направлению потока жидкости через электрохимическую ячейку.

25 В вариантах осуществления электрохимических ячеек, включенных в системы, раскрытые в данной публикации, которые содержат несколько анодных или катодных трубчатых электродов, несколько анодных трубчатых электродов можно рассматривать совместно в качестве анода или анодной трубки, а несколько катодных трубчатых электродов можно рассматривать совместно в
30 качестве катода или катодной трубки. В вариантах осуществления электрохимических ячеек, включенных в системы, которые содержат несколько анодных и/или несколько катодных трубчатых электродов, несколько анодных трубчатых электродов и/или несколько катодных трубчатых электродов можно рассматривать совместно в качестве анодно-катодной пары.

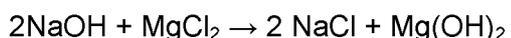
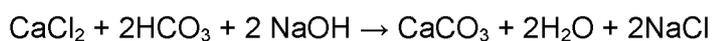
35 В некоторых аспектах и вариантах осуществления электрохимических ячеек, включенных в системы, раскрытые в данной публикации, которые содержат концентрические трубчатые электроды, например – один или более

анодов и/или катодов, как раскрыто в данной публикации, электроды конфигурированы и выполнены с возможностью направления жидкости через один или более зазоров между электродами в направлении, параллельном центральной оси электрохимической ячейки. В некоторых аспектах и вариантах осуществления электрохимических ячеек, содержащих концентрические трубчатые электроды, например – один или более анодов и/или катодов, как раскрыто в данной публикации, электроды конфигурированы и выполнены с возможностью направления всей жидкости, поступающей в электрохимическую ячейку, через один или более зазоров между электродами в направлении, параллельном центральной оси электрохимической ячейки.

Электрохимические ячейки используют в морских, прибрежных, муниципальных, промышленных и коммерческих прикладных задачах. Конструктивные параметры электрохлорирующих ячеек, содержащих множество концентрических электродных трубок, например – межэлектродное расстояние, толщину электродов и плотность покрытия, площади электродов, способы электрических соединений и т.п., можно подобрать для различных применений. Аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в данной публикации, не ограничены числом электродов, расстоянием между электродами, материалом электродов или материалом разделителей, числом проходов внутри электрохлорирующей ячейки или материалом покрытия электродов.

Заявка PCT.US2016.018210 полностью включена в данную публикацию посредством ссылки для любых целей.

Большой проблемой STE-ячеек является образование твердых отложений на катоде, которое ограничивает общую концентрацию раствора гипохлорита, которая может быть получена. Если локальный pH на катоде достигает диапазона от 10,7 до 11, то магний, содержащийся в растворе, начинает выпадать в осадок с образованием гидроксида магния и закупоркой поверхности электрода. Не желая ограничиваться конкретной теорией, отметим, что на катоде STE-ячейки могут протекать следующие реакции, приводящие к образованию твердых отложений:



Потенциальная возможность образования твердых отложений может также увеличиться из-за присутствия избыточного количества водорода (уменьшение объема) и высокой температуры (ускорение кинетики). Если

твердые отложения образуются непрерывно, то они могут закупорить зазор между электродами СТЕ-ячейки, что вызывает отказ системы.

Две меры для предотвращения образования твердых отложений состоят в следующем:

- 5 • Турбулентность: считают, что при линейных скоростях свыше 2 м/с электроды очищаются от твердых отложений;
- Плотность тока: номинальной является плотность тока, равная 3000 А/м², но ее можно снизить до примерно 1500 А/м².

Аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в
10 данной публикации, предложены для эксплуатации систем, содержащих множество СТЕ-ячеек, с получением продукта с более высокой концентрацией NaOCl, чем можно было достичь ранее, без образования твердых отложений в СТЕ-ячейках систем. Аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения могут обеспечивать эти преимущества за счет выбора подходящих
15 конфигураций СТЕ-ячеек с подходящими линейными скоростями течения и плотностями токов. Другими параметрами, которые можно выбрать или отрегулировать для обеспечения высокой концентрации продукта без образования твердых отложений в ячейке, являются состав подаваемой воды (например, содержание твердых веществ (TDS; от англ.: total dissolved solids), pH
20 и т.п.) и/или кинетические параметры (например, температура, объемная скорость потока и т.п.).

Другим аспектом конструкции ячеек является объемный профиль, поскольку большие объемные профили соответствуют относительно более высоким эксплуатационным расходам (OPEX; от англ.: operational expenditures).
25 СТЕ-ячейки согласно предшествующему уровню техники, например – показанные на Фиг.1А-1С, имели площадь поверхности анода, равную примерно 0,138 м², при примерном объеме, равном 0,02 м³. Однако СТЕ-ячейки согласно современному уровню техники, содержащие множество чередующихся концентрических анодов и катодов, например – показанные на Фиг.2А-2С, имеют площадь поверхности
30 анода, равную примерно 0,85 м², при таком же объеме. Это означает примерно 6-кратное увеличение при том же объемном профиле.

В некоторых примерах осуществления СТЕ-ячейки согласно предшествующему уровню техники, работающие в регионах с высокими температурами (от 40°C до 45°C) и с морской водой, имеющей содержание
35 растворенных твердых веществ (TDS), превышающее среднее, были ограничены в отношении концентрации генерируемого гипохлорита натрия, которую можно было получить, и объемной скорости потока, которую нужно было поддерживать

для предотвращения образования твердых отложений. В одном из примеров содержащей СТЕ-ячейки установки согласно предшествующему уровню техники, расположенной на Ближнем Востоке, ячейки могли генерировать раствор продукта, содержащий $1000 \text{ млн}^{-1} \text{ NaOCl}$, но они работали при 5 объемной скорости потока, равной $8 \text{ м}^3/\text{час}$, и плотности тока, равной 3000 А/м^2 , и при этом в них все-таки скапливались твердые отложения, которые удаляли в ходе операций очистки, которые выполняли через каждые два-три месяца. В сходных условиях СТЕ-ячейки согласно современному уровню техники могут производить раствор продукта, содержащий $1000 \text{ млн}^{-1} \text{ NaOCl}$, работать при 10 объемной скорости, равной $7,5 \text{ м}^3/\text{час}$, и не требовать очистки из-за образования твердых отложений по истечении 8 месяцев работы. В другом примере СТЕ-ячейки согласно современному уровню техники, описанные в заявке РСТ № РСТ/US2018/027564, содержание которой полностью включено в данную публикацию посредством ссылки, способны работать при такой же высокой 15 температуре с морской водой с высоким уровнем TDS и генерировать раствор продукта с концентрацией NaOCl , лежащей в диапазоне от 2500 млн^{-1} до 3000 млн^{-1} , при работе с линейной скоростью течения, лежащей в диапазоне от 2 м/с до 3 м/с , и плотностью тока, равной 3000 А/м^2 , при этом они являются самоочищающимися и не образуют твердых отложений.

20 Различные конфигурации электрохимических ячеек, раскрытые в данной публикации, могут работать в соответствии с различными конструктивными параметрами. Фиг. 3 содержит таблицы, в которых перечислены конструктивные параметры четырех различных примеров систем, каждая из которых содержит 20 электрохимических ячеек, соединенных последовательно. Пример 1 является 25 системой, содержащей двухтрубчатые электрохимические ячейки, имеющие диаметры, равные примерно 50 мм , и длины, равные примерно 1 м . Пример 2 является системой, содержащей трехтрубчатые электрохимические ячейки, имеющие диаметры, равные примерно 50 мм , и длины, равные примерно $1,2 \text{ м}$. Пример 3 является системой, содержащей трехтрубчатые электрохимические 30 ячейки, имеющие диаметры, равные примерно 100 мм , и длины, равные примерно $1,2 \text{ м}$. Пример 4 является системой, содержащей пятитрубчатые электрохимические ячейки, имеющие диаметры, равные примерно 100 мм , и длины, равные примерно $1,2 \text{ м}$. Производство NaOCl (параметры PROD. RATE (ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ), CELL OUTPUT (ВЫХОД ЯЧЕЙКИ) на Фиг. 3) каждого 35 примера системы было рассчитано с использованием плотности тока, равной 3000 А/м^2 , через электроды каждой электрохимической ячейки. Каждый пример имел рекомендованную максимальную объемную скорость потока, которую

можно задать на основе соответствующего падения давления на электрохимических ячейках и их механической прочности, и рекомендованную минимальную объемную скорость потока, которую можно задать на уровне, препятствующем образованию твердых отложений в электрохимических ячейках.

- 5 Системы можно эксплуатировать с предохранительным устройством, которое прекращает подачу тока к электрохимическим ячейкам, если объемная скорость потока через ячейки падает ниже минимального значения (параметры LIMIT TRIP (ПРЕДЕЛ ДЛЯ ОТКЛЮЧЕНИЯ) на Фиг. 3.

10 Как проиллюстрировано на Фиг. 3, варианты осуществления электролизной системы могут содержать, например, 20 электрохимических ячеек, соединенных последовательно, так что все ячейки работают при одной и той же линейной скорости течения и плотности тока. Одним из примеров является плотность тока, равная 3000 A/m^2 . Другие системы могут работать при плотностях тока, лежащих в диапазоне от 1500 A/m^2 до 3000 A/m^2 , от 3000 A/m^2 до 6000 A/m^2 ,
15 от 500 A/m^2 до 1500 A/m^2 или от 0 A/m^2 до 500 A/m^2 . В некоторых примерах линейная скорость течения жидкости через электрохимические ячейки может составлять от 2 м/с до 3 м/с , но в других примерах она может лежать в диапазоне от $0,5 \text{ м/с}$ до 2 м/с , от 3 м/с до 6 м/с или от 10 м/с до 15 м/с . Идентификация различных вариантов осуществления на Фиг. 3 не означает, что эти варианты
20 являются строго определенными. Например, электролизные системы, содержащие электролитическую ячейку, работающую при плотности тока из одного или более вариантов осуществления 1-4 могут работать при линейных скоростях течения в ячейке из любого из вариантов осуществления 5-9.

Варианты осуществления электролитической системы могут содержать
25 множество электрохимических ячеек, которые могут быть гидравлически и/или электрически соединены последовательно и/или параллельно. Фиг. 4 иллюстрирует 4 различных примера расположения гидравлических соединений между электрохимическими ячейками в электролитической системе. Во всех примерах из Фиг. 4 ячейки 1, 2 и 3 могут иметь одинаковые или различные
30 линейные скорости течения в зависимости от соответствующих поперечных сечений потоков и одинаковые или различные плотности тока в зависимости от соответствующих площадей электродов. Следует понимать, что примеры, проиллюстрированные на Фиг. 4, демонстрируют лишь соединения между соседними ячейками. Примеры, проиллюстрированные на Фиг. 4, можно
35 расширить так, чтобы они включали электролитические системы с большим числом, например – 20 и более, электрохимических ячеек, причем соседние

электрохимические ячейки гидравлически связаны согласно одному или более примерам, проиллюстрированным на Фиг. 4.

Различные расположения подключений питания к соседним электрохимическим ячейкам электролитической системы проиллюстрированы в примерах, показанных на Фиг. 5. Как показано, соседние электрохимические ячейки могут быть электрически соединены последовательно, параллельно, в виде комбинации последовательного и параллельного соединений, или каждая из них может питаться от отдельного специально выделенного источника питания. Во всех примерах, изображенных на Фиг. 5, ячейки 1, 2 и 3 могут иметь одинаковые или различные плотности токов в зависимости от соответствующих площадей электродов. Примеры, проиллюстрированные на Фиг. 5, можно расширить так, чтобы они включали электролитические системы с большим числом, например – 20 и более, электрохимических ячеек, причем соседние электрохимические ячейки электрически соединены согласно одному или более примерам, проиллюстрированным на Фиг. 5.

В некоторых вариантах осуществления электролитических систем, раскрытых в данной публикации, жидкость можно рециркулировать между выпускным отверстием ячейки, расположенной ниже по течению, и впускным отверстием электрохимической ячейки, расположенной выше по течению. Фиг. 6 иллюстрирует три примера рециркуляции жидкости через электрохимические ячейки в электролитической системе. В примере 1 ячейка, расположенная выше по течению, может содержать рециркуляционную линию, которая рециркулирует по меньшей мере часть жидкости из выпускного отверстия ячейки, расположенной выше по течению, к впускному отверстию ячейки, расположенной выше по течению, тогда как ячейка, расположенная ниже по течению, не подключена к рециркуляционной линии. В примере 2 ячейка, расположенная ниже по течению, может содержать рециркуляционную линию, которая рециркулирует по меньшей мере часть жидкости из выпускного отверстия ячейки, расположенной ниже по течению, к впускному отверстию ячейки, расположенной ниже по течению, тогда как ячейка, расположенная выше по течению, не подключена к рециркуляционной линии. В примере 3 ячейка, расположенная ниже по течению, может содержать рециркуляционную линию, которая рециркулирует по меньшей мере часть жидкости из выпускного отверстия ячейки, расположенной ниже по течению, к впускному отверстию ячейки, расположенной выше по течению. Во всех примерах, проиллюстрированных на Фиг. 6, рециркуляция может быть осуществлена в одной или более ячейках, имеющих одинаковые или различные линейные скорости течения жидкости в зависимости

от соответствующих поперечных сечений потоков и одинаковые или различные плотности токов в зависимости от соответствующих площадей электродов. Следует понимать, что рециркуляцию можно осуществить через множество электрохимических ячеек, а не только через ограниченное число, проиллюстрированное на Фиг. 6. Например, ячейку 1 или ячейку 2 на Фиг. 6 можно заменить несколькими электрохимическими ячейками, гидравлически соединенными последовательно и/или параллельно.

Варианты осуществления электролитических систем, раскрытых в данной публикации, могут включать бак для раствора продукта, который принимает обработанную жидкость от одной или более электрохимических ячеек. Как проиллюстрировано в примере из Фиг. 7, бак для раствора продукта может подпитываться от одной или более ячеек, при этом через одну или более ячеек осуществляют рециркуляцию из бака для раствора продукта. Одна или более ячеек могут иметь одинаковые или различные линейные скорости течения жидкости в зависимости от соответствующих поперечных сечений потоков и одинаковые или различные плотности токов в зависимости от соответствующих площадей электродов. Следует понимать, что рециркуляцию можно выполнить через несколько электрохимических ячеек, а не только через одну ячейку, изображенную на Фиг. 7. Например, ячейку 1 или ячейку 2 на Фиг. 7 можно заменить несколькими электрохимическими ячейками, гидравлически соединенными последовательно и/или параллельно.

Фиг. 8 изображает проточную электролитическую систему, содержащую три СТЕ-ячейки 305 согласно современному уровню техники, соединенные последовательно. Насос 310 конфигурирован и выполнен с возможностью перекачки исходной жидкости, например – морской воды, рассола или солонатовой воды, из источника исходной жидкости 315 через ячейки 305. Насос 310 или любые насосы в различных вариантах осуществления, раскрытых в данной публикации, могут содержать один или более датчиков, например – расходомер или другой датчик для определения одного или более показателей качества, например – датчики для измерения рН, температуры, окислительно-восстановительного потенциала (ORP; от англ.: oxidation-reduction potential), электропроводности или растворенного кислорода в жидкости, проходящей через насос. Насос 310 и любые включенные в него датчики могут иметь связь с системой управления, например, как показано на Фиг. 16, для обеспечения текущего контроля и регулирования работы системы. В других вариантах осуществления в электролитической системе не используют контроллер, а

линейную скорость течения жидкости через ячейки системы и плотности токов через ячейки задают и поддерживают на постоянных уровнях.

Хлорированную жидкость, генерируемую в ячейках, можно хранить в баке 320 для раствора продукта до момента использования продукта. Хлорированная жидкость, генерируемая в ячейках, может иметь концентрацию NaOCl, равную, например, примерно 3000 млн^{-1} . В такой конфигурации номинальная линейная скорость течения жидкости может лежать в диапазоне от 2 м/с до 3 м/с, например – она может быть равной 2 м/с или 2 м/с или более; номинальная плотность тока может быть равной 3000 А/м^2 , а номинальная площадь электродов может примерно в 18 раз превышать площадь электродов согласно предшествующему уровню техники. Бак 320 для раствора продукта или любые баки для растворов продуктов в различных вариантах осуществления, раскрытых в данной публикации, могут содержать один или более датчиков S, например – расходомер или другой датчик для определения одного или более показателей качества, например - датчики для измерения pH, температуры, окислительно-восстановительного потенциала (ORP), электропроводности или растворенного кислорода в жидкости, поступающей или содержащейся в баке 320 для раствора продукта. Любые датчики, содержащиеся в баке 320 для раствора продукта, могут иметь связь с системой управления, например, как показано на Фиг. 16, для обеспечения текущего контроля и регулирования работы системы. Следует понимать, что в систему, изображенную на Фиг. 8, или в любые другие системы, раскрытые в данной публикации, могут быть включены дополнительные баки, клапаны или насосы в соответствующих положениях, которые будут очевидными для специалистов в данной области техники.

Фиг. 9 изображает электролитическую систему типа «подпитка и дренаж», в которой хлорированную жидкость, произведенную в ячейках 305, можно вернуть вверх по течению, чтобы смешать с исходной жидкостью, поступающей в насос 310 через рециркуляционную линию 425. Рециркуляционная линия 425 может содержать один или более насосов и/или клапанов (не показаны). Опять-таки, номинальная линейная скорость течения жидкости может лежать в диапазоне от 2 м/с до 3 м/с, например – она может быть равной 2 м/с или 2 м/с или более, а номинальная плотность тока может быть равной 3000 А/м^2 . В такой конфигурации можно повысить общую концентрацию гипохлорита в полученной обработанной жидкости, например, до примерно $6000 \text{ млн}^{-1} \text{ NaOCl}$ или более; однако, как указано выше, при повышении концентрации и pH раствора следует уделить внимание образованию твердых отложений на катоде.

Из вышесказанного и необходимости регулирования температуры/образования H_2 можно представить себе альтернативные ориентации систем для компенсации повышения рН и, соответственно, повышения концентрации продукта. Такие системы по-прежнему будут иметь
5 меньшие общие размеры по сравнению с предшествующим уровнем техники.

Фиг. 10 изображает проточную электролизную систему, состоящую из нескольких, например – из шести или более или до 20 и более, СТЕ-ячеек 305 согласно современному уровню техники, соединенных последовательно, хотя
10 следует понимать, что такие системы могут также содержать менее шести ячеек 305, например – четыре или пять ячеек 305, соединенных последовательно. Меньшая плотность тока, например – 1500 A/m^2 , 1000 A/m^2 или 500 A/m^2 , подана через электроды ячеек, расположенных в конце системы, чем в случае ячеек, расположенных в начале системы, ближе к впускному отверстию, для компенсации повышения рН. Приложенная плотность тока может снижаться от
15 наибольшего значения, например – равного 2500 A/m^2 в случае ячейки 305, расположенной выше всего по течению, до, например, 2000 A/m^2 и 1500 A/m^2 во второй и третьей ячейках 305, расположенных последовательно. Приложенная плотность тока может снижаться дальше в ячейках, расположенных еще ниже по течению, или она может достигнуть постоянного значения, например – равного
20 1500 A/m^2 , 1000 A/m^2 или 500 A/m^2 в соседних ячейках 305, расположенных ниже по течению. Линейная скорость течения жидкости может быть одинаковой, например – лежащей в диапазоне от 2 м/с до 3 м/с, равной 2 м/с или равной 2 м/с или более, во всех ячейках 305, входящих в систему.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения может быть
25 предложена система, сходная с изображенной на Фиг. 10, но плотность тока во всех ячейках 305 может быть снижена до значения, лежащего ниже номинальной плотности тока в ячейках, входящих в системы из Фиг. 8 и Фиг. 9, например – до 1500 A/m^2 , как проиллюстрировано на Фиг. 11. Линейная скорость течения жидкости может быть одинаковой, например – лежащей в диапазоне от 2 м/с до 3
30 м/с, равной 2 м/с или равной 2 м/с или более, во всех ячейках 305, входящих в систему.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения линейную скорость течения жидкости через одну или более ячеек, входящих в систему СТЕ-ячеек, можно отрегулировать до уровня, при котором снижается или
35 прекращается образование твердых отложений. В системе, содержащей несколько СТЕ-ячеек, соединенных последовательно, ячейки, которые предположительно будут обрабатывать жидкость с более высоким значением рН,

например – ячейки, расположенные в нижней по течению части системы, можно эксплуатировать при линейной скорости течения жидкости через ячейки, установленной на более высоком уровне, чем линейная скорость течения жидкости через ячейки, которые предположительно будут обрабатывать жидкость

5 с более низким значением рН, например – ячейки, расположенные в верхней по течению части системы. В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения этого можно достичь при работе вышележащих по течению СТЕ-ячеек при параллельном соединении, а нижележащих по течению СТЕ-ячеек при последовательном соединении. Например, как проиллюстрировано на Фиг.12,

10 имеется четыре ячейки 305U, расположенные выше по течению, и две или более ячеек 305D, расположенные ниже по течению. Впускное отверстие к группе ячеек, лежащих ниже по течению, находится в гидравлической связи с объединенным выпускным отверстием вышележащих ячеек. Первая группа или первая параллельная пара вышележащих ячеек находится в гидравлической связи со

15 второй группой или второй параллельной парой вышележащих ячеек. Поток жидкости из выпускных отверстий второй параллельной пары вышележащих ячеек объединен и поступает во впускное отверстие первой группы нижележащих ячеек. Линейная скорость течения жидкости, поступающей в первую группу нижележащих ячеек, является суммой линейных скоростей течения жидкости,

20 выходящей из выпускных отверстий второй параллельной пары вышележащих ячеек. По меньшей мере вторая и, в некоторых вариантах осуществления, более двух дополнительных нижележащих ячеек подсоединены последовательно ниже по течению относительно первой группы нижележащих ячеек. Линейная скорость течения жидкости через каждую из вышележащих ячеек может лежать в

25 диапазоне от 2 м/с до 3 м/с, например – быть равной 2 м/с или равной 2 м/с или более. Линейная скорость течения жидкости через каждую из нижележащих ячеек может лежать в диапазоне от 4 м/с до 6 м/с, например – быть равной 4 м/с или равной 4 м/с или более. Плотность тока, приложенная ко всем вышележащим ячейкам и ко всем нижележащим ячейкам, может быть одинаковой, например –

30 равной 3000 А/м². В других вариантах осуществления настоящего изобретения плотность тока через электроды вышележащих ячеек может быть выше или ниже плотности тока через электроды нижележащих ячеек. Следует понимать, что система, сходная с изображенной на Фиг. 12, может содержать больше двух параллельно соединенных ячеек в каждой группе вышележащих ячеек и/или

35 может содержать больше двух групп параллельных ячеек. В некоторых вариантах осуществления плотность тока и/или объемная скорость потока в

различных СТЕ-ячейках, входящих в группу параллельных СТЕ-ячеек, или в различных последовательно соединенных СТЕ-ячейках является различной.

Линейную скорость течения жидкости через СТЕ-ячейки в последовательной конфигурации, например, изображенной на Фиг. 10 и Фиг. 11, можно также повысить выше номинального потока жидкости через ячейки системы, как показано на Фиг. 13 или Фиг. 14. Более высокая линейная скорость течения жидкости через ячейки может позволить работу всех ячеек при более высокой плотности тока, чем в случае ячеек, входящих в системы из Фиг. 10 или Фиг. 11, но по-прежнему с образованием малого количества твердых отложений или вообще без образования твердых отложений. Как проиллюстрировано на Фиг. 13, более высокая линейная скорость течения жидкости может лежать в диапазоне от 4 м/с до 6 м/с, например, она может быть равна 4 м/с или 4 м/с или более. Плотность тока, приложенная к последовательно соединенным ячейкам, работающим при более высоком потоке жидкости, как показано на Фиг. 12, может быть равной, например, 3000 А/м². Приложенная плотность тока может быть одинаковой во всех последовательно соединенных ячейках, работающих при более высокой линейной скорости течения жидкости, как проиллюстрировано на Фиг. 13, но в других вариантах осуществления настоящего изобретения она может быть различной в различных ячейках, например – более низкой в ячейках, расположенных ниже по течению, чем другие ячейки, и более высокой в ячейках, расположенных выше по течению, чем другие ячейки системы.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения СТЕ-ячейка может находиться в трубопроводе для жидкости типа «подпитка и дренаж». Трубопровод для жидкости типа «подпитка и дренаж» может удалять и возвращать жидкость в бак для продукта, входящий в систему, такую как показанная на Фиг. 8, которая содержит несколько, например – две, три или более последовательно соединенных СТЕ-ячеек, которые доставляют обработанную жидкость в бак для продукта. Одна из конфигураций варианта осуществления, в котором параллельная СТЕ-ячейка обрабатывает и рециркулирует жидкость из бака для продукта, проиллюстрирована на Фиг. 14. Обработка и рециркуляция жидкости из бака 320 для продукта через параллельную ячейку 905, насос 910 и трубопровод 915 для жидкости типа «подпитка и дренаж» увеличивают концентрацию NaOCl в баке 320 для продукта без увеличения риска образования твердых отложений в последовательно соединенных СТЕ-ячейках 305. Последовательно соединенные СТЕ-ячейки 305 могут работать при номинальных линейных скоростях течения жидкости, лежащих в диапазоне от 2 м/с до 3 м/с, например – равных 2 м/с или 2 м/с или

более, и при номинальных плотностях тока, равных 3000 A/m^2 . Параллельная СТЕ-ячейка 905 может работать при линейной скорости течения жидкости, равной $X \text{ м/с}$, и плотности тока, равной $Y \text{ A/m}^2$. Значения X и Y можно выбрать, например, на основании желаемой концентрации NaOCl в баке 320 для продукта.

5 В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения линейная скорость течения жидкости через параллельную СТЕ-ячейку 905 может лежать в диапазоне от 2 м/с до 3 м/с , например – она может быть равна 2 м/с или 2 м/с или более, или она может лежать в диапазоне от 4 м/с до 6 м/с , например – она может быть равна 4 м/с или 4 м/с или более. Плотность тока, подаваемого через
10 электроды параллельной СТЕ-ячейки может быть равна, например, 1500 A/m^2 , 2000 A/m^2 , 2500 A/m^2 или 3000 A/m^2 , она может быть менее 1500 A/m^2 или более 3000 A/m^2 . Концентрация NaOCl в жидкости, содержащейся в баке 320 для продукта, может быть задана или поддерживаться на уровне, например, 3000 млн^{-1} или выше, например – до 6000 млн^{-1} или выше, за счет рециркуляции
15 жидкости, содержащейся в баке для продукта, через параллельную СТЕ-ячейку 905. Система может работать при постоянных условиях, когда обработанную жидкость извлекают из бака для продукта с той же объемной скоростью, с которой жидкость течет через последовательно соединенные СТЕ-ячейки 305, например – со скоростью, лежащей в диапазоне от 2 м/с до 3 м/с , равной 2 м/с
20 или 2 м/с или более. Система может работать в условиях, когда обработанную жидкость извлекают из бака для продукта с линейной скоростью, которая меньше скорости, с которой жидкость течет через последовательно соединенные СТЕ-ячейки 305, для повышения концентрации NaOCl в баке для продукта, или она может работать в условиях, когда обработанную жидкость извлекают из бака для
25 продукта с линейной скоростью, которая больше скорости, с которой жидкость течет через последовательно соединенные СТЕ-ячейки 305, необязательно – с приостановленным потоком жидкости через параллельную СТЕ-ячейку 905, для снижения концентрации NaOCl в баке для продукта.

Другой вариант осуществления системы электрохимических ячеек типа
30 «подпитка и дренаж» проиллюстрирован на Фиг. 15А. В этой конфигурации клапаны CV1 и CV2 открыты, тогда как клапаны CV3 и CV4 закрыты. Электролизер, который может содержать одну или более СТЕ-ячеек, гидравлически и/или электрически соединенных последовательно и/или параллельно, и который может содержать группу СТЕ-ячеек, расположенных
35 согласно любому из ранее описанных вариантов осуществления, работает через насос А, который проводит исходную жидкость от впускного отверстия системы до заполнения бака для продукта. Во время операций заполнения или подпитки

бака насос А может работать, например, при объемной скорости потока, равной $12 \text{ м}^3/\text{ч}$, или обеспечивать течение жидкости через электролизер с линейной скоростью, лежащей в диапазоне от 2 м/с до 3 м/с . Номинальная концентрация NaOCl в баке для продукта может лежать в диапазоне от примерно 1500 млн^{-1} до

5 примерно 1800 млн^{-1} . После того как бак для продукта заполнен, клапан CV1 закрывается, а клапан CV3 открывается. Электролизер снова работает через насос А, и раствор, находящийся в баке для продукта, рециркулирует обратно через электролизер и возвращается в бак для продукта. Во время операции рециркуляции работа может производиться при более высокой линейной

10 скоростью течения для усиления самоочистки СТЕ-ячеек электролизера. В некоторых случаях линейная скорость течения жидкости через электролизер во время операции рециркуляции может лежать в диапазоне от 4 м/с до 5 м/с (насос А работает, например, с объемной скоростью, равной $24 \text{ м}^3/\text{ч}$), и в других ячейках она может быть выше. Максимальная линейная скорость течения жидкости

15 может зависеть от номинального значения давления в СТЕ-ячейках электролизера. Система может работать непрерывно для достижения более высокой концентрации продукта. В некоторых случаях концентрация NaOCl в продукте может достичь 3000 млн^{-1} . В других случаях может быть достигнута еще более высокая концентрация NaOCl. Пиковая концентрация NaOCl в баке для

20 продукта может зависеть от равновесия между выпадением в осадок Mg и Ca и максимальной линейной скоростью самоочистки. Для дозирования продукта в точке использования клапаны CV1 и CV2 закрывают, тогда как клапаны CV3 и CV4 открывают. Затем используют насосы А и В для получения внешней ударной дозы в точке использования с использованием объема раствора в баке для

25 продукта. В таблице на Фиг. 15В приведены примеры скоростей течения и состояний клапанов и электролизера во время операций подпитки, рециркуляции и ударного дозирования.

В некоторых вариантах осуществления, например – в показанных на Фиг. 15А, бак для продукта или баки для продуктов любых систем, раскрытых в

30 данной публикации, могут содержать нижний конец, имеющий скошенные, например – конические, боковые стенки 325 и выпускное отверстие 330 для осадка, которое может открываться или закрываться, например – с использованием клапана CV5. Кальциевые и магниевые осадки имеют большую плотность, чем гипохлорит натрия или морская вода, и могут оседать в баке для

35 продукта. Осевшие осадки можно вымывать из бака для продукта через желаемые интервалы времени или после достижения неприемлемого уровня, например – с использованием жидкости, например – морской воды, закачиваемой

в бак для продукта насосом А. Клапан CV5 можно открыть во время промывки бака для продукта, чтобы обеспечить вымывание осадков наружу.

Системы, раскрытые в данной публикации, могут обрабатывать технологическую жидкость, или электролит, который в некоторых вариантах осуществления является морской водой, рассолом или солоноватой водой из источников, являющихся внешними и/или внутренними относительно систем. Например, если система является системой морского базирования, то внешним источником может быть океан, а внутренним источником может быть, например, балластная цистерна морского судна. В случае наземной системы внешним источником может быть океан, а внутренним источником может быть солоноватая сточная вода из промышленного процесса, выполняемого в системе. Системы электрохлорирования, раскрытые в данной публикации, могут производить хлорированную воду и/или раствор, содержащий гипохлорит натрия, из воды, поступающей из источников питания, и могут распределять его по точкам использования. Точка использования может быть источником охлаждающей воды для системы, источником дезинфицирующего агента для балластной цистерны корабля, внутрискважинным резервуаром нефтебуровой системы или любой другой системой, в которой может использоваться хлорированная вода. Различные насосы, например – насосы 310 и 910, могут регулировать поток жидкости через системы. Один или более датчиков могут обеспечивать мониторинг одного или более параметров жидкости, текущей через системы, например – концентраций ионов, концентрации хлора, температуры или любого другого представляющего интерес параметра. Насосы и датчики могут быть связаны с системой управления или контроллером, который обменивается информацией с датчиками и насосами и регулирует работу насосов и других элементов системы для обеспечения желаемых рабочих параметров.

Контроллер, используемый для мониторинга и регулирования работы различных элементов системы, может включать компьютеризированную систему управления. Различные аспекты контроллера могут быть реализованы в форме специализированного программного обеспечения, исполняемого в компьютерной системе 1000 общего назначения, такой, как система, показанная на Фиг. 16. Компьютерная система 1000 может содержать процессор 1002, соединенный с одним или более запоминающих устройств 1004, таких как дисковый накопитель, твердотельное запоминающее устройство или другие устройства для хранения данных. Запоминающее устройство 1004 в характерном случае используют для хранения программ и данных во время работы компьютерной системы 1000. Компоненты компьютерной системы 1000 могут быть связаны соединительным

механизмом 1006, который может содержать одну или более шин (например, между компонентами, которые интегрированы внутри одной машины) и/или сеть (например, между компонентами, которые расположены в отдельных дискретных машинах). Соединительный механизм 1006 обеспечивает обмен сообщениями (например, данными, инструкциями) между компонентами системы 1000. Компьютерная система 1000 также содержит одно или более устройств 1008 ввода данных, например – клавиатуру, мышь, трекбол, микрофон, сенсорный экран, и одно или более устройств 1010 вывода данных, например – принтер, дисплейный экран и/или динамик.

10 Выходные устройства 1010 могут также включать клапаны, насосы или переключатели, которые можно использовать для подачи обрабатываемой воды (например, солоноватой воды или морской воды) из ее источника в систему электрохлорирования, раскрытую в данной публикации, или в точку использования, и/или для регулирования скорости работы насосов. Один или 15 более датчиков 1014 могут также передавать информацию в компьютерную систему 1000. Эти датчики могут включать, например, датчики давления, датчики концентрации химических веществ, датчики температуры, датчики объемной скорости течения жидкости или датчики любых других параметров системы, представляющих интерес для оператора системы электрохлорирования. Эти 20 датчики могут быть расположены в любой части системы, где они могут быть полезными, например – выше по течению относительно точки использования и/или электрохимической системы или в гидравлической связи с источником обрабатываемой жидкости. Кроме того, компьютерная система 1000 может содержать один или более интерфейсов (не показаны), которые соединяют 25 компьютерную систему 1000 с коммуникационной сетью в дополнение или в качестве альтернативы соединительному механизму 1006.

Система 1012 хранения данных, более подробно показанная на Фиг. 17, в характерном случае включает пригодный для считывания и записи информации долговременный носитель 1102 информации, в котором хранятся сигналы, 30 определяющие исполнение программы процессором 1002, или информация, которая должна быть обработана программой. Носителем информации может быть, например, диск или флеш-память. В характерном случае во время работы процессор обеспечивает перенос данных, которые должны быть считаны с долговременного носителя 1102 информации, в другое запоминающее 35 устройство 1104, которое обеспечивает более быстрый доступ процессора к информации, чем носитель 1102. Это запоминающее устройство 1104 в характерном случае является устройством кратковременной памяти с

произвольным доступом, таким как динамическое запоминающее устройство с произвольным доступом (DRAM; от англ.: dynamic random access memory) или статическое запоминающее устройство с произвольным доступом (SRAM; от англ.: static random access memory). Оно может быть расположено в системе 1012 хранения данных, как показано на чертеже, или в системе 1004 памяти. Процессор 1002 обычно манипулирует данными в запоминающем устройстве 1104 на интегральных схемах и затем копирует данные в устройство 1102 после завершения обработки. Известны различные механизмы управления движением данных между устройством 1102 и запоминающим устройством 1104 на интегральных схемах, и они не ограничены аспектами и вариантами осуществления, раскрытыми в данной публикации. Аспекты и варианты осуществления, раскрытые в данной публикации, не ограничены конкретной системой 1004 памяти или системой 1012 хранения данных.

Компьютерная система может включать специально запрограммированные аппаратные средства специального назначения, например – интегральную схему специального назначения (ASIC; от англ.: application-specific integrated circuit). Аспекты и варианты осуществления, раскрытые в данной публикации, могут быть реализованы в программном обеспечении, аппаратных средствах или аппаратно-программном обеспечении, а также в любой их комбинации. Кроме того, такие способы, действия, системы, элементы и компоненты систем могут быть реализованы в качестве части компьютерной системы, описанной выше, или в качестве независимого компонента.

Хотя компьютерная система 1000 показана на основе примера в форме одного типа компьютерной системы, на базе которой можно осуществить различные аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в данной публикации, следует понимать, что аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в данной публикации, не ограничены необходимостью их реализации на основе компьютерной системы, изображенной на Фиг. 16. Различные аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в данной публикации, можно осуществить на основе одного или более компьютеров, имеющих другую архитектуру или другие компоненты, отличающиеся от системы, изображенной на Фиг. 16.

Компьютерная система 1000 может быть компьютерной системой общего назначения, которую можно запрограммировать с использованием языка программирования высокого уровня. Можно также реализовать компьютерную систему 1700 с использованием специально запрограммированного аппаратного обеспечения специального назначения. В компьютерной системе 1000 процессор

1002 в характерном случае является коммерчески доступным процессором, таким как хорошо известные процессоры класса Pentium™ или Core™, которые можно приобрести в компании Intel Corporation. Доступны также многочисленные другие процессоры, в том числе программируемые логические контроллеры.

5 Такой процессор обычно использует операционную систему, которая может быть, например, операционной системой Windows 7, Windows 8 или Windows 10, которые можно приобрести в компании Microsoft Corporation, системой MAC OS System X, которую можно приобрести в компании Apple Computer, операционной системой Solaris, которую можно приобрести в компании Sun Microsystems, или
10 операционной системой UNIX, доступной из различных источников. Можно также использовать много других операционных систем.

Процессор и операционная система совместно определяют компьютерную платформу, для которой пишут прикладные программы на языках программирования высокого уровня. Следует понимать, что настоящее
15 изобретение не ограничено конкретной компьютерной системой, платформой, процессором, операционной системой или сетью. Также специалисту в данной области техники должно быть понятно, что аспекты и варианты осуществления, раскрытые в данной публикации, не ограничены конкретным языком программирования или конкретной компьютерной системой. Кроме того, следует
20 понимать, что можно использовать другие подходящие языки программирования и другие подходящие компьютерные системы.

Одна или более частей компьютерной системы могут быть распределены между одной или более компьютерными системами (не показаны), соединенными в коммуникационную сеть. Эти компьютерные системы также могут быть
25 компьютерными системами общего назначения. Например, различные аспекты настоящего изобретения могут быть распределены между одной или более компьютерными системами, конфигурированными с возможностью обеспечения обслуживания (например, серверами) одного или более клиентских компьютеров или выполнения общей задачи в качестве части распределенной системы.
30 Например, различные аспекты и варианты осуществления, раскрытые в данной публикации, могут быть осуществлены на базе клиент-серверной системы, которая включает компоненты, распределенные между одной или более серверными системами, которые выполняют различные функции в соответствии с различными аспектами и вариантами осуществления, раскрытыми в данной
35 публикации. Эти компоненты могут быть исполняемыми кодами, промежуточными кодами (например, кодами на промежуточном языке) или интерпретируемыми кодами (например, Java), которые обмениваются

информацией через коммуникационную сеть (например, Интернет) с использованием протокола коммуникации (например, TCP/IP). В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения один или более компонентов компьютерной системы 200 могут обмениваться информацией с одним или более другими компонентами через беспроводную сеть, включающую, например, систему сотовой телефонной связи.

Следует понимать, что аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в данной публикации, не ограничены использованием какой-либо конкретной системы или группы систем. Также следует понимать, что аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в данной публикации, не ограничены какой-либо конкретной распределенной архитектурой, сетью или протоколом коммуникации. Различные аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в данной публикации, могут быть запрограммированы с использованием объектно-ориентированного языка программирования, такого как SmallTalk, Java, C++, Ada или C# (C-Sharp). Также можно использовать другие объектно-ориентированные языки программирования. Альтернативно можно использовать функциональные, скриптовые и/или логические языки программирования, например – лестничную логику. Различные аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в данной публикации, могут быть реализованы в непрограммируемой среде (например, документы, созданные в HTML, XML или других форматах, которые при наблюдении в окне программы просмотра, воспроизводят аспекты графического интерфейса пользователя (GUI; от англ.: graphical-user interface) или выполняют другие функции). Различные аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения, раскрытые в данной публикации, могут быть реализованы в форме программируемых или непрограммируемых элементов или любой их комбинации.

ОПИСАНИЕ ПРИМЕРОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Для проверки схемы с параллельной подпиткой и дренажом (например, изображенной на Фиг. 14) содержимое бака для продукта, содержавшего 3,5%-ную синтетическую морскую воду, рециркулировали через одну СТЕ-ячейку при плотности тока, равной 2000 A/m^2 и 3000 A/m^2 , соответственно. Затем концентрациям продукта позволили нарастать с течением времени и достигли концентраций NaOCl, равных примерно 800 млн^{-1} , 1300 млн^{-1} , 2200 млн^{-1} , 3500 млн^{-1} и 6100 млн^{-1} , без образования осадка.

Фразеология и терминология, использованные в данной публикации, предназначены исключительно для описательных целей, и их не следует считать ограничивающими настоящее изобретение. При использовании в контексте настоящего изобретения термин «множество» относится к двум или более предметам или компонентам. Термины «состоящий из», «включающий», «несущий», «имеющий», «содержащий» и «охватывающий», как в описании настоящего изобретения, так и в формуле изобретения, являются неограничивающими терминами, то есть означают «включающий, но не ограниченный этим». Соответственно, использование этих терминов охватывает перечисленные далее предметы и их эквиваленты, а также дополнительные предметы. Только переходные фразы «состоящий из» и «по существу состоящий из» являются ограничивающими или квазиограничивающими переходными фразами, соответственно, применительно к формуле изобретения. Использование порядковых числительных, таких как «первый», «второй», «третий» и т.п. в формуле изобретения для обозначения элемента формулы изобретения само по себе не означает приоритета, предпочтения или порядка одного элемента формулы изобретения перед другим или последовательности во времени, в которой выполняют стадии способа, и их используют преимущественно в качестве меток, чтобы отличать один элемент формулы изобретения, имеющий определенное наименование, от другого элемента, имеющего такое же наименование (но с использованием порядкового числительного), то есть чтобы различать элементы формулы изобретения.

Соответственно, если описано несколько аспектов по меньшей мере одного варианта осуществления настоящего изобретения, то следует понимать, что специалист в данной области техники легко обнаружит различные изменения, модификации и усовершенствования. Любой признак, описанный в любом варианте осуществления, можно включить в любой другой вариант осуществления или заменить любым признаком другого варианта осуществления. Такие изменения, модификации и усовершенствования являются частью данного описания и входят в объем настоящего изобретения. Соответственно, приведенное выше описание и графические материалы являются всего лишь примерами.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система электрохлорирования, содержащая:

- источник исходного раствора;

5 - выпускное отверстие для раствора продукта; и

- множество находящихся в гидравлической связи электрохимических ячеек, расположенных между источником исходного раствора и выпускным отверстием для раствора продукта,

10 причем система выполнена с возможностью эксплуатации по меньшей мере одной ячейки из множества электрохимических ячеек при первой плотности тока или первой объемной скорости потока и эксплуатации другой ячейки из множества электрохимических ячеек при второй плотности тока или второй объемной скорости потока, отличающихся от соответствующих первой плотности тока или первой объемной скорости потока.

15

2. Система по п. 1, отличающаяся тем, что множество электрохимических ячеек являются последовательными электрохимическими ячейкам, гидравлически связанными последовательно.

20

3. Система по п. 1, отличающаяся тем, что множество электрохимических ячеек являются параллельными электрохимическими ячейкам, гидравлически связанными параллельно.

25

4. Система по п. 1, отличающаяся тем, что множество электрохимических ячеек включает одну или более последовательных электрохимических ячеек, гидравлически связанных последовательно с одной или более параллельных электрохимических ячеек, гидравлически связанных параллельно.

30

5. Система по любому из пунктов 2–4, отличающаяся тем, что множество электрохимических ячеек электрически соединено последовательно.

6. Система по любому из пунктов 2–4, отличающаяся тем, что множество электрохимических ячеек электрически соединено параллельно.

35

7. Система по любому из пунктов 2–4, отличающаяся тем, что множество электрохимических ячеек включает одну или более электрохимических ячеек,

которые электрически соединены последовательно с одной или более электрохимическими ячейками, которые электрически соединены параллельно.

5 8. Система по любому из пунктов 2–4, отличающаяся тем, что множество электрохимических ячеек включает одну или более электрохимических ячеек, которые электрически независимы от других ячеек из множества электрохимических ячеек.

10 9. Система по п. 1, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит контроллер, выполненный с возможностью эксплуатации первой электрохимической ячейки, гидравлически расположенной выше по течению относительно второй электрохимической ячейки, при первой плотности тока и эксплуатации второй электрохимической ячейки при второй плотности тока, причем первая плотность тока выше, чем вторая плотность тока.

15

10. Система по п. 9, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит третью электрохимическую ячейку, гидравлически расположенную между первой электрохимической ячейкой и второй электрохимической ячейкой.

20 11. Система по п. 10, отличающаяся тем, что контроллер дополнительно выполнен с возможностью эксплуатации третьей электрохимической ячейки при третьей плотности тока, которая ниже первой плотности тока, но выше второй плотности тока.

25 12. Система по п. 11, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит четвертую электрохимическую ячейку, гидравлически расположенную ниже по течению относительно второй электрохимической ячейки, причем контроллер дополнительно выполнен с возможностью эксплуатации четвертой электрохимической ячейки при второй плотности тока.

30

35 13. Система по п. 12, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит насос, причем контроллер дополнительно выполнен с возможностью побуждать насос обеспечивать поток жидкости от источника исходного раствора через каждую из первой, второй, третьей и четвертой электрохимических ячеек с первой объемной скоростью потока.

14. Система по п. 1, отличающаяся тем, что множество электрохимических ячеек включает первую группу параллельных электрохимических ячеек, гидравлически связанных параллельно и расположенных между источником исходного раствора и множеством последовательных электрохимических ячеек, гидравлически связанных последовательно.

15. Система по п. 14, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит контроллер, выполненный с возможностью эксплуатации каждой из электрохимических ячеек, входящих в группу параллельных электрохимических ячеек, при первой объемной скорости потока и эксплуатации каждой из электрохимических ячеек, входящих в множество последовательных электрохимических ячеек, при второй объемной скорости потока, причем первая объемная скорость потока ниже второй объемной скорости потока.

16. Система по п. 15, отличающаяся тем, что выпускные трубопроводы для жидкости, идущие от каждой электрохимической ячейки, входящей в группу параллельных электрохимических ячеек, объединены в один впускной трубопровод для жидкости для множества последовательно соединенных электрохимических ячеек.

17. Система по п. 15, отличающаяся тем, что контроллер дополнительно выполнен с возможностью эксплуатации каждой из электрохимических ячеек, входящих в группу параллельных электрохимических ячеек, и каждой из электрохимических ячеек, входящих в множество последовательных электрохимических ячеек, при первой плотности тока.

18. Система по п. 15, отличающаяся тем, что контроллер дополнительно выполнен с возможностью эксплуатации каждой из электрохимических ячеек, входящих в группу параллельных электрохимических ячеек, при первой плотности тока, и эксплуатации каждой из электрохимических ячеек, входящих в множество последовательных электрохимических ячеек, при второй плотности тока.

19. Система по п. 18, отличающаяся тем, что первая плотность тока больше второй плотности тока.

20. Система по п. 1, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит бак для раствора продукта, гидравлически связанный с выпускным отверстием множества электрохимических ячеек.

5 21. Система по п. 20, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит параллельную электрохимическую ячейку, имеющую впускное отверстие для жидкости, соединенное с выпускным отверстием бака для раствора продукта, и выпускное отверстие для жидкости, соединенное с впускным отверстием бака для раствора продукта.

10

22. Система по п. 20, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит контроллер, выполненный с возможностью эксплуатации параллельной электрохимической ячейки при третьей плотности тока, отличающейся от первой плотности тока и от второй плотности тока.

15

23. Система по п. 20, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит контроллер, выполненный с возможностью эксплуатации параллельной электрохимической ячейки при третьей объемной скорости потока, отличающейся от первой объемной скорости потока и от второй объемной скорости потока.

20

24. Система по п. 20, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит контроллер, выполненный с возможностью эксплуатации параллельной электрохимической ячейки при первой плотности тока или при второй плотности тока.

25

25. Система по п. 20, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит контроллер, выполненный с возможностью эксплуатации параллельной электрохимической ячейки при первой объемной скорости потока или при второй объемной скорости потока.

30

26. Система электрохлорирования, содержащая:

- источник исходного раствора;

- выпускное отверстие для раствора продукта;

35

- две параллельные электрохимические ячейки, гидравлически связанные параллельно с выпускным отверстием источника исходного раствора;

- последовательную электрохимическую ячейку, гидравлически соединенную последовательно между двумя параллельными электрохимическими ячейками и выпускным отверстием для раствора продукта, и

5 - контроллер, конфигурированный так, чтобы обеспечить работу двух параллельных электрохимических ячеек при первой плотности тока или первой объемной скорости потока и обеспечить работу последовательной электрохимической ячейки при второй плотности тока или второй объемной скорости потока, отличающихся от первой плотности тока или первой объемной скорости потока.

10

27. Система по п. 26, отличающаяся тем, что контроллер выполнен с возможностью эксплуатации каждой из электрохимических ячеек, образующих пару параллельных электрохимических ячеек, и последовательной электрохимической ячейки при одной и той же плотности тока.

15

28. Способ эксплуатации системы электрохлорирования, который включает:

20 - протекание исходного раствора через первую электрохимическую ячейку и через вторую электрохимическую ячейку системы, причем вторая электрохимическая ячейка работает при другой плотности тока или при другой линейной скорости потока, отличающейся от соответствующей плотности тока или линейной скорости потока в первой ячейке.

29. Способ по п. 28, отличающийся тем, что он включает протекание 25 исходного раствора через первую электрохимическую ячейку и через вторую электрохимическую ячейку, соединенные последовательно.

30. Способ по п. 28, отличающийся тем, что он включает протекание 30 исходного раствора через первую электрохимическую ячейку и через вторую электрохимическую ячейку, соединенные параллельно.

31. Способ по п. 30, отличающийся тем, что он включает протекание 35 исходного раствора через третью электрохимическую ячейку, соединенную последовательно с первой и второй электрохимическими ячейками.

35

32. Способ по п. 31, отличающийся тем, что он дополнительно включает:

- протекание исходного раствора из первой и второй электрохимических ячеек в третью электрохимическую ячейку, или

- протекание исходного раствора из третьей электрохимической ячейки в первую и вторую электрохимические ячейки.

5

33. Способ по п. 32, отличающийся тем, что линейная скорость потока исходного раствора через третью электрохимическую ячейку является суммой линейных скоростей потоков исходного раствора через первую и вторую электрохимические ячейки.

10

34. Способ по п. 33, отличающийся тем, что первая, вторая и третья электрохимические ячейки работают при одной и той же плотности тока.

15

35. Способ по п. 29, отличающийся тем, что он включает протекание исходного раствора через первую и вторую электрохимические ячейки с одной и той же линейной скоростью потока.

20

36. Способ по п. 35, отличающийся тем, что он дополнительно включает эксплуатацию первой электрохимической ячейки при более высокой плотности тока, чем плотность тока во второй электрохимической ячейке.

25

37. Способ по п. 29, отличающийся тем, что он включает протекание исходного раствора через вторую электрохимическую ячейку с линейной скоростью, превышающей линейную скорость потока исходного раствора через первую электрохимическую ячейку.

30

38. Способ по п. 37, отличающийся тем, что он дополнительно включает рециркуляцию исходного раствора из выпускного отверстия второй электрохимической ячейки во впускное отверстие второй электрохимической ячейки.

35

39. Способ по п. 38, отличающийся тем, что он дополнительно включает эксплуатацию первой электрохимической ячейки при более высокой плотности тока, чем плотность тока во второй электрохимической ячейке.

40. Способ по п. 29, отличающийся тем, что он дополнительно включает рециркуляцию исходного раствора из выпускного отверстия второй

электрохимической ячейки во впускное отверстие первой электрохимической ячейки.

5 41. Способ по п. 40, отличающийся тем, что он дополнительно включает эксплуатацию первой электрохимической ячейки при более высокой плотности тока, чем плотность тока во второй электрохимической ячейке.

10 42. Способ по п. 29, отличающийся тем, что он дополнительно включает протекание раствора из бака для раствора продукта в первую электрохимическую ячейку, из первой электрохимической ячейки через вторую электрохимическую ячейку и из второй электрохимической ячейки обратно в бак для раствора продукта.

15 43. Способ по п. 42, отличающийся тем, что он дополнительно включает эксплуатацию первой электрохимической ячейки при более высокой плотности тока, чем плотность тока во второй электрохимической ячейке.

20 44. Способ по п. 28, отличающийся тем, что он дополнительно включает протекание раствора из первой электрохимической ячейки в бак для раствора продукта.

25 45. Способ по п. 44, отличающийся тем, что он дополнительно включает рециркуляцию раствора из бака для раствора продукта через вторую электрохимическую ячейку и затем обратно в бак для раствора продукта.

46. Способ по п. 45, отличающийся тем, что он дополнительно включает эксплуатацию первой электрохимической ячейки при более высокой плотности тока, чем плотность тока во второй электрохимической ячейке.

30 47. Способ эксплуатации системы электрохлорирования, включающий:

- протекание исходного раствора через электролизер с первой объемной скоростью потока с получением раствора продукта, причем электролизер содержит одну или более электрохимических ячеек;

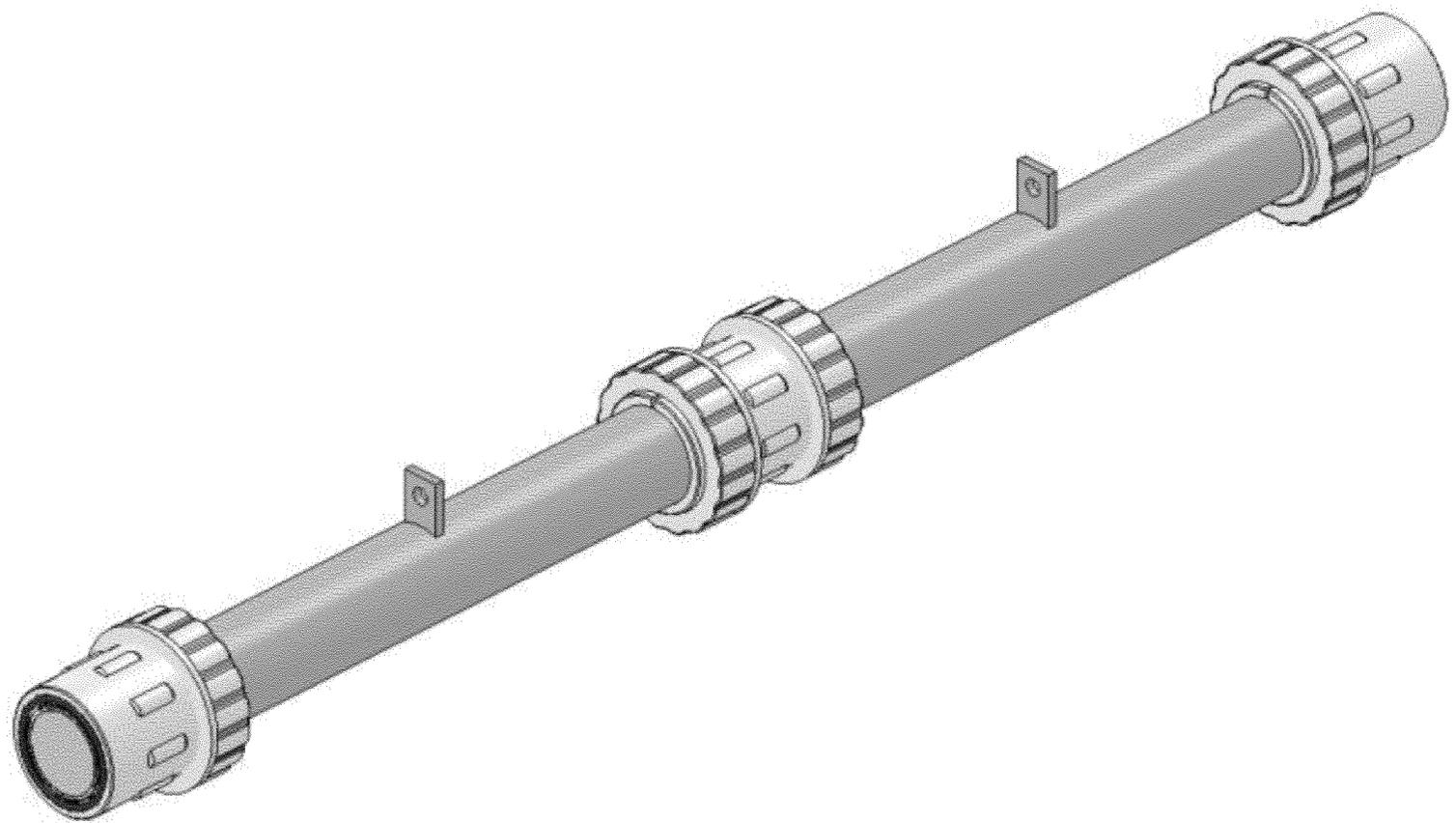
35 - протекание раствора продукта из электролизера, работающего при первой объемной скорости потока, в бак для раствора продукта;

- рециркуляцию раствора продукта из бака для раствора продукта через электролизер и обратно в бак для раствора продукта со второй объемной скоростью потока, превышающей первую скорость потока; и

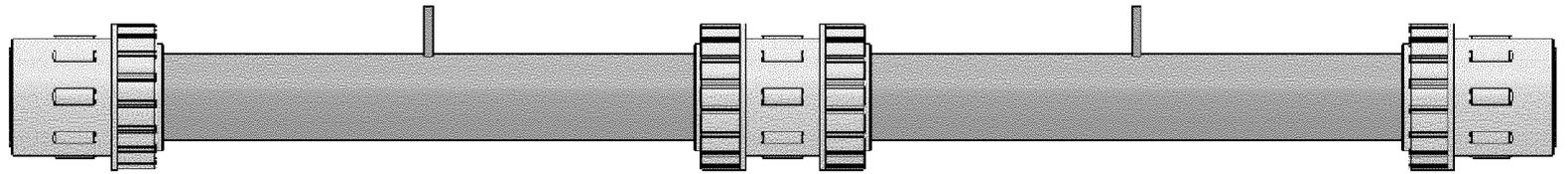
5 - протекание раствора продукта с третьей объемной скоростью потока, превышающей вторую объемную скорость потока, из бака для раствора продукта через выпускное отверстие системы электрохлорирования к точке использования.

10 48. Способ по любому из пунктов 28–47, отличающийся тем, что он включает электрохимическое получение раствора продукта, имеющего концентрацию NaOCl, равную по меньшей мере 3000 частей на миллион, из исходного раствора.

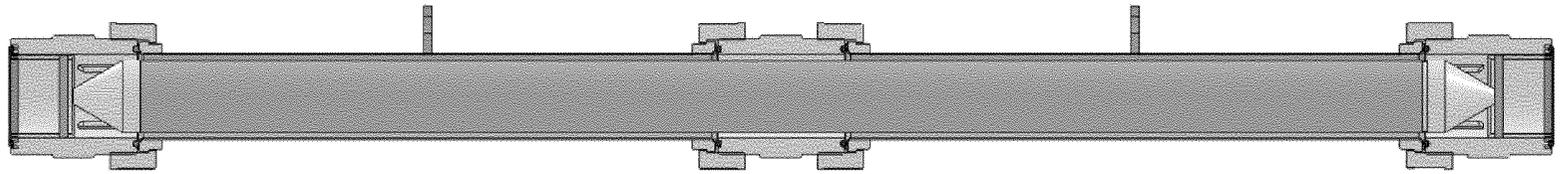
15 49. Способ по п. 48, отличающийся тем, что он включает электрохимическое получение раствора продукта, имеющего концентрацию NaOCl, равную по меньшей мере 6000 частей на миллион, из исходного раствора.



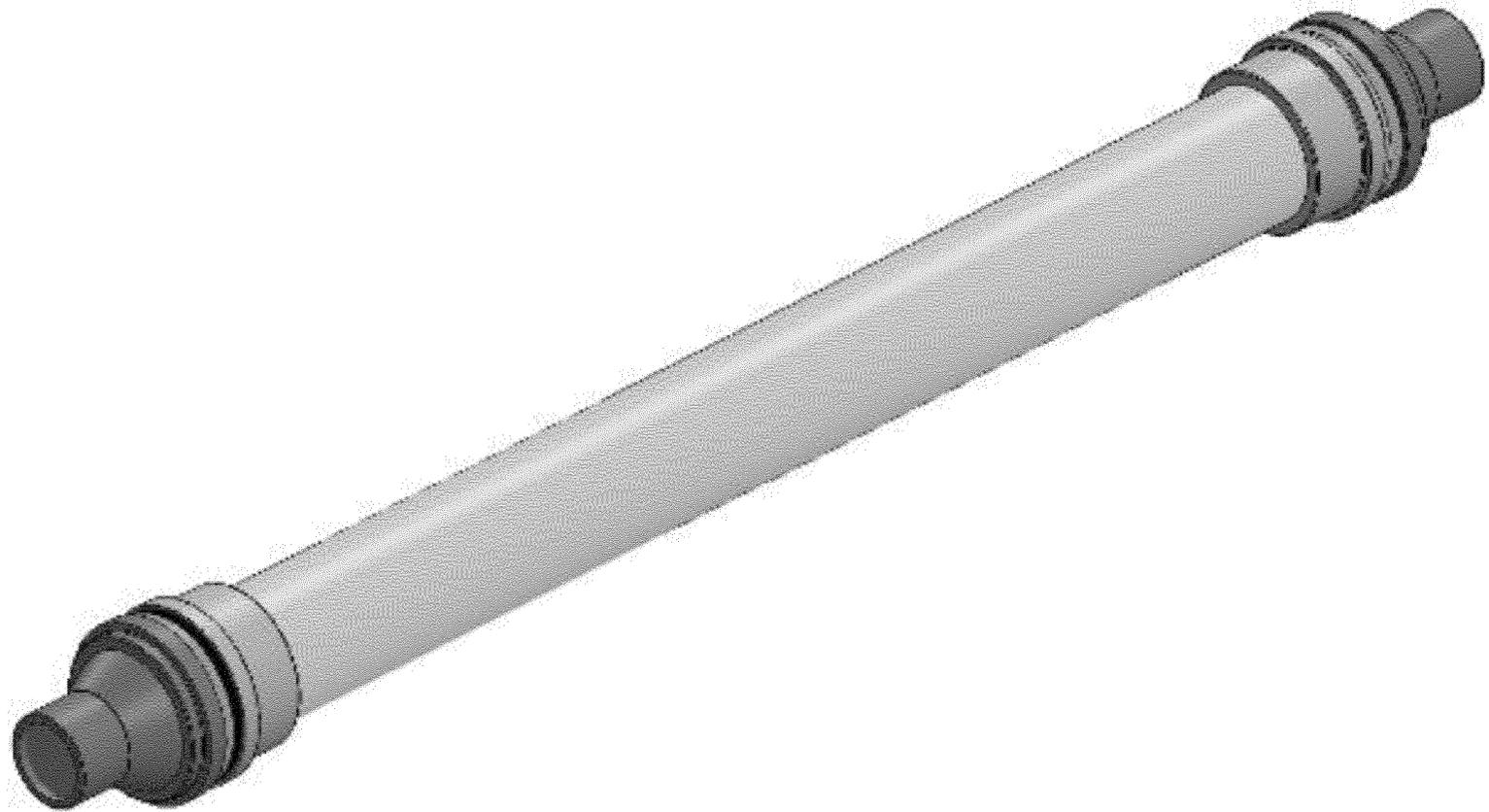
ФИГ. 1А



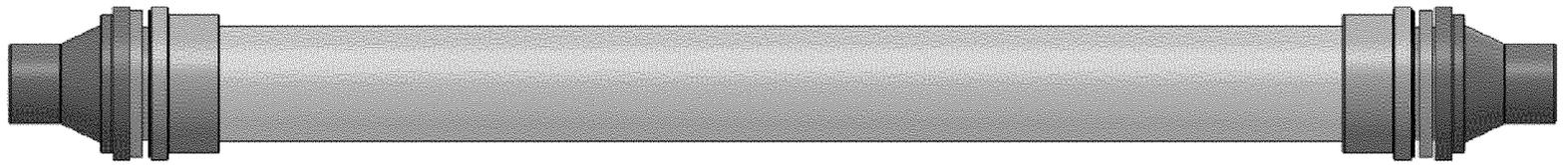
ФИГ. 1В



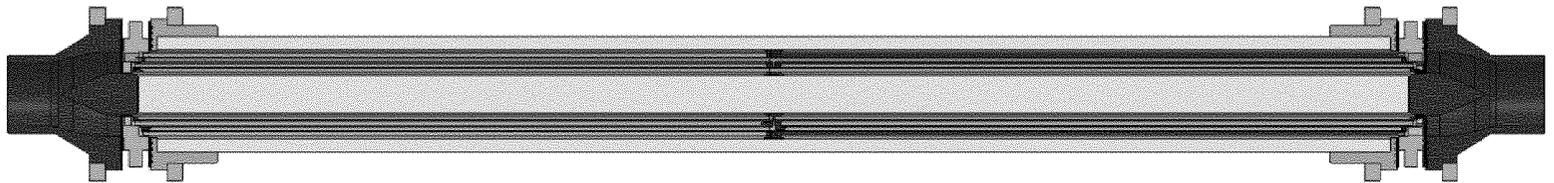
ФИГ. 1С



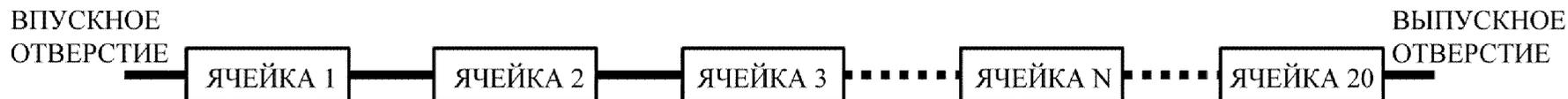
ФИГ. 2А



ФИГ. 2В



ФИГ. 2С



Все ячейки могут номинально работать при одной и той же линейной скорости течения жидкости (от 2 м/с до 3 м/с)
 и при одной и той же плотности тока (от 1500 А/м² до 3000 А/м²)

Тип ячейки	Эквивалентный амп с А	Биполярный амп с А	Площадь анода М ²	Площадь биполярного электрода анода М ²	Плотность тока А/м ²	Произ- води- тель- ность кг/ч	Номинальное количество ячеек в системе
Пример 1	440	220	0.073	0.147	3000	0.5	20
Пример 2	730	365	0.122	0.243	3000	0.8	20
Пример 3	1460	730	0.243	0.487	3000	1.6	20
Пример 4	2920	1460	0.487	0.973	3000	3.2	20

Плотность тока:
 - предпочтительная: 1500-3000 а/м²
 - в других: 3000-6000 а/м²
 - в других: 500-1500 а/м²
 - и наконец: 0-500 а/м²

Тип ячейки	Предел для опло- щения м/ч	Тип ячейки	Мини- мальная объемная скорость м/ч	Выход одной ячейки кг/м ³	Выход 20 ячеек кг/м ³	Выход 20 ячеек млн ⁻¹
Пример 1	5	Пример 1	6	0.08	1.7	1667
Пример 2	5	Пример 2	6	0.13	2.7	2667
Пример 3	10	Пример 3	12	0.13	2.7	2667
Пример 4	20	Пример 4	24	0.13	2.7	2667

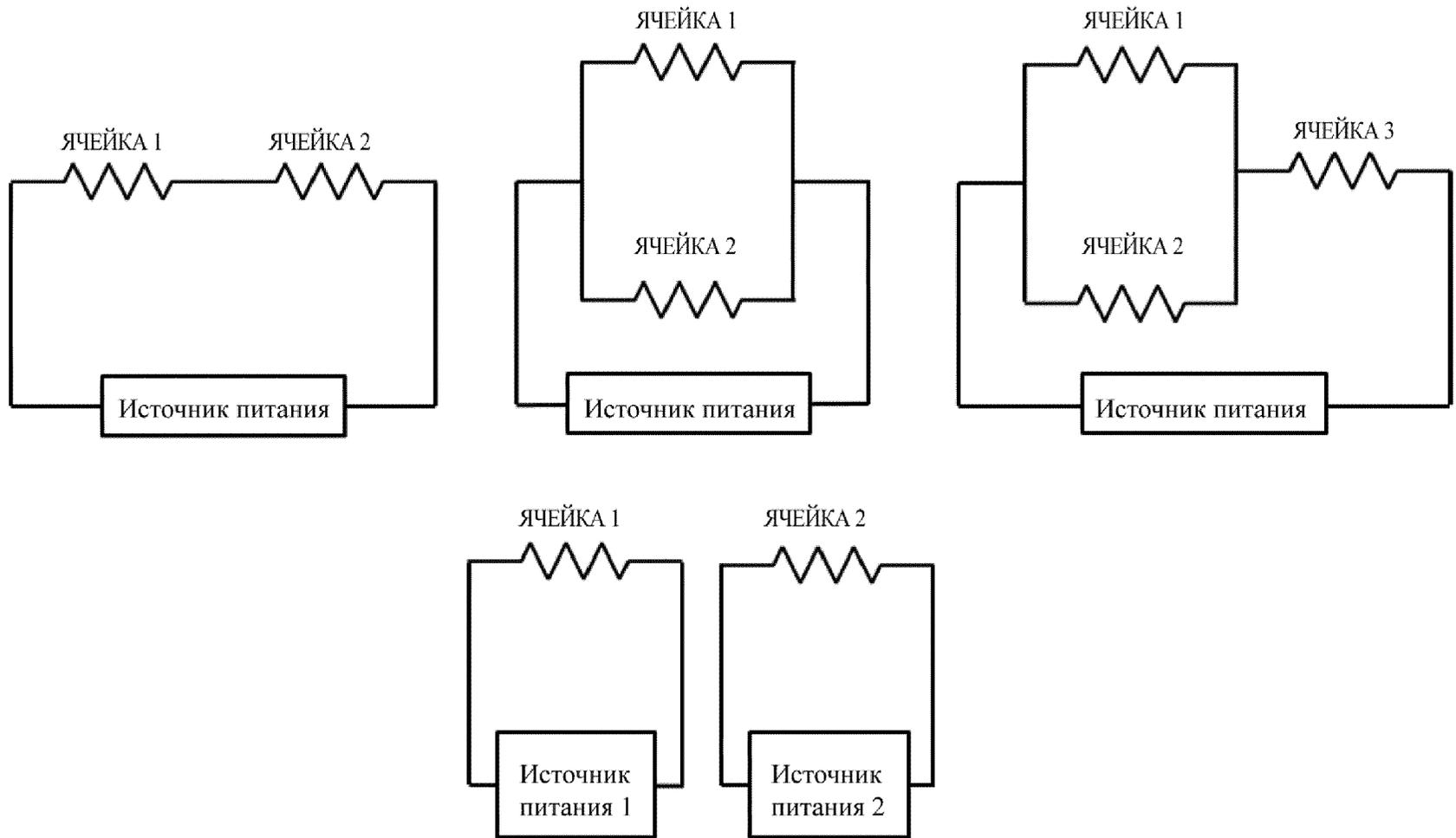
Тип ячейки	Мини- мальная объемная скорость м/ч	Выход одной ячейки кг/м ³	Выход 20 ячеек кг/м ³	Выход 20 ячеек млн ⁻¹
Пример 1	7	0.07	1.4	1429
Пример 2	7	0.11	2.3	2286
Пример 3	14	0.11	2.3	2286
Пример 4	28	0.11	2.3	2286

**Линейная скорость течения
жидкости в ячейке:**
 - предпочтительная: 2-3 м/с
 - в других: 0,5-2 м/с
 - в других: 3-6 м/с
 - в других: 6-10 м/с
 - и наконец: 10-15 м/с

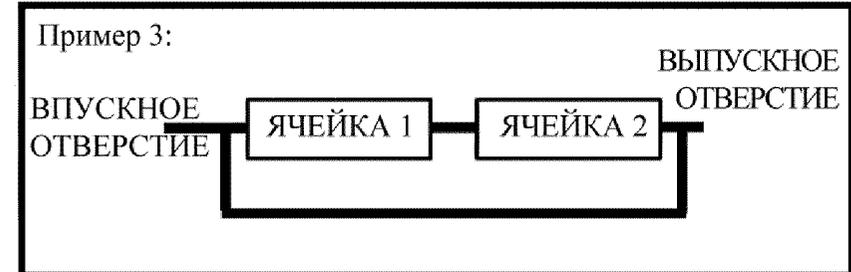
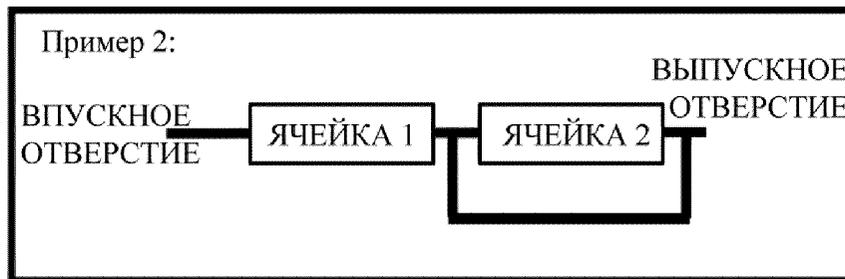
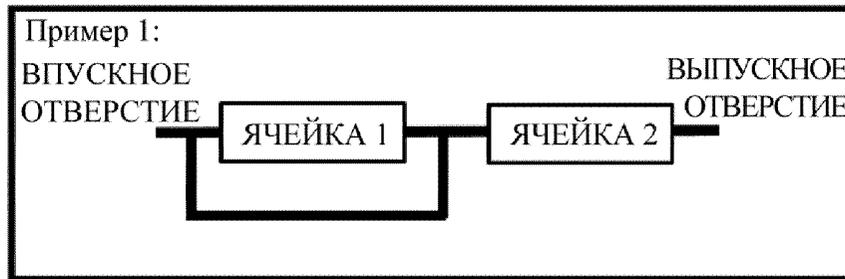
ФИГ. 3



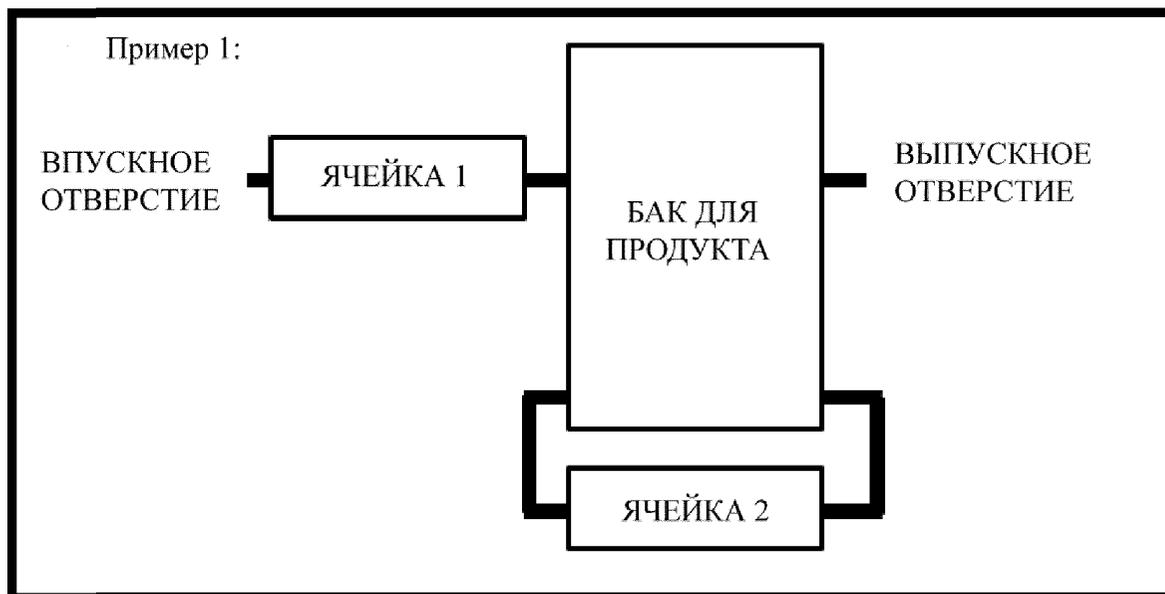
ФИГ. 4



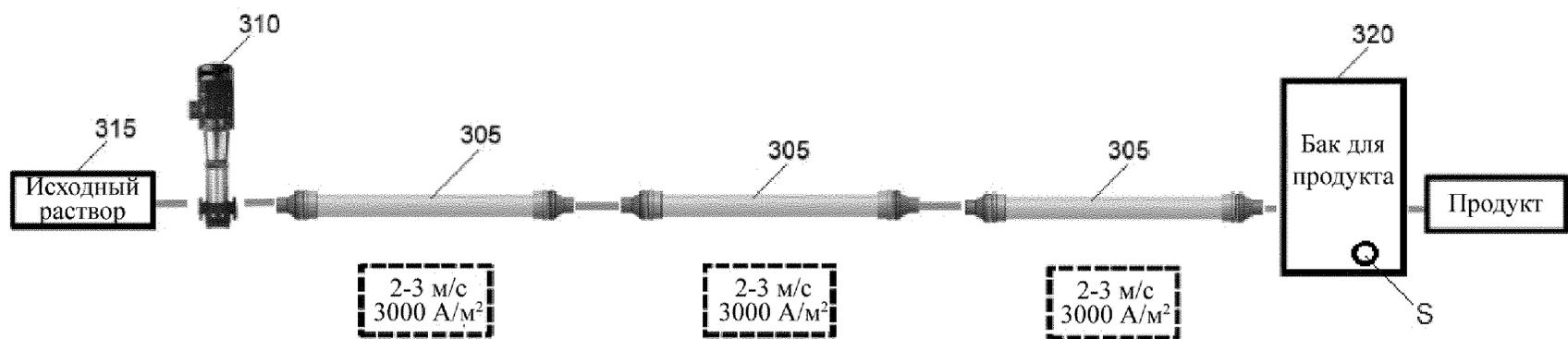
ФИГ. 5



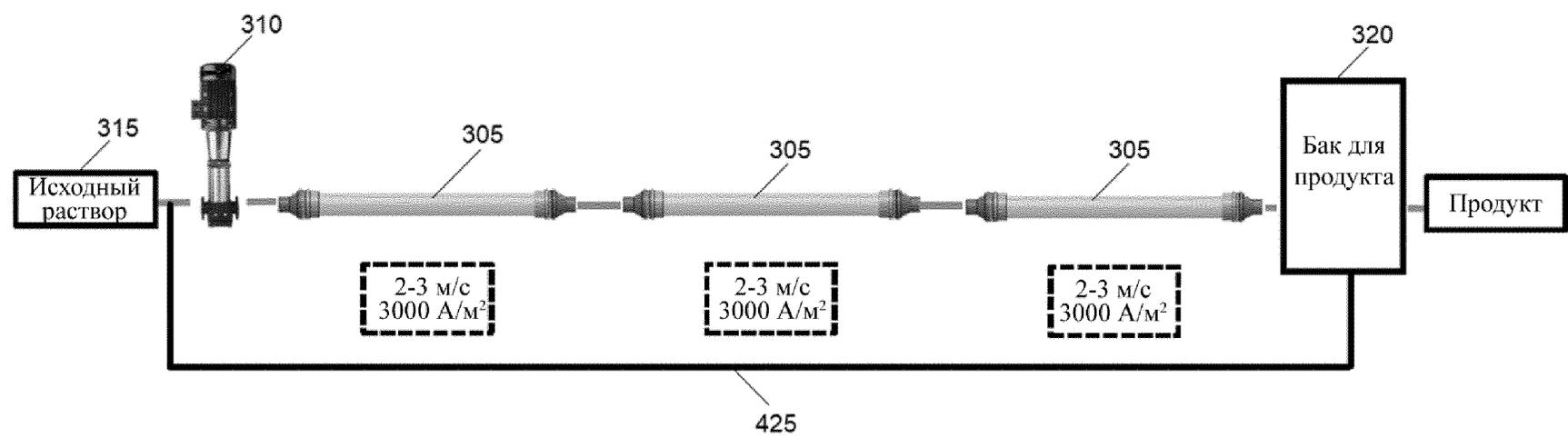
ФИГ. 6



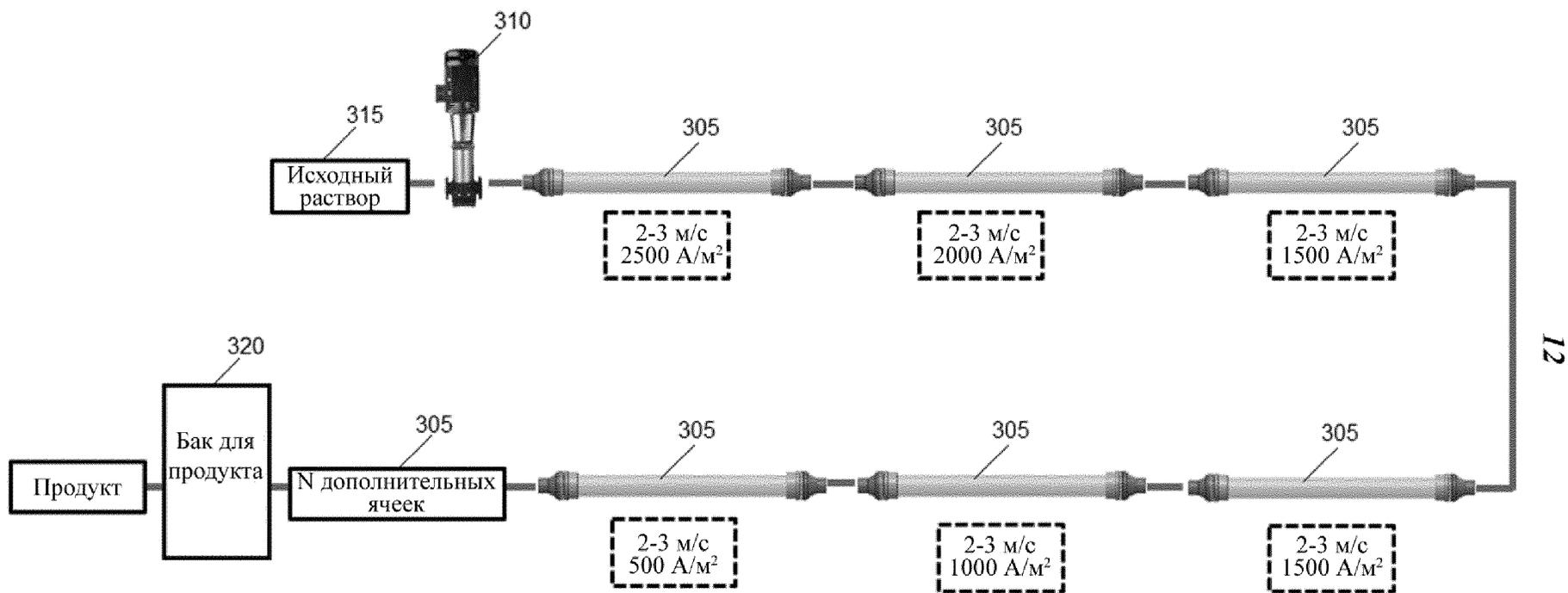
ФИГ. 7



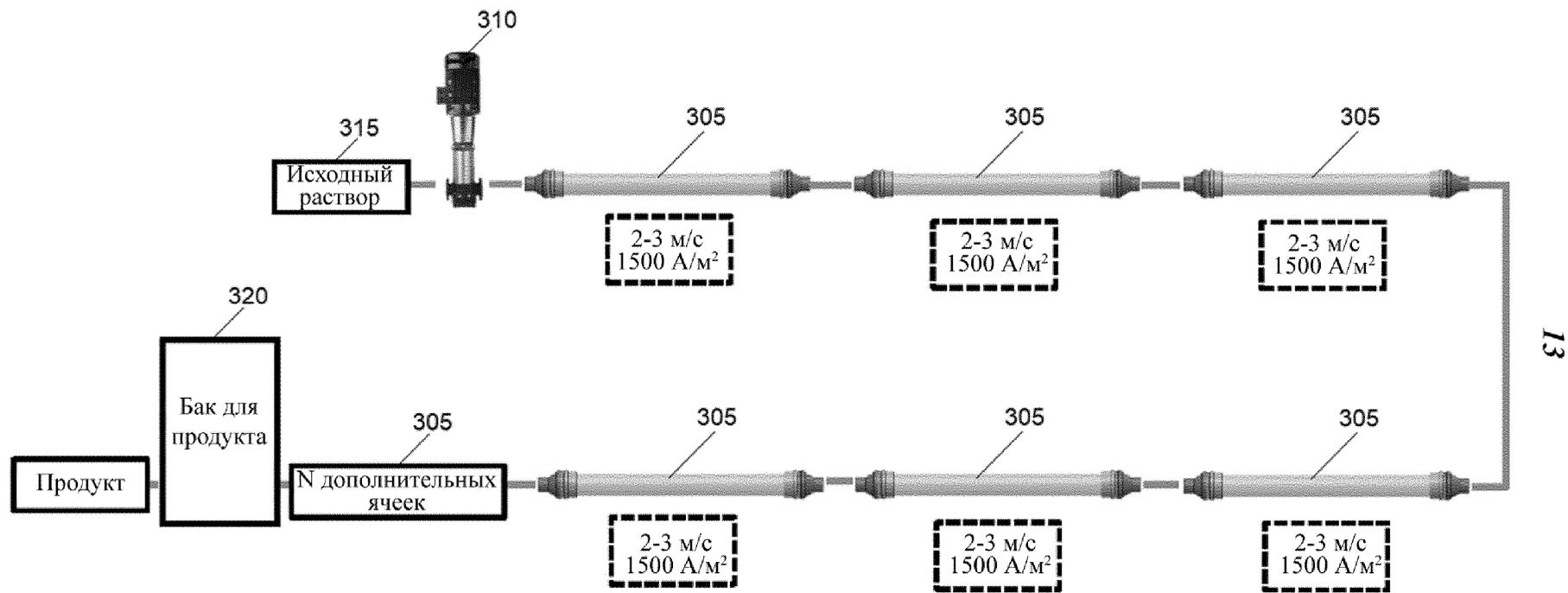
ФИГ. 8



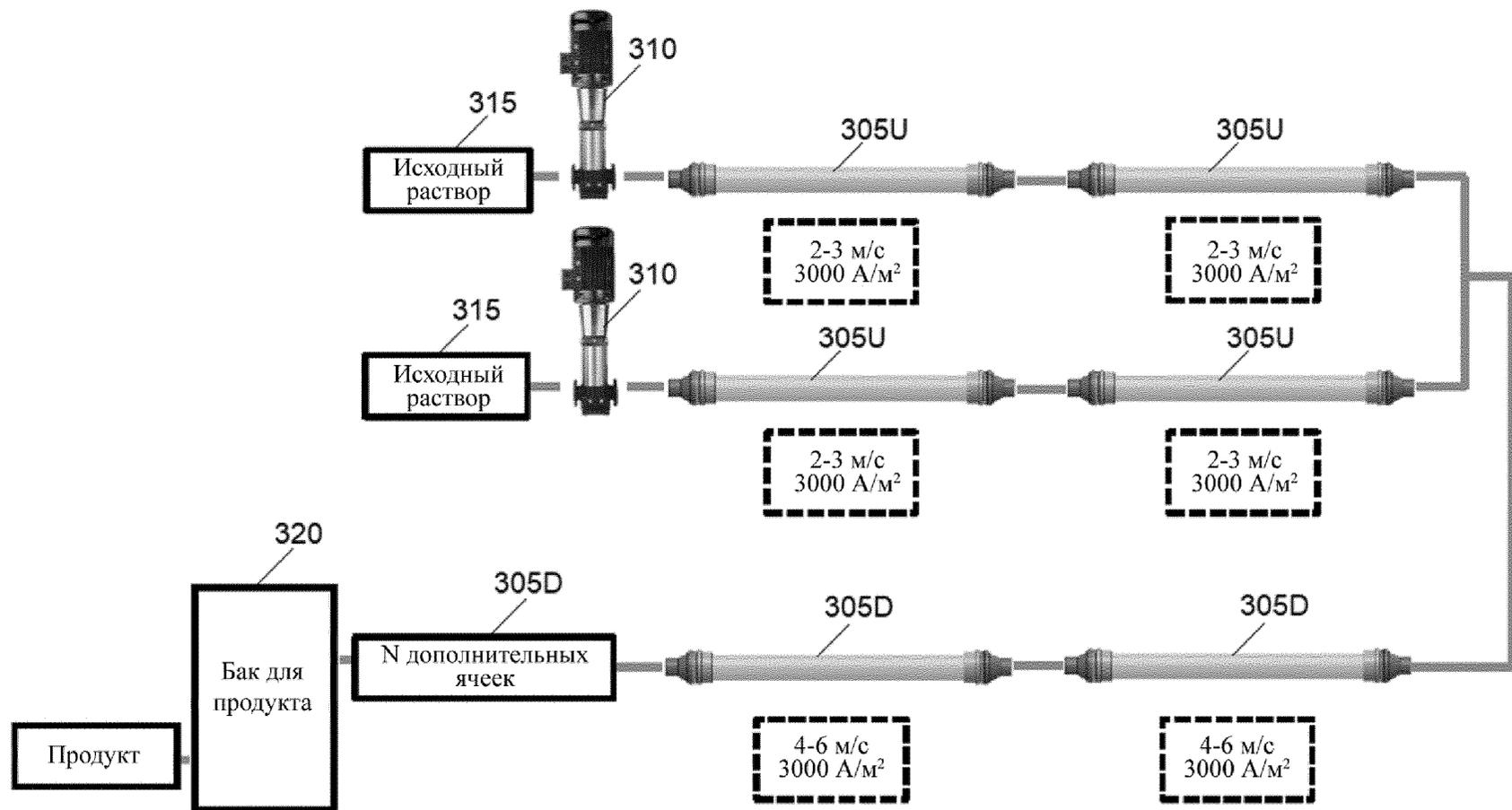
ФИГ. 9



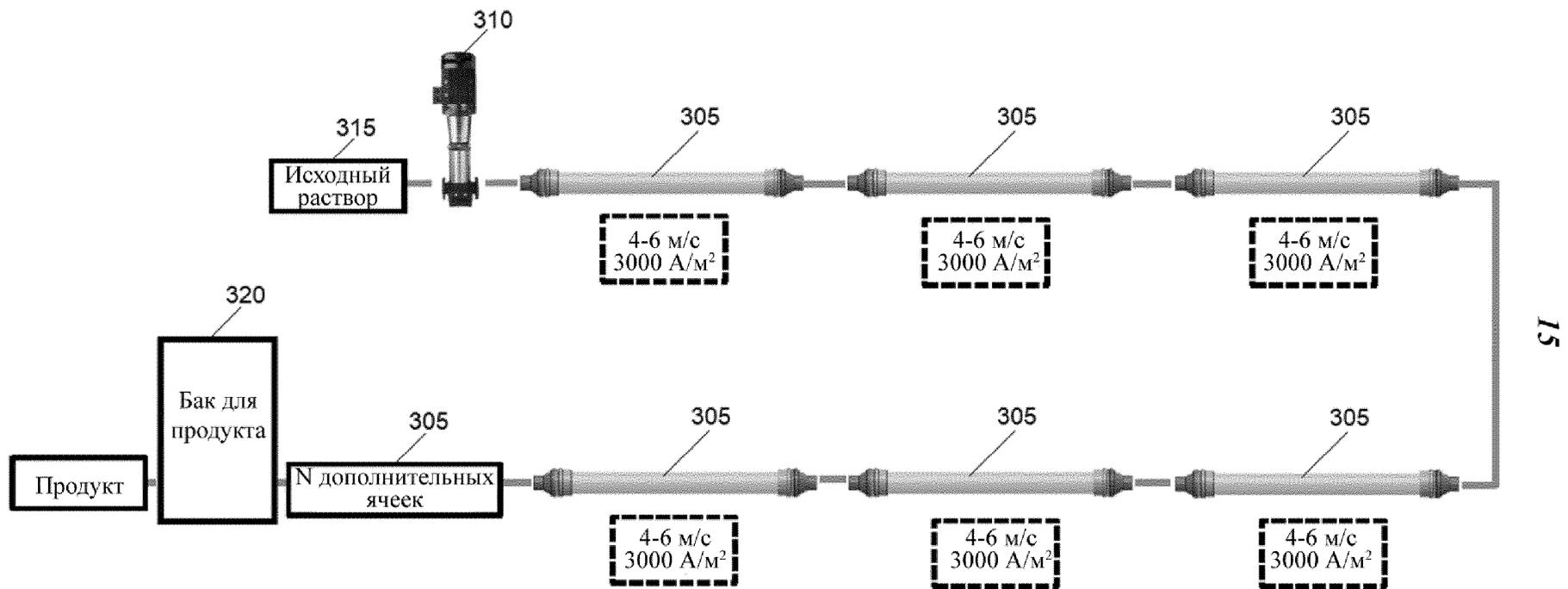
ФИГ. 10



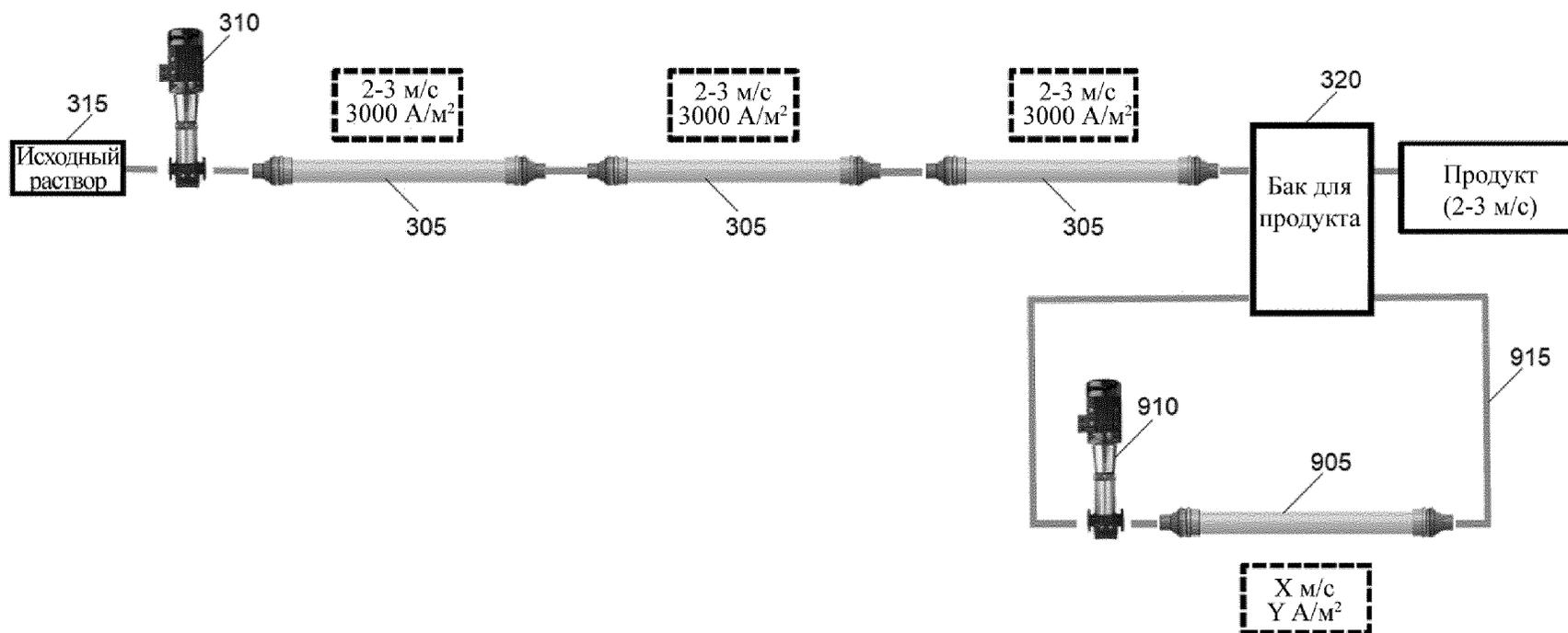
ФИГ. 11



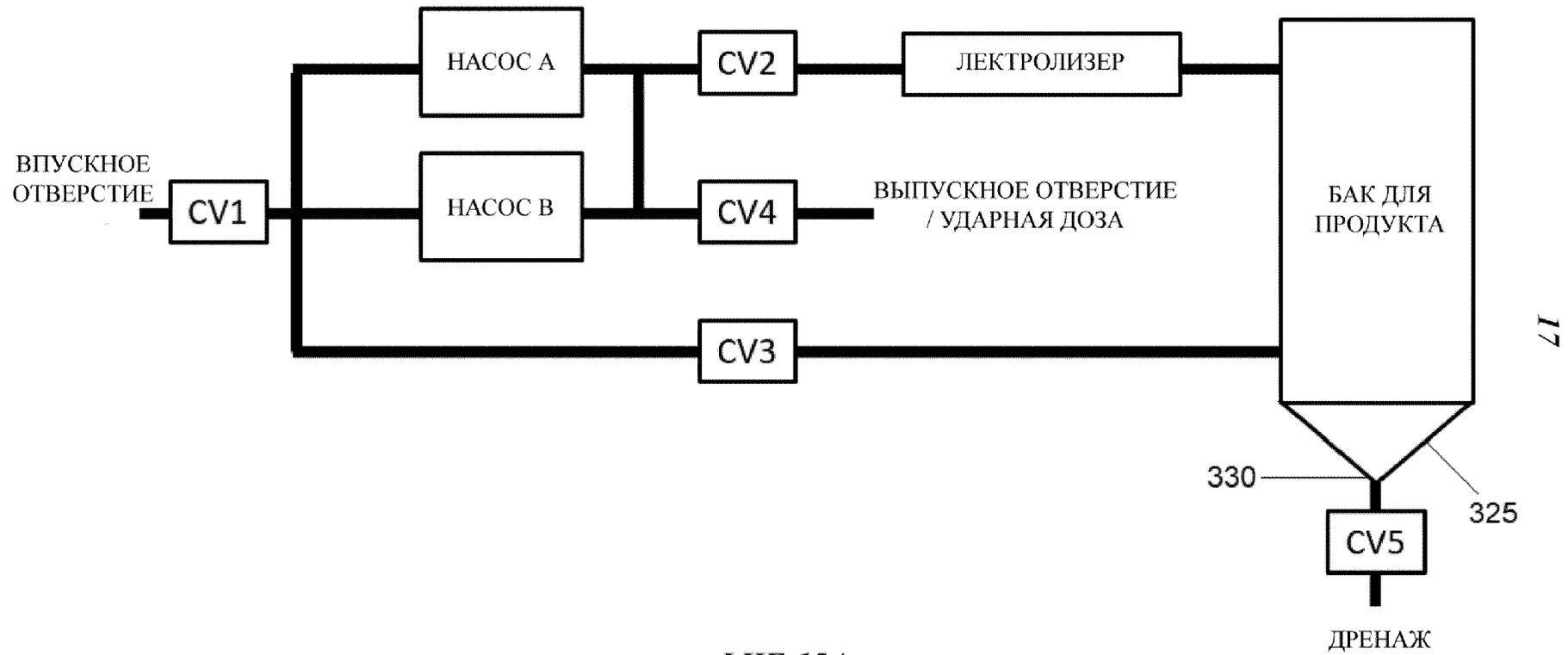
ФИГ. 12



ФИГ. 13



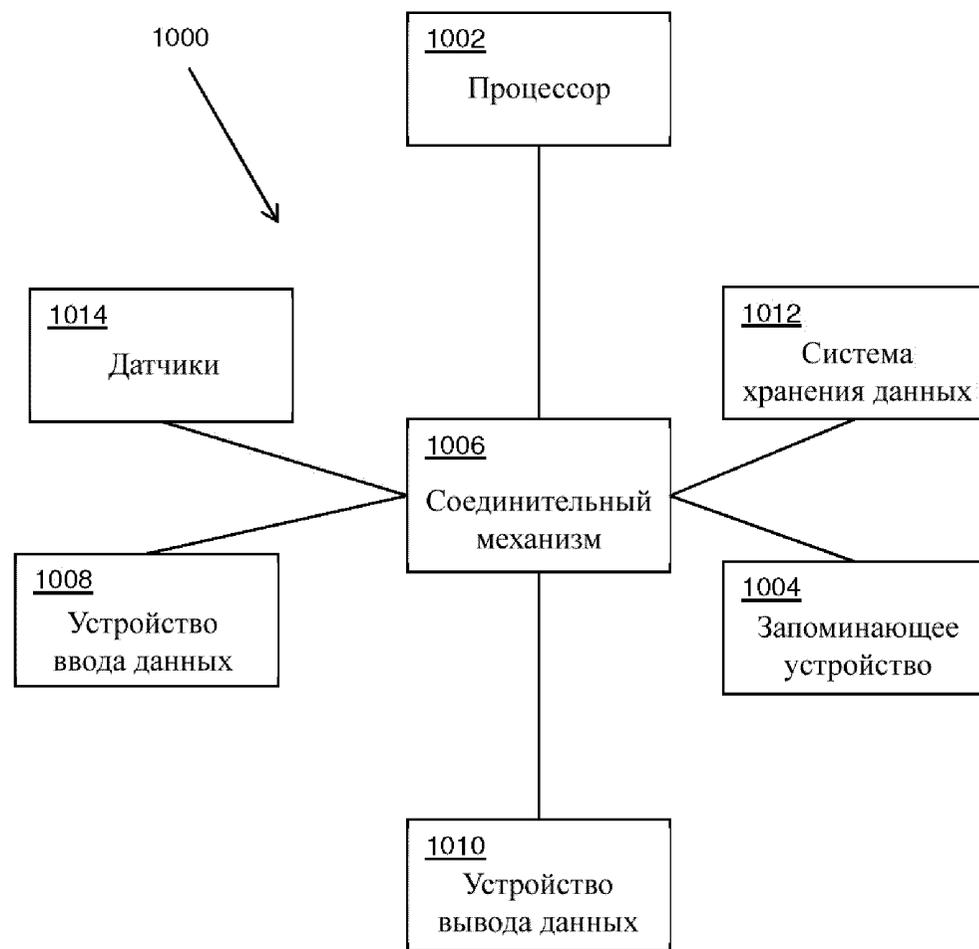
ФИГ. 14



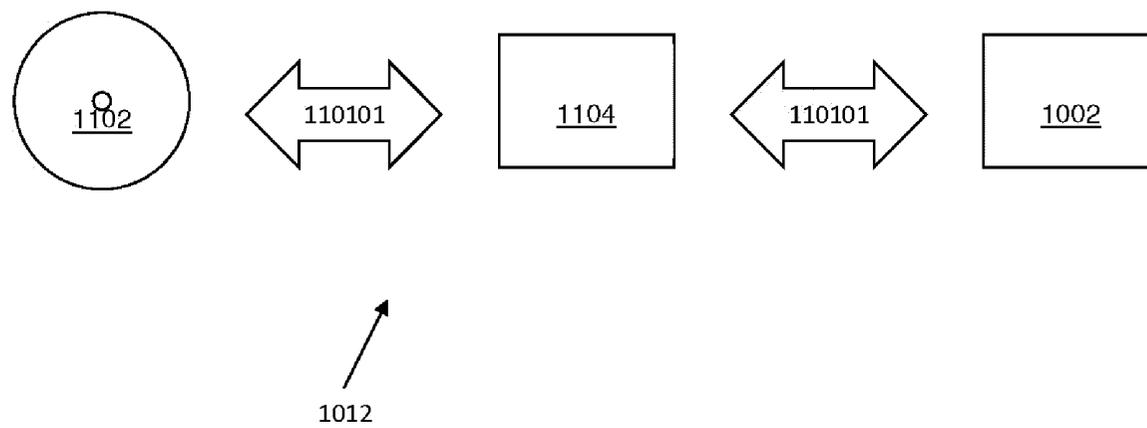
ФИГ. 15А

Состояние	Впуск	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5	НАСОС А	НАСОС В	ЭЛЕКТРОЛИЗЕР	ВЫПУСК	ДРЕНАЖ
Подпитка	12 м ³ /ч	Открыт	Открыт	Закрыт	Закрыт	Закрыт	12 м ³ /ч	0 м ³ /ч	Включен	0 м ³ /ч	0 м ³ /ч
Рециркуляция	0 м ³ /ч	Закрыт	Открыт	Открыт	Закрыт	Закрыт	24 м ³ /ч	0 м ³ /ч	Включен	0 м ³ /ч	0 м ³ /ч
Ударная доза	0 м ³ /ч	Закрыт	Закрыт	Открыт	Открыт	Закрыт	44 м ³ /ч	44 м ³ /ч	Выключен	88 м ³ /ч	0 м ³ /ч
Промывка	12 м ³ /ч	Открыт	Открыт	Закрыт	Закрыт	Открыт	12 м ³ /ч	0 м ³ /ч	Выключен	0 м ³ /ч	12 м ³ /ч

ФИГ. 15В



ФИГ. 16



ФИГ. 17