



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01M 8/18 (2021.01)

(21)(22) Заявка: 2019121907, 18.12.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.12.2017

Дата регистрации:
14.05.2021

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
19.12.2016 US 62/436,388;
19.12.2016 US 62/436,347;
19.12.2016 US 62/436,365

(43) Дата публикации заявки: 19.01.2021 Бюл. № 2

(45) Опубликовано: 14.05.2021 Бюл. № 14

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 19.07.2019

(86) Заявка РСТ:
US 2017/067093 (18.12.2017)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2018/118806 (28.06.2018)

Адрес для переписки:
119019, Москва, Гоголевский бульвар, 11,
Представительство корпорации "Гоулинг ВЛГ
(Интернэшнл) Инк." (Канада), Христофоров
А.А.

(72) Автор(ы):

МОДДЕРНО, Джеффри (US),
ФАЛЬЧИНЕЛЛИ, Майкл (US)

(73) Патентообладатель(и):

Ларго Клин Энерджи Корп. (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: WO 2016007555 A1, 14.01.2016. KR
20160078566 A, 05.07.2016. US 20140255734 A1,
11.09.2014. CN 102290588 A, 21.12.2011. JP
2014127263 A, 07.07.2014. RU 2110118 C1,
27.04.1998.

(54) КРУПНОМАСШТАБНАЯ СИСТЕМА ПРОТОЧНЫХ БАТАРЕЙ

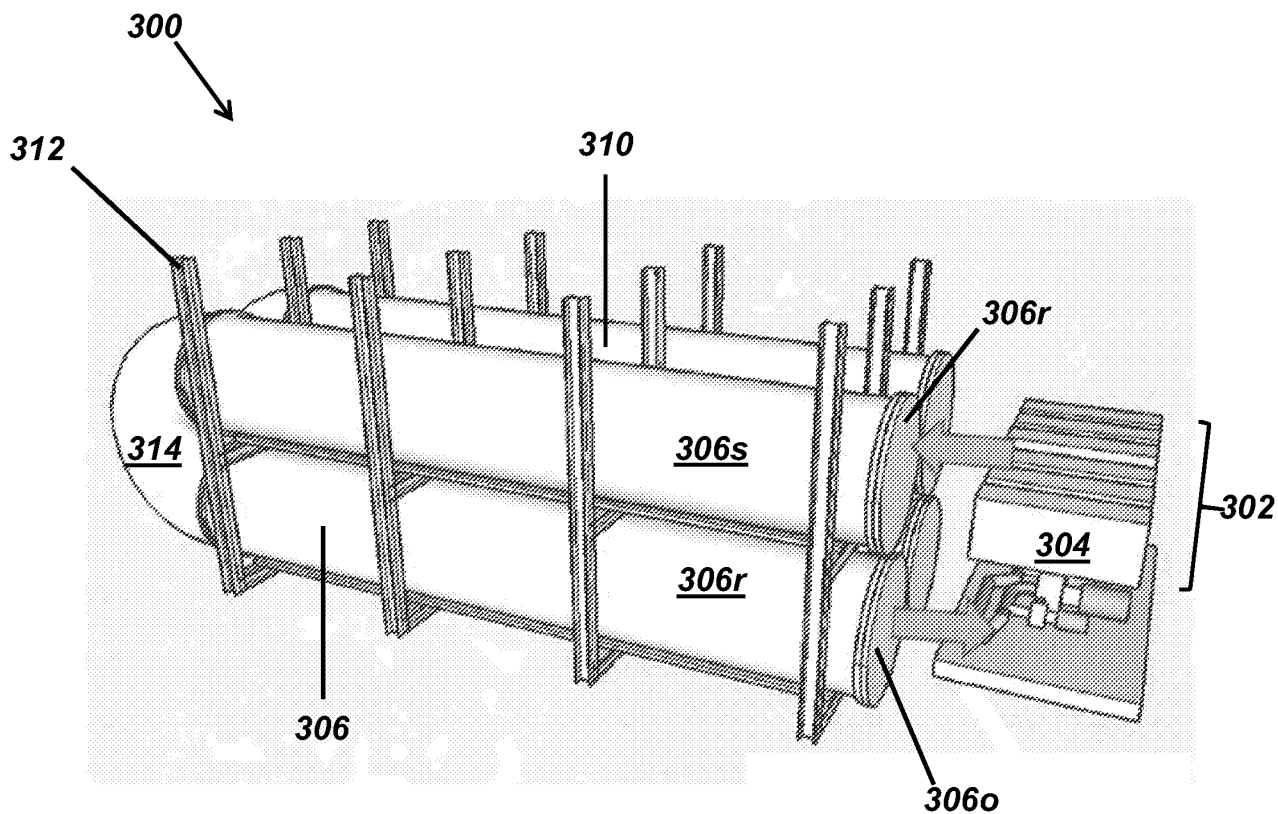
(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники, а именно к модульным и масштабируемым проточным батареям. Модульная конструкция обеспечивает способность проточных батарей разделять мощность, обеспечиваемую блоком батарей, от энергии, обеспечиваемой хранящимся электролитом. Мощность системы может определяться числом блоков элементов батарей,

в то время как накапливаемая энергоемкость системы может определяться тем, насколько много электролита имеется в наличии для использования блоками элементов батарей. Растворы католита и анолита могут храниться в трубах, имеющих регулируемую длину, при этом емкость хранения электролита может быть увеличена за счет увеличения длины труб на величину, достаточную для обеспечения

желательного увеличения хранения электролита. Повышение надежности и энергоемкости системы проточных батарей является техническим

результатом изобретения. 2 н. и 18 з.п. ф-лы, 15 ил.



ФИГ. 3А

RU 2747804 C2

RU 2747804 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H01M 8/18 (2021.01)

(21)(22) Application: **2019121907**, **18.12.2017**

(24) Effective date for property rights:
18.12.2017

Registration date:
14.05.2021

Priority:

(30) Convention priority:
19.12.2016 US 62/436,388;
19.12.2016 US 62/436,347;
19.12.2016 US 62/436,365

(43) Application published: **19.01.2021 Bull. № 2**

(45) Date of publication: **14.05.2021 Bull. № 14**

(85) Commencement of national phase: **19.07.2019**

(86) PCT application:
US 2017/067093 (18.12.2017)

(87) PCT publication:
WO 2018/118806 (28.06.2018)

Mail address:
119019, Moskva, Gogolevskij bulvar, 11,
Predstavitelstvo korporatsii "Gouling VLG
(Interneshnl) Ink." (Kanada), Khristoforov A.A.

(72) Inventor(s):

MODDERNO, Dzheffri (US),
FALCHINELLI, Majkl (US)

(73) Proprietor(s):

Largo Klin Enerdzhi Korp. (US)

(54) **LARGE-SCALE FLOW BATTERY SYSTEM**

(57) Abstract:

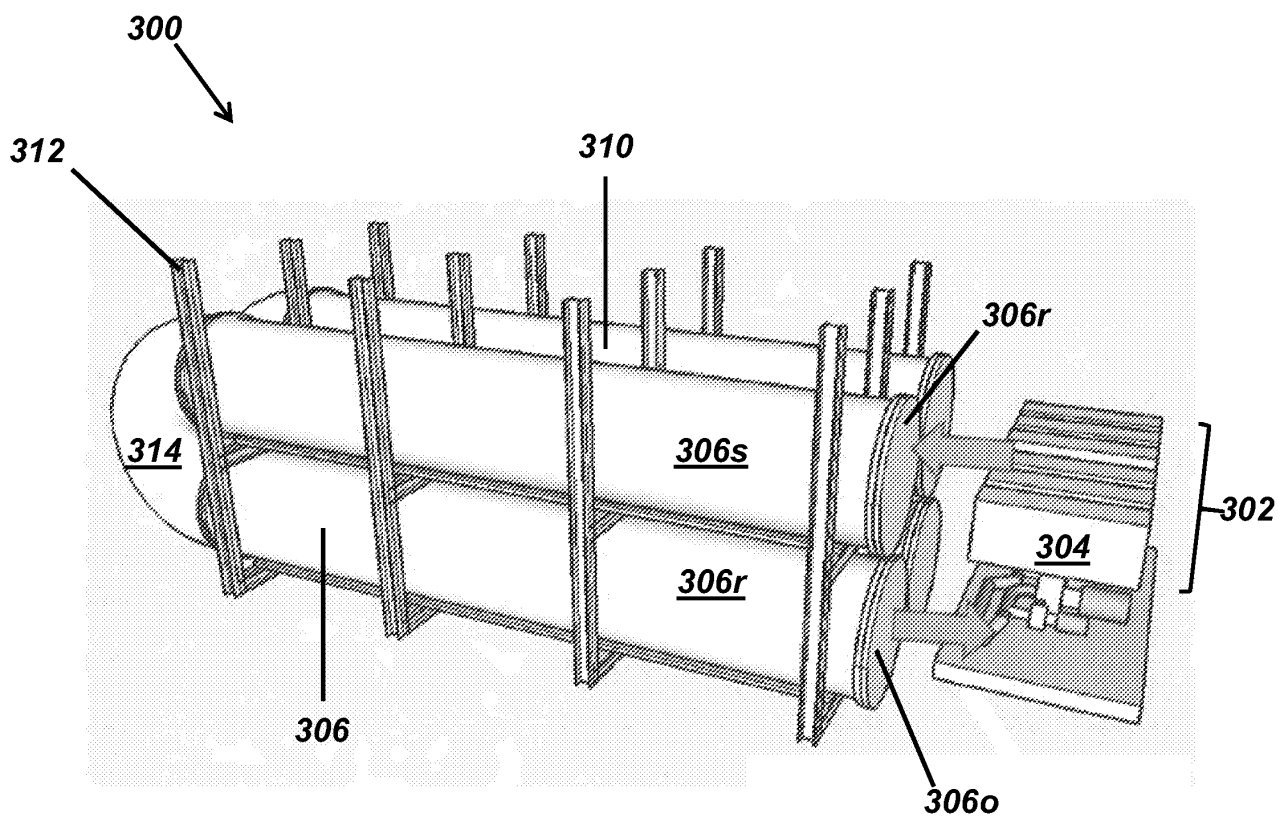
FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering, namely to modular and scalable flow batteries. The modular structure provides a possibility of flow batteries to separate the power provided by the battery block from the energy provided by the stored electrolyte. The power of the system can be determined by the number of the battery elements blocks, while the accumulated energy intensity of the system can be determined by the amount of the electrolyte available

for use by the battery elements blocks. Catholyte and anolyte solutions can be stored in pipes with an adjustable length, and the electrolyte storage capacity can be increased due to the increase in the length of the pipes by an amount sufficient to provide the required increase in the electrolyte storage.

EFFECT: increased reliability and energy intensity of the flow batteries system.

20 cl, 15 dwg



ФИГ. 3А

RU 2 7 4 7 8 0 4 C 2

RU 2 7 4 7 8 0 4 C 2

ПЕРЕКРЕСТНЫЕ ССЫЛКИ НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[0001] Данная заявка испрашивает преимущество приоритета предварительной заявки на патент США № 62/436,365, поданной 19 декабря 2016 г. и озаглавленной "Крупномасштабные системы проточных батарей". Данная заявка также испрашивает приоритет предварительной заявки США № 62/436,388, поданной 19 декабря 2016 г. и озаглавленной "Системы и способы для хранения электролита и определения неисправностей в проточных батареях", и предварительной заявки США № 62/436,347, поданной 19 декабря 2016 г. и озаглавленной "Модульная и масштабируемая система проточных батарей". Каждая из этих заявок во всей ее полноте включена в настоящую заявку путем ссылки.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0002] Предложена система проточных батарей, в частности крупномасштабная, модульная и масштабируемая система проточных батарей.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0003] Спрос на крупномасштабные решения по накоплению энергии возрастает. Например, по мере того, как в электросеть вводятся возобновляемые источники энергии (например, солнечные, ветровые и т.д.), задача балансировки энергоснабжения со спросом может стать сложной, учитывая прерывистую и зачастую непредсказуемую выработку электроэнергии возобновляемыми источниками энергии. Такие кратковременные перебои могут быть эффективно решены за счет использования систем хранения энергии, способных на крупномасштабное накопление энергии свыше спроса и на высвобождение накопленной энергии, когда спрос увеличивается.

[0004] Проточные батареи, также известные как проточные окислительно-восстановительные (редокс) батареи или проточные окислительно-восстановительные (редокс) элементы, могут быть использованы для крупномасштабного хранения энергии. Проточные батареи могут быть выполнены с возможностью преобразования электрической энергии в химическую энергию, которая может накапливаться и затем высвобождаться, когда возникнет спрос. Проточные батареи могут использовать подаваемые извне жидкотекучие растворы электролита, которые включают в себя реагенты, участвующие в обратимых электрохимических реакциях. При зарядке поданная электроэнергия может вызвать реакцию химического восстановления в одном электролите и реакцию окисления в другом электролите. При разрядке химическая энергия, содержащаяся в жидких электролитах, может быть высвобождена в обратных реакциях, и с электродов может быть отведена электроэнергия. Проточные батареи могут быть использованы в подключенных к сети системах хранения энергии и/или во внесетевых системах хранения энергии.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0005] Предложены различные способы и устройства, которые включают в себя модульную систему проточных батарей.

[0006] В варианте выполнения предложена модульная система проточных батарей, и она может включать в себя блок батарей, по меньшей мере одну трубу-контейнер анолита и по меньшей мере одну трубу-контейнер католита. Блок батарей может включать в себя множество электрически связанных элементов, которые могут быть выполнены с возможностью приема потоков анолита и католита. Упомянутая по меньшей мере одна труба-контейнер анолита может быть выполнена с возможностью гидравлического сообщения с блоком батарей, и она может хранить анолит в объеме, достаточном для обеспечения генерации выбранного количества электроэнергии. Упомянутая по меньшей мере одна труба-контейнер католита может быть выполнена

с возможностью гидравлического сообщения с блоком батарей, и она может хранить католит в объеме, достаточном для обеспечения генерации выбранного количества электроэнергии. Каждая из труб анолита и католита может включать в себя по меньшей мере один изгиб.

5 [0007] Модульная система проточных батарей может иметь множество различных конфигураций. В одном варианте выполнения по меньшей мере одна из трубы-контейнера анолита и трубы-контейнера католита может быть выполнена U-образной формы. Наконечники каждой трубы-контейнера анолита и католита могут гидравлически сообщаться с блоком батарей.

10 [0008] В другом варианте выполнения по меньшей мере одна из трубы-контейнера анолита и трубы-контейнера католита может быть выполнена W-образной формы. Наконечники труб-контейнеров анолита и католита могут гидравлически сообщаться с блоком батарей.

[0009] В другом варианте выполнения по меньшей мере одна из труб-контейнеров анолита и католита может быть ориентирована по существу горизонтально по отношению друг к другу.

[00010] В другом варианте выполнения по меньшей мере одна из труб-контейнеров анолита и католита может быть ориентирована по существу вертикально по отношению друг к другу.

20 [00011] В другом варианте выполнения по меньшей мере одна пара труб-контейнеров анолита и католита может быть размещена на одной и той же стороне блока батарей.

[00012] В другом варианте выполнения система может также содержать конструкцию наружного ограждения, выполненную с возможностью обеспечения вторичной оболочки для блока батарей и труб-контейнеров анолита и католита. Ограждение может включать

25 в себя строение.
[00013] В другом варианте выполнения каждая по меньшей мере одна из труб-контейнеров анолита и католита может быть выполнена имеющей регулируемую длину с тем, чтобы менять объем хранения электролита в ней.

[00014] Также предложены способы сборки системы проточных батарей. В одном

30 варианте выполнения способ может включать в себя выбор числа элементов блока батарей. Элементы могут быть выполнены с возможностью приема потоков анолита и католита. Способ может также включать в себя выбор по меньшей мере одной трубы-контейнера анолита. Упомянутая по меньшей мере одна труба-контейнер может иметь первую длину, и она может быть выполнена с возможностью хранения анолита и

35 гидравлического сообщения с блоком батарей. Способ может дополнительно включать в себя выбор по меньшей мере одной трубы-контейнера католита. Упомянутая по меньшей мере одна труба-контейнер католита может иметь вторую длину, и она может быть выполнена с возможностью хранения католита и гидравлического сообщения с блоком батарей. Способ может дополнительно включать в себя присоединение

40 упомянутой по меньшей мере одной трубы-контейнера анолита и упомянутой по меньшей мере одной трубы-контейнера католита к блоку батарей.

[00015] В варианте выполнения способа число элементов блока батарей может быть выбрано на основании желательной выходной мощности системы проточных батарей. По меньшей мере одно из числа и длины каждой из труб-контейнеров анолита и труб-контейнеров католита может быть выбрано на основании желательной энергоемкости системы проточных батарей.

[00016] В варианте выполнения способ может дополнительно включать в себя регулировку по меньшей мере одной из первой и второй длин на основании желательной

энергоемкости системы проточных батарей.

[00017] В варианте выполнения способа первая длина может быть приблизительно равна второй длине.

5 [00018] В варианте выполнения способа каждая из упомянутой по меньшей мере одной трубы-контейнера анолита и упомянутой по меньшей мере одной трубы-контейнера католита может быть трубой U-образной формы.

[00019] В варианте выполнения способа каждая из упомянутой по меньшей мере одной трубы-контейнера анолита и упомянутой по меньшей мере одной трубы-контейнера католита может быть трубой W-образной формы.

10 [00020] В варианте выполнения способа как упомянутую по меньшей мере одну трубу-контейнер анолита, так и упомянутую по меньшей мере одну трубу-контейнер католита присоединяют к блоку батарей на одной и той же стороне блока батарей.

[00021] В варианте выполнения способа система проточных батарей может включать в себя вторичную оболочку, содержащую ограждение, охватывающее блок батарей, 15 упомянутую по меньшей мере одну трубу-контейнер анолита и упомянутую по меньшей мере одну трубу-контейнер католита. Ограждение может непосредственно охватывать блок батарей. Ограждение может включать в себя строение.

[00022] В варианте выполнения способа по меньшей мере одна труба-контейнер из трубы-контейнера анолита и трубы-контейнера католита может быть присоединена к 20 блоку батарей таким образом, что первый и второй наконечники этой по меньшей мере одной трубы-контейнера расположены горизонтально по отношению друг к другу.

[00023] В варианте выполнения способа по меньшей мере одна труба-контейнер из трубы-контейнера анолита и трубы-контейнера католита может быть присоединена к 25 блоку батарей таким образом, что первый и второй наконечники этой по меньшей мере одной трубы-контейнера расположены вертикально по отношению друг к другу.

[00024] В варианте выполнения способа по меньшей мере одна из трубы-контейнера анолита и трубы-контейнера католита может быть присоединена к блоку батарей таким 30 образом, что ее вход расположен выше ее выхода. Вход может быть выполнен с возможностью приема электролита из блока батарей, а выход может быть выполнен с возможностью подачи электролита в блок батарей.

[00025] В варианте выполнения способа по меньшей мере одна из трубы-контейнера анолита и трубы-контейнера католита может быть присоединена к блоку батарей таким 35 образом, что ее вход расположен ниже ее выхода. Вход может быть выполнен с возможностью приема электролита из блока батарей, а выход может быть выполнен с возможностью подачи электролита в блок батарей.

[00026] В варианте выполнения способа по меньшей мере одна из трубы-контейнера анолита и трубы-контейнера католита может быть присоединена к блоку батарей таким 40 образом, что ее вход расположен приблизительно на том же уровне, что и ее выход. Вход может быть выполнен с возможностью приема электролита из блока батарей, а выход может быть выполнен с возможностью подачи электролита в блок батарей.

Краткое описание чертежей

[00027] Эти и другие признаки будут более понятны из следующего подробного описания, взятого в совокупности с прилагаемыми чертежами, на которых:

45 [00028] Фиг. 1А - диаграмма, показывающая один примерный вариант выполнения системы проточных батарей, включающей в себя один или более блоков элементов батарей;

[00029] Фиг. 1В - диаграмма, показывающая один примерный вариант выполнения электрохимического элемента блоков элементов батарей с фиг. 1А;

[00030] Фиг. 2 - диаграмма, показывающая один примерный вариант выполнения рабочей среды, включающей в себя систему проточных батарей, содержащую блок проточных батарей, гидравлически связанный с баками для хранения электролита;

[00031] Фиг. 3А - диаграмма, показывающая примерный вариант выполнения модульной и масштабируемой системы проточных батарей с фиг. 2, включающей в себя масштабируемые сети труб для хранения электролита;

[00032] Фиг. 3В - диаграмма, показывающая один примерный вариант выполнения масштабируемой сети труб с фиг. 3А;

[00033] Фиг. 3С - диаграмма, показывающая другой примерный вариант выполнения масштабируемой сети труб с фиг. 3А;

[00034] Фиг. 4 - вид с частичным разрезом строения, заключающего в себе вариант выполнения модульной и масштабируемой системы проточных батарей с фиг. 3А-3С;

[00035] Фиг. 5А - диаграмма, показывающая вид с торца блоков элементов проточных батарей и сети трубопроводов жидкости, содержащихся внутри блока батарей модульной и масштабируемой системы проточных батарей с фиг. 3А-3С;

[00036] Фиг. 5В - диаграмма, показывающая изометрический вид с частичным вырезом блоков элементов проточных батарей и сети трубопроводов жидкости с фиг. 5А;

[00037] Фиг. 5С - диаграмма, показывающая часть фиг. 5В;

[00038] Фиг. 6 - диаграмма, показывающая изометрический вид одного примерного варианта выполнения насосов внутри другой части блоков проточных батарей с фиг. 5А-5С;

[00039] Фиг. 7А - диаграмма, показывающая изометрический вид одного примерного варианта выполнения клапанов и датчиков в сообщении с участком сети трубопроводов с фиг. 5А-5С;

[00040] Фиг. 7В - диаграмма, показывающая изометрический вид одного примерного варианта выполнения клапанов и датчиков в сообщении с другим участком сети трубопроводов с фиг. 5А-5С;

[00041] Фиг. 8 - диаграмма, показывающая вид с частичным вырезом системы опор главных коллекторов электролита, предназначенной для использования с сетью трубопроводов жидкости с фиг. 5А-5С; и

[00042] Фиг. 9 - диаграмма, показывающая изометрический вид узла теплообменника, предназначенного для использования с блоками батарей с фиг. 5А-5С.

[00043] Следует отметить, что чертежи не обязательно выполнены в масштабе.

Чертежи предназначены только для изображения типичных аспектов раскрытого здесь объекта изобретения, а, следовательно, не должны рассматриваться как ограничивающие объем раскрытия. Специалистам в данной области техники будет понятно, что системы, устройства и способы, в явном виде описанные здесь и показанные на прилагаемых чертежах, являются неограничивающими примерными вариантами выполнения и что объем настоящего изобретения определяется исключительно формулой изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

[00044] Теперь для обеспечения общего понимания принципов конструкции, работы, изготовления и использования описанных здесь устройств и способов будут описаны конкретные примерные варианты выполнений. Один или более примеров таких вариантов выполнения показаны на прилагаемых чертежах. Специалистам в данной области техники будет понятно, что устройства и способы, в явном виде описанные здесь и показанные на прилагаемых чертежах, являются неограничивающими примерными вариантами выполнения и что объем настоящего изобретения определяется исключительно формулой изобретения. Признаки, показанные или описанные в связи

с одним примерным вариантом выполнения, могут быть скомбинированы с признаками других примерных вариантов выполнения. Такие модификации и вариации подразумеваются входящими в объем настоящего изобретения.

[00045] Кроме того, в настоящем раскрытии одинаково названные компоненты вариантов выполнения могут в целом иметь аналогичные признаки. Таким образом, в рамках конкретного варианта выполнения каждый признак каждого одинаково названного компонента не обязательно может быть тщательно разработан. К тому же, в той мере, в которой в описании раскрытых систем, устройств или способов используются линейные или круговые размеры, такие размеры не предназначены для ограничения типов форм, которые могут быть использованы в составе таких систем, устройств и способов. Специалист в данной области техники признает, что эквиваленты таких линейных или круговых размеров могут быть легко определены для любой геометрической формы. Размеры и формы систем и устройств и их компонентов могут зависеть от по меньшей мере строения объекта, в котором такие системы и устройства будут использоваться, размера и формы компонентов, с которыми такие системы и устройства будут использоваться, и способов и процедур, в которых такие системы и устройства будут использоваться.

[00046] В целом, варианты выполнения раскрытого изобретения предусматривают системы и способы для хранения энергии. Системы могут быть подходящими для развертывания в больших масштабах.

[00047] Проточная батарея может включать в себя проточный окислительно-восстановительный (редокс) элемент, который имеет отрицательный электрод и положительный электрод, разделенные сепаратором, таким как ионообменная мембрана. К отрицательному электроду может подаваться отрицательный жидкотекучий электролит, взаимозаменяемо называемый анолитом. К положительному электроду может подаваться положительный жидкотекучий электролит, взаимозаменяемо называемый католитом. Анолит и католит могут быть выполнены с возможностью проведения электрохимически обратимых окислительно-восстановительных реакций. Сепаратор может быть выполнен с возможностью предотвращения свободного и быстрого смешивания электролитов, но он также может быть выполнен с возможностью обеспечения прохождения через него выбранных ионов для совершения этих окислительно-восстановительных реакций.

Проточные редокс-батареи

[00048] Фиг. 1 является диаграммой, показывающей один примерный вариант выполнения системы 10 проточных редокс-батарей. Такая система 10 проточных батарей может включать в себя первый бак 12 для хранения электролита, второй бак 14 для хранения электролита, первый замкнутый контур 16 электролита, второй замкнутый контур 18 электролита, первый регулятор 19 расхода, второй регулятор 21 расхода, один или более элементов 20 проточной батареи, установленных в блоке 22, силовой преобразователь 25, контроллер (не показан), подвод 27 энергии и отвод 29 энергии. Каждый из первого и второго баков 12, 14 для хранения электролита может быть приспособлен для удерживания и хранения одного из пары растворов электролита (например, католита и анолита). Неограничивающие примеры подходящих пар растворов электролита могут включать ванадий и растворы ванадия, растворы брома и полисульфида, растворы ванадия и бромиды, и любые другие растворы. Растворы электролита могут быть выполнены на основе ванадия, брома, железа, хрома, цинка, церия, свинца, серы или любых их подходящих комбинаций.

[00049] При работе системы 10 проточных батарей может осуществляться циркуляция

жидких электролитов, содержащих редокс-активные вещества, через один или более элементов 20 проточной батареи блока 22 с преобразованием химической энергии в электрическую энергию для выработки электроэнергии. Специалисту в данной области техники будет понятно, что окислительно-восстановительные реакции могут быть обратимыми, с преобразованием электрической энергии в химическую энергию для хранения энергии. Например, каждый из первого и второго замкнутых контуров 16 и 18 электролита может включать в себя соответствующие трубопровод 24, 26 источника и трубопровод 28, 30 возврата. Каждый из первого и второго регуляторов 19, 21 расхода может быть приспособлен для выборочного регулирования расхода одного из растворов электролита через соответствующий один из замкнутых контуров 16, 18 электролита в ответ на управляющие сигналы с контроллера. Каждый регулятор 19, 21 расхода может включать в себя единственное устройство, такое как насос с изменяемой скоростью или клапан с электронным приводом, или множество таких устройств, в зависимости от конкретных требований к конструкции системы 10 проточных батарей. Однако, варианты выполнения раскрытого изобретения не ограничены любыми конкретными типами регуляторов расхода.

[00050] Фиг. 1В является диаграммой, показывающей один примерный вариант выполнения элемента 20 батареи блока 22 и представляющей окислительно-восстановительные реакции, которые могут преобразовать химическую энергию в электрическую энергию. Элемент 20 батареи может включать в себя пористый отрицательный электрод (анод) 50, пористый положительный электрод (катод) 52 и сепаратор или мембрану 54, размещенный(ую) между ними. Пористый отрицательный электрод 50 может гидравлически сообщаться с жидким электролитом бака 12, называемым анолитом. Пористый положительный электрод 52 может гидравлически сообщаться с жидким электролитом бака 14, называемым католитом. Анод 50 и катод 52 также могут быть электрически связаны с внешней цепью (не показана).

[00051] В некоторых вариантах выполнения элемент 20 может образовывать часть ванадий-ванадиевой (т.е. полностью ванадиевой) проточной редокс-батареи. Жидким электролитом для ванадиевых проточных редокс-батарей может быть сульфат ванадия, растворенный в серной кислоте. Диапазон концентраций сульфата ванадия и серной кислоты может быть выбран из диапазона от примерно 1М до примерно 2М и от примерно 4М до примерно 5М соответственно. Окислительно-восстановительные пары для полностью ванадиевой системы представлены ниже в уравнениях 1 и 2. Для ясности сульфатные частицы-наблюдатели (SO_4) не показаны.

35 Анолит (-): $\text{V}^{+2} \leftrightarrow \text{V}^{+3} + \text{e}^-$, $U^0 = -0,25 \text{ В}$ (1)

Католит (+): $\text{VO}^{+2} + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \leftrightarrow \text{VO}_2^+ + \text{H}_2\text{O}$, $U^0 = 1,00 \text{ В}$ (2)

[00052] Каждая из реакций в отрицательном и положительном полуэлементах может происходить на поверхности анода 50 и катода 52, которые могут быть выполнены из бумаги на основе углерода, и они могут быть разделены сепаратором 54, который может принимать вид протонообменной мембраны на основе перфторированной сульфоновой кислоты (PFSA). Мембрана 54 может позволять протонам переносить заряд между элементами 20, при этом минимизируя переход ванадия. В блоке 22 элементы 20 могут быть электрически соединены последовательно с помощью графитовых биполярных пластин (не показаны), которые также могут содержать каналы течения для транспортировки объемного электролита к и от каждого из элементов 20. Электролит может подаваться в элементы 20 параллельно через общий коллектор, встроенный в блок 22 элементов.

[00053] Проточная редокс-батарея 10 может работать в трех режимах: зарядка, разрядка и обслуживание электролита. Во время операций зарядки и разрядки энергия может быть подана в или извлечена из электролита с помощью прокачки реактивов из баков 12, 14 для хранения к блоку 22 элементов в достаточных количествах для

соответствия электрохимии.

[00054] При обслуживании электролита может быть по существу реверсирована по меньшей мере часть эффектов перехода ванадия через сепаратор 54. В качестве примера, концентрация ванадия в католите может увеличиваться со временем (т.е. с увеличением числа циклов заряда/разряда). Результирующий перенос воды через сепаратор 54 также может привести к изменениям концентрации ванадия. Оба эти процесса могут подействовать на общий объем электролита в каждом из баков 12, 14. Без такого обслуживания энергетическая емкость и эффективность могут уменьшаться при циклировании. Осадок ванадия также может представлять проблему на катодитной стороне элементов 20, если концентрация ванадия и/или температура превышают заданные пороговые значения (например, концентрацию, большую или равную

примерно 2М, температуру, большую или равную примерно 40°C).

[00055] Варианты выполнения систем и методов, обсуждаемых здесь, могут использовать полностью ванадиевые проточные редокс-батареи. Однако, также могут быть использованы и другие проточные батареи. Полностью ванадиевые проточные редокс-батареи могут обеспечить преимущества по сравнению с другими типами проточных редокс-батарей. Например, другие редокс-активные химические составы могут обладать несовместимостью и/или чувствительностью двух потоков электролитов к загрязнению друг от друга. Если вещество переходит сквозь сепаратор и вступает в необратимую реакцию с элементами в противоположном потоке электролита, то оно может нести потерю эффективности в конкретном цикле заряда/разряда, а также потерю емкости и ухудшение общих характеристик всей системы 10. В результате может потребоваться дорогостоящее обслуживание по разделению электролитов и восстановлению реагентов. В отличие от этого, так как полностью ванадиевые системы используют ванадий и в анолите, и в католите, этот переход может представлять собой, в худшем случае, только потерю эффективности, поскольку никакие вещества необратимо не расходуются или не удаляются из своих реакционноспособных электролитных растворов.

[00056] Проточные батареи могут быть выполнены с возможностью отделения мощности (обеспечиваемой блоком батарей) от энергии (обеспечиваемой хранящимся удаленно электролитом). Таким образом, энергоемкость системы проточных батарей может быть увеличена за счет увеличения объема электролитов. Однако, не смотря на эти преимущества, использование систем проточных батарей для крупномасштабного хранения энергии при соответствующих уровнях мощности и длительностях все еще представляет ряд проблем для масштабируемости. Неполный перечень некоторых проблем масштабируемости приведен ниже.

[00057] Может потребоваться большая емкость хранения электролита - Например, система на 1 МВт, 5 часов может потребовать хранения более чем примерно 100 000 галлонов электролита, а система на 10 МВт, 10 часов может потребовать хранения приблизительно 2 000 000 галлонов электролита. Соответственно, может оказаться выгодным, чтобы масштабируемая система хранения была способна содержать очень большие объемы электролитов.

[00058] Вредные электролиты - Растворы электролитов могут включать в себя агрессивные кислоты, и это может ограничивать подходящие варианты выбора для

хранилища электролита.

[00059] Безопасность - Хранение электролита может потребовать вторичной оболочки в случае аварийного разлива.

5 [00060] Равномерность - Чтобы эффективно использовать электролиты, проточные батареи, может быть желательно использовать все электролиты по существу равномерно.

[00061] Стоимость хранения - Стоимость хранения на единицу площади имеющегося пространства может быть важна при хранении и/или генерации энергии, чтобы быть конкурентоспособной по сравнению с альтернативами.

10 [00062] Для решения этих проблем были разработаны системы проточных батарей, которые могут быть выполнены с возможностью хранения электролитов в больших контейнерах для хранения или баках для хранения. Один примерный вариант выполнения рабочей среды, включающей в себя блок 202 проточных батарей, гидравлически связанный с баками 204a, 204b для хранения анолита и католита, показан
15 на фиг. 2. Баки 204a, 204b для хранения могут быть размещены в гидравлическом сообщении с блоком 202 батарей. Как показано, баки 204a для хранения анолита и баки 204b для хранения католита могут быть помещены на противоположных сторонах от блока 202 проточных батарей.

[00063] В определенных вариантах выполнения баки 204a, 204b для хранения анолита
20 и католита могут быть в целом прямоугольными (например, похожими на грузовые контейнеры). Из-за соображений изготовления и грузоперевозки объем баков 204a, 204b для хранения анолита и католита может быть меньшим или равным примерно 20 000 галлонов. При такой конфигурации могут быть созданы площадки со множественными баками 204a, 204b для хранения анолита и католита (например,
25 площадки, включающие в себя пятьдесят, сто и более баков).

[00064] Следует понимать, что при увеличении числа баков 204a, 204b для хранения анолита и католита может значительно увеличиться сеть трубопроводов и инфраструктура по контролю потоков. Таким образом, конфигурации системы могут зависеть от размеров имеющихся баков. Кроме того, в некоторых случаях внутри баков
30 204a, 204b для хранения анолита и католита могут нежелательно образоваться застойные области электролитов. Эти соображения, по отдельности или в комбинации с несбалансированным использованием электролитов по всем множественным бакам 204a, 204b для хранения анолита и католита, могут уменьшить полезное использование электролита, и для компенсации они могут потребовать избыточного хранения
35 электролита.

[00065] Соответственно, варианты выполнения настоящего изобретения могут предусматривать системы проточных батарей, которые являются модульными и масштабируемыми. Как будет показано более подробно далее, модульная конструкция может использовать способность проточных батарей отделять мощность,
40 обеспечиваемую блоком элементов батарей, от энергии, обеспечиваемой хранящимся электролитом. Мощность может определяться числом блоков элементов батарей, в то время как накапливаемая энергия может определяться тем, насколько много электролита доступно для использования блоками элементов батарей.

[00066] В показанных примерах выполнения электролит может храниться в трубах, имеющих регулируемую длину. Использование труб регулируемой длины может дать преимущества по сравнению с хранением в баках, такое как регулируемая длина трубы, которая позволяет выбрать любой желательный объем электролита. Например, емкость хранения электролита может быть увеличена за счет увеличения длины труб на величину,

достаточную для обеспечения желательного увеличения хранения электролита. Кроме того, в некоторых случаях емкость хранения электролита может быть уменьшена за счет уменьшения длины труб.

[00067] Труба может иметь любые подходящие длину и диаметр. Например, труба 5 200 футов × 60 дюймов (100 футов вниз и 100 футов обратно) может содержать приблизительно 30 000 галлонов электролита. Труба 250 футов × 100 дюймов может содержать свыше 100 000 галлонов электролита. Каждая из этих труб может быть выполнена с трубопроводами подачи и возврата, расположенными на одном и том же конце трубы. Такая конфигурация может уменьшить количество трубопроводов на 10 площадке и обеспечить менее сложную систему трубопроводов. Также может быть достигнуты сопутствующие сокращения датчиков, систем управления и сервисных компонентов и/или систем. Трубы с трубопроводами подачи и возврата, 15 расположенными на одном и том же их конце, могут минимизировать или по существу исключить несбалансированность между множественными баками, что может, в свою очередь, уменьшить области застоя электролита и частоту коротких замыканий вдоль входного и выходного путей течения.

[00068] В некоторых вариантах выполнения трубы могут быть коммерчески доступными конструкциями, которые можно транспортировать, используя 20 существующую инфраструктуру и регулирующие инструкции. Например, труба может быть товарным продуктом, который может быть доступен в разнообразии форм-факторов в промышленных количествах. Такая доступность и форм-фактор могут способствовать приобретению и доставке труб на место развертывания. Также, в некоторых случаях, трубы могут быть получены из местных источников, что может 25 снизить стоимость грузоперевозок. Кроме того, затраты на грузоперевозку труб и сваривание их на месте могут быть вполне определенными, что может снизить вероятность нехватки бюджета при установках, основанных на трубах.

[00069] В вариантах выполнения описанных систем и способов вторичная оболочка для электролита также может быть обеспечена ограждением, в котором установлена 30 система проточных батарей, таким как строение или другая конструкция. Таким образом, блок батарей может быть развернут отдельно от контейнера блока. Таким образом, трубы, удерживающие электролит, и блок батарей могут быть установлены внутри строения, служащего вторичной оболочкой.

[00070] Соответственно, варианты выполнения модульной системы проточных батарей, включающей в себя трубы для хранения электролита, могут обеспечить 35 крупномасштабную энергоемкость, которая является масштабируемой эффективным по стоимости и времени способом. Размер труб может быть выбран на основании желательной емкости системы проточных батарей, и эти трубы могут быть присоединены к предварительно установленным блокам проточных батарей. Однако, следует понимать, что блоки проточных батарей могут быть установлены одновременно 40 или после установки труб для хранения электролита.

[00071] Один вариант выполнения модульной и масштабируемой системы 300 проточных батарей в соответствии с описанными методами показан на фиг. 3А-3С. Система 300 может включать в себя банк блоков 302 батарей, в котором каждый блок 302 батарей может включать в себя множество элементов 304 батареи, выполненных 45 с возможностью их размещения в гидравлическом сообщении с трубами для хранения электролита (например, парами труб 306 для хранения анолита и труб 310 для хранения католита). Банк блоков 302 батарей может быть снабжен соответствующими насосами электролита, поддерживающей системой трубопроводов, клапанами и управляющей

электроникой для направления потоков подачи и возврата соответствующих электролитов к элементам 304 блоков батарей, которые для ясности не показаны на фиг. 3А-3С. Система трубопроводов может быть выполнена с возможностью обеспечения присоединения изменяемого числа пар труб 306 для хранения анолита и труб 310 для хранения католита ко множеству блоков 302 батарей.

[00072] Описанные системы и способы могут быть предназначены для работы в полностью ванадиевой проточной редокс-батарее. Однако, следует понимать, что такие проточные редокс-батареи могут включать в себя другие электрохимически активные вещества, поскольку описанные методы не ограничены каким-либо конкретным типом проточных редокс-батарей.

[00073] Трубы 306, 310 могут удерживаться на своем месте (например, соответствующими стойками 312), и электролит может быть подан к блокам 302 батарей из выхода или подачи на одном конце каждой трубы и возвращен из блоков 302 батарей на входе или возврате на другом конце трубы. В качестве примера, труба 306 для хранения анолита может включать в себя секцию 306s подачи, имеющую вход 306i, и секцию 306r возврата, имеющую выход 306o. Труба 310 для хранения католита может быть выполнена аналогичным образом. Трубы 306, 310 для хранения анолита и католита могут иметь любую конфигурацию, подходящую для подачи и возврата электролитов.

[00074] В примере на фиг. 3А каждая из труб 306, 310 для хранения анолита и католита имеет U-образную форму и включает в себя изгиб 314, выполненный на конце, противоположном выходу и входу (например, 306o, 306i), и секции подачи и возврата (например, 306s, 306r) могут быть размещены вертикально по отношению друг к другу. В качестве примера, выход 306o подачи может быть размещен внизу, а вход 306i возврата может быть размещен вверху. Однако, форма, ориентация и направление потока электролита внутри каждой трубы, а также число пар труб могут меняться.

[00075] В некоторых вариантах выполнения форма труб 306, 310 для хранения электролита может быть разной для размещения на специальных площадках. Например, вместо единственной U-образной трубы (вниз и обратно) трубы для хранения анолита и католита могут быть W-образными (вниз, обратно, вниз и обратно) в случае более короткой, но более широкой площадки. В другом примере трубы 306, 310 могут быть расположены горизонтально или под выбранным углом относительно земли. В дополнительных вариантах выполнения диаметр труб 306, 310 для хранения электролита может варьироваться по их длине. Например, подающая и возвратная секции трубы (например, 306s, 306r) могут иметь различные диаметры (например, 100 дюймов возвратная и 80 дюймов подающая). При такой конфигурации 80-дюймовая труба может быть отгружена внутри 100-дюймовой трубы для оптимизации затрат на грузоперевозку. В дополнительных вариантах выполнения диаметр труб 306, 310 для анолита и католита может быть выбран независимо друг от друга, и они могут быть приблизительно одинаковыми или разными по отношению друг к другу. Например, одна из труб 306, 310 для анолита и католита может быть больше, чем другая, что позволяет транспортировать трубы меньшую внутри большей.

[00076] Фиг. 3В показывает другой вариант выполнения системы 350 проточных батарей, только часть которой показана. Как показано, система 350 проточных батарей может включать в себя трубы 356 для хранения католита и трубы 360 для хранения католита. Например, каждая из труб 356, 360 для хранения анолита и католита может включать в себя масштабируемую секцию 370 трубы, включающую в себя трубы 372 с изменяемой длиной, между их наконечниками. Например, трубы 372 с изменяемой длиной могут быть предусмотрены в пределах приблизительно прямой секции труб

356, 360 для хранения, и они могут быть удлинены или укорочены, чтобы регулировать емкость каждой из этих труб 356, 360 для хранения.

[00077] В альтернативном варианте выполнения трубы для хранения могут включать в себя перепускной трубопровод. Например, фиг. 3С показывает другой вариант выполнения трубы 380 для хранения католита с перепускным трубопроводом 382. Перепускной трубопровод 382 может быть помещен в местоположении в пределах трубы 380 для хранения католита вне масштабируемой секции 370 трубы. Труба для хранения анолита (не показана) может по аналогии включать в себя перепускной трубопровод. Таким образом, поток электролита может быть доставлен по перепускному трубопроводу 382 и слит из масштабируемой секции 370 трубы. Следовательно, длина масштабируемой секции 370 трубы может быть изменена без выключения всей системы. Варианты выполнения труб для хранения электролита с перепускным трубопроводом могут быть использованы в любой из систем 300, 350.

[00078] Вторичная оболочка для электролитов может быть образована ограждением 400, таким как строение или другая конструкция, в которой установлена система проточных батарей (например, 300, 500), как показано на фиг. 4.

[00079] На фиг. 5А-5С показан вариант выполнения банков блоков батарей и связанной с ними сети трубопроводов жидкости. Некий данный блок 302 батарей может быть подсоединен проводами в выбранной электрической конфигурации по отношению к одному или более другим блокам 302 батарей, с образованием банков 500 блоков батарей. Банки 500 блоков батарей, в свою очередь, могут быть подсоединены проводами в выбранной электрической конфигурации по отношению друг к другу, обеспечивая комплект 502 блоков батарей, который может быть выполнен с возможностью достижения желательных уровней напряжения и тока. В определенных вариантах выполнения блок 302 батарей может включать в себя элементы батареи и/или блоки батарей, реализованные в соответствии с одним из следующих: публикация заявки на патент США № 9774044 ("Блок проточных батарей со встроенным теплообменником", дата подачи 21 сентября 2011 г.); публикация заявки на патент США № 2013/0029196 ("Элементы проточных батарей, расположенные между входным коллектором и выходным коллектором", дата подачи 29 июля 2011 г.); патент США № 9166243 ("Проточная батарея с встроенным полем течения", дата подачи 18 декабря 2009 г.); публикация заявки на патент США № 2015/0263358 ("Проточная батарея со смешанным течением", дата подачи 20 декабря 2011 г.); и патент США № 8884578 ("Способ и система для эксплуатации системы проточных батарей на основании расходов на энергию", дата подачи 07 февраля 2011 г.), содержание каждого из которых полностью включено в настоящее описание путем ссылки. Например, в варианте выполнения, показанном на фиг. 5В-5С, могут быть предусмотрены банки 500а, 500b, 500с, 500d блоков батарей. Каждый из банков 500а, 500b, 500с, 500d блоков батарей может быть электрически параллельным элементом (например, конфигурация 1S4P). Два набора банков 500а, 500b блоков батарей могут быть электрически соединены проводами последовательно (например, общая конфигурация 2S4P), и то же самое может быть сделано для банков 500с, 500d блоков батарей. Каждая из этих конфигураций может быть дополнительно соединена проводами параллельно (например, общая конфигурация 2S8P из 16 блоков), образуя комплект 502 блоков батарей.

[00080] Например, полагая 125 элементов (ячеек) на один блок 500 батарей, такая конфигурация может обеспечить восемь параллельных цепочек из 250 последовательных элементов, обеспечивая номинальную мощность комплекта 502 блоков батарей. Кроме того, предполагая использование ванадиевых проточных элементов с нормальным

потенциалом примерно 1,4 В, каждый из блоков 302 батарей может иметь нормальный потенциал примерно 175 В, и каждый комплект 502 блоков батарей может иметь нормальный потенциал примерно 350 В.

5 [00081] В дополнительном варианте выполнения блоки 302 батарей могут быть разделены на множественные секции. В продолжение вышеописанного примера, в котором каждый блок 302 батарей включает в себя 125 элементов 304 батарей, электрически соединенных проводами последовательно, блок 302 батарей может быть разделен на две секции электролита (например, приблизительно половину, где одна секция электролита включает в себя 62 элемента, а оставшаяся секция электролита
10 батареи включает в себя 63 элемента). Преимущественно, такая компоновка может обеспечить улучшенное ослабление токов утечки через внешние трубы.

[00082] Каждый блок 302 батарей может включать в себя близко смонтированный контактор, который может способен осторожно обращаться с полным напряжением системы и максимальным током блока. Такая конфигурация может обеспечить
15 соединение в шахматном порядке, а также электрическую изоляцию любого блока 302 батарей. Наиболее положительно заряженная сторона блоков 302 батарей с каждой стороны комплекта 502 блоков батарей может быть по отдельности снабжена плавкими предохранителями, что дает восемь предохранителей. Предохранители могут быть рассчитаны на защиту проводки комплекта 502 блоков батарей в случае
20 катастрофического короткого замыкания, а не только состояния перегрузки, поскольку максимальный номинальный ток сильно падает в своем номинальном значении. Например, предполагая, что предохранители имеют номинальную силу тока примерно 400 ампер каждый, комплект 502 блоков батарей может быть защищен при 3200 ампер в сумме.

25 [00083] Каждый из банков 500 блоков батарей может быть ошинован медными шинами и взаимосвязан с другими наборами, используя медные кабели. Все шины и кабели могут рассчитаны на номинальное суммарное значение всех защитных предохранителей для того, чтобы отвечать требованиям NEC к проводам и минимизировать потери в проводах. Может дополнительно быть обеспечен
30 прецизионный токовый шунт для измерения тока в или вне комплекта 502 блоков батарей, а также измерения напряжения на каждом банке 500 блоков батарей. Эти значения могут сообщаться контроллеру блока батарей, обсуждаемому далее.

[00084] Блоки 302 батарей могут быть установлены внутри стойки 506. В конкретных вариантах выполнения блоки батарей могут быть дополнительно размещены внутри
35 контейнера 508 блоков батарей. Как показано на фиг. 5C, стойка 506 включает в себя вертикальные опоры 506a и горизонтальные опоры 506b. В варианте выполнения вертикальные опоры 506a могут быть выполнены в конфигурации с-образного 3-дюймового канала. Одна сторона стойки 506 (например, задняя сторона) может быть помещена к контейнеру 302 блоков батарей, а другая, противоположная сторона стойки
40 506 (например, передняя сторона) может быть обращена к середине контейнера 302 блоков батарей. В альтернативных вариантах выполнения помещены снаружи, а не внутри контейнер блоков батарей, открыты в окружающую ограждение 400 среду.

[00085] Каждый блок 302 батарей может быть соединен с сетью 510 трубопроводов жидкости для обеспечения протекания через него анолита и католита. Сеть 510
45 трубопроводов жидкости может включать в себя соответствующие главные коллекторы 514 электролита, насосы 516 электролита, шунтирующие коллекторы 520 и коллекторы 522 блока батарей для подачи и возврата каждого из анолита и католита. Например, относительно подачи, каждый электролит может входить в контейнер 302 блоков

батарей через одну или более соответствующих труб 512s подачи, каждая из которых может быть соединена с соответствующим главным коллектором 514s подачи электролита. Каждый главный коллектор 514s подачи электролита может быть достаточно велик, чтобы поток в и из него был приблизительно сбалансирован (например, примерно 10-дюймовые трубы). Поток подачи электролита внутри главного коллектора 514s подачи электролита может быть направлен к насосу 516s подачи электролита (например, с расходом приблизительно 200-400 галлонов в минуту) и подан к блокам 302 батарей через соответствующие шунтирующие коллекторы 520s (например, 2-дюймовые трубы) и коллекторы 522s подачи блока батарей. Потоки возврата электролита текут в обратном направлении, через отдельные участки возврата сети 510 трубопроводов жидкости для каждого электролита, из блоков 302 батарей через коллекторы 522г возврата блока батарей, шунтирующие коллекторы 520г возврата, насосы 516г возврата и главный коллектор 514г возврата электролита. Из главного коллектора 514г возврата электролита электролит может покидать контейнер 510 блоков батарей через соответствующие трубы 512г возврата.

[00086] Шунтирующие коллекторы 520 могут включать в себя отрезки труб, рассчитанные на то, чтобы сглаживать чрезмерные потери от токов утечки между элементами в блоках 302 батарей. Контейнер 502 блоков батарей может включать в себя шунтирующие коллекторы 520, выполненные с возможностью снижения связанных с токами утечки потерь до приемлемого уровня. Каждый из шунтирующий коллекторов 520 может служить для содержания одного из подачи анолита к соответствующему блоку 302 батарей, подачи католита к соответствующему блоку 302 батарей, возврата анолита от соответствующего блока 302 батарей и возврата католита от соответствующего блока 302 батарей. В конкретных вариантах выполнения шунтирующие коллекторы 520 могут быть приблизительно 2-дюймовыми в диаметре трубами и обеспечивать расстояние шунтирования приблизительно 19 футов. В других вариантах выполнения одна или более вертикальных опор 506a стойки 506 могут быть съемными (например, опоры на передней стороне, обращенной к середине контейнера 502 блоков батарей) для обеспечения возможности установки шунтирующих коллекторов 520.

[00087] В варианте выполнения насосы 516 могут приводиться в действие приводами с регулируемой частотой (VFDs). Такая конфигурация может обеспечивать независимое, точное управление скоростью и, следовательно, расходом и давлением анолита и католита, а также могут быть обеспечены плавный запуск и полная обратная связь по параметрам мощности электродвигателя. Такие приводы с регулируемой частотой (VFDs) могут запитываться от панели вспомогательного питания, работающей под управлением контроллера блока батарей, обсуждаемого подробно далее.

[00088] Варианты выполнения сети 510 трубопроводов жидкости могут дополнительно включать в себя один или более клапанов (например, клапаны балансировки, клапаны отключения, и т.д.). В целом, клапаны могут быть использованы для управления потоком с тем, чтобы повторно балансировать уровни, отключить основное питание, когда выключен контейнер 502 блоков батарей, и изолировать конкретные блоки 302 батарей. Клапаны могут включать в себя ручные клапаны для целей обслуживания и автоматические клапаны для тех конфигураций, при которых отключение, запуск и различные функции системы должны осуществляться под управлением контроллера блока батарей, обсуждаемого далее более подробно. Например, как показано на фиг. 6, клапаны 524a могут быть необязательно предусмотрены в перекрестных коллекторах 526, которые распределяют электролиты

между соответствующими насосами 516 и шунтирующими коллекторами 520 для отключения или балансировки. Отключающие клапаны 524b могут быть дополнительно предусмотрены между соединениями подачи/возврата и главными коллекторами 514 электролита (фиг. 6, 7A). Клапаны 524c могут быть предусмотрены между шунтирующими коллекторами 520 и блоками 302 батарей (фиг. 7B). Автоматизированное приведение в действие клапанов 524 может быть обеспечено электродвигателями 528 в связи с контроллером блока батарей.

[00089] Когда использованы автоматизированные клапаны, для гарантии надлежащей работы может быть обеспечена обратная связь. Варианты выполнения сети 510 трубопроводов жидкости могут включать в себя один или более датчиков (например, датчики температуры, датчики расхода, датчики давления, оптические датчики, и т.д.) для отслеживания и/или управления с обратной связью клапанами 524a, 524b, 524c, чтобы регулировать поток анолита и католита через них во время работы. Примеры датчиков 526 расхода анолита и католита и датчиков 530 давления анолита и католита показаны на фиг. 7A, 7B.

[00090] Опорная конструкция 800 для главных коллекторов 514 электролита показана на фиг. 8. Опорная балка 802 (например, балка 5×16) может проходить по всей ширине конструкции, содержащей контейнер 502 блоков батарей. Опорные стержни 804 (например, диаметром 7/8 дюйма) могут быть подвешены парами к опорной балке 802. Роликовые трубные опоры 806 могут быть прикреплены к каждой паре опорных стержней 804. В конкретных вариантах выполнения роликовые трубные опоры 806 могут быть предусмотрены для каждого главного коллектора 814 электролита. Дополнительно к опорным стержням 804 могут быть прикреплены сейсмическая распорки 810 для стабилизации в случае сейсмического события.

[00091] Электролит может иметь особый рабочий диапазон температур, составляющий обычно от примерно 15°C до примерно 40°C. Если температура электролита падает ниже примерно 15°C, то система может быть неспособна обеспечить работу на полной мощности до тех пор, пока электролит не достигнет такой температуры. Если температура электролита падает ниже примерно -15°C, имеется опасность замерзания электролита и, как результат, система 300 не сможет обеспечить работу на полной мощности. Следовательно, если система 300 находится в холодной окружающей среде, то может быть выгодна ее способность подводить к электролиту внешнее тепло.

[00092] Как альтернативный вариант, в жаркие дни эта проблема может быть обратной. Потери в системе могут довести температуру электролита свыше 50°C, сверх верхнего предела рабочего диапазона температур электролита. Это состояние может стать проблематичным, поскольку, когда электролит находится в состоянии высокого заряда и высокой температуры, может произойти осаждение одного или более компонентов электролита, что может привести к отключению системы 300 из-за засорения. Хотя это явление обратимо, оно может отрицательно повлиять на работоспособность. Таким образом, при различных условиях работы может быть желательно нагревание или охлаждение электролита.

[00093] Чтобы нагреть и охладить электролит, варианты выполнения контейнера 302 блоков батарей могут включать в себя один или более теплообменников 900 (например, теплообменники жидкость-жидкость). Теплообменники 900 могут быть предназначены для теплового сообщения с электролитом, как показано на фиг. 9. Дополнительно могут быть предусмотрены приборы и управляющая логика для регулирования потока и запроса на нагретую или охлажденную водно-гликолевую смесь от внешней системы холодильников-нагревателей на площадке. Запросы от

отдельных блоков 302 батарей могут быть объединены, и команды в ответ на эти запросы могут быть поданы системе холодильников-нагревателей по мере необходимости. В конкретных вариантах выполнения может быть выполнено восемь теплообменников в параллельной конфигурации для достижения высокой емкости.

5 [00094] Дополнительные системы, которые могут быть использованы для работы вариантов выполнения блоков 302 батарей и сети 510 трубопроводов жидкости описаны далее.

Вспомогательное питание

[00095] Вспомогательное питание переменного тока (AC) может быть подсоединено к блокам 302 батарей через панель вспомогательного питания (не показана). Такая панель может иметь главный запирающийся разъединитель и встроена в соответствии с промышленными стандартами (например, стандартами UL 508). Могут быть предусмотрены отдельные размыкатели цепи для защиты фидеров к каждому из двух насосов VFDs, вентиляторов, источника питания пульта управления, освещения и других местных нагрузок переменного тока. Эта панель также может включать в себя линейные реакторы (если необходимо). Все провода и компоненты, за исключением VFDs и проводки трубопроводов, могут содержаться в этой панели, увеличивая безопасность при обслуживании, поскольку большая из опасностей от переменного электрического тока заключена в это ограждение. Такая панель может быть заблокирована для предотвращения работы при выбранных обстоятельствах (например, когда конструкция, охватывающая блоки 302 батарей и сеть 510 трубопроводов жидкости, открыта). Такая панель может также питать необязательный обогреватель для персонала.

Контроллер блока батарей

[00096] В одном варианте выполнения каждый блок 302 батарей может дополнительно содержать контроллер блока батарей. Контроллер блока батарей может включать в себя вычислительное устройство, способное осуществлять сбор данных и исполнить программы управления, выполненные с возможностью мониторинга всех датчиков и приборов в блоке батарей, а также управления клапанами и приводами электродвигателей. Такой контроллер может быть выполнен сообщаемым с главным контроллером системы батарей (BSC), расположенным снаружи. Может быть предусмотрена резервная батарея, чтобы позволить BSC работать по существу немедленно за прерыванием питания системы. Это может позволить контроллеру BSC установить клапаны в безопасное состояние, и сообщить во внешний мир о состоянии неисправности питания вместе с другими текущими состояниями. Входы датчиков могут быть снабжены способностью самопроверки и внутренней калибровки. Там, где необходимо, может быть предусмотрена изоляция, и входы могут быть защищены от перегрузок по току и радиочастотных помех (RFI). Контроллер BSC может иметь разъемы для внешних датчиков и другие соединения для минимизации среднего времени на ремонт (MTTR), если он повредится.

40 [00097] Блоки 302 батарей, сеть 510 трубопроводов жидкости и примыкающие к ним области могут дополнительно включать в себя независимую систему безопасности. Эта система может использовать рассчитанные по уровню безопасности компоненты, такие как датчики утечки, переключатели с блокировкой и реле управления, для отключения системы в случае опасных условий (таких как значительная утечка), условий блокировки доступа или определенных неисправностей. Такая система может быть выполнена с возможностью работы полностью независимо от какого-либо программного обеспечения или удаленных аварийных команд.

[00098] Специалисту в данной области техники будут ясны дополнительные признаки

и преимущества раскрытых систем и способов, базирующихся на описанных вариантах выполнения. Соответственно, настоящее раскрытие не должно быть ограничено тем, что было конкретно показано и раскрыто, за исключением указанного в зависимых пунктах формулы изобретения. Все публикации и ссылки, перечисленные здесь, в явном
5 виде включены в настоящее описание путем ссылки во всей своей полноте.

(57) Формула изобретения

1. Модульная система проточных батарей, содержащая:
 блок батарей, включающий в себя множество элементов, электрически связанных и
 10 выполненных с возможностью приема потоков анолита и католита;
 по меньшей мере одну трубу-контейнер анолита, выполненную с возможностью гидравлического сообщения с блоком батарей и хранения анолита в объеме, достаточном для обеспечения генерации выбранного количества электроэнергии; и
 по меньшей мере одну трубу-контейнер католита, выполненную с возможностью
 15 гидравлического сообщения с блоком батарей и хранения католита в объеме, достаточном для обеспечения генерации выбранного количества электроэнергии;
 при этом каждая из труб-контейнеров анолита и католита включает в себя по меньшей мере один изгиб.
2. Система проточных батарей по п. 1, в которой по меньшей мере одна из трубы-контейнера анолита и трубы-контейнера католита выполнена U-образной формы или
 20 W-образной формы, и при этом наконечники труб-контейнеров анолита и католита гидравлически сообщаются с блоком батарей.
3. Система проточных батарей по п. 1, в которой по меньшей мере одна из труб-контейнеров анолита и католита ориентирована по существу горизонтально по
 25 отношению друг к другу.
4. Система проточных батарей по п. 1, в которой по меньшей мере одна из труб-контейнеров анолита и католита ориентирована по существу вертикально по отношению друг к другу.
5. Система проточных батарей по п. 1, в которой по меньшей мере одна пара труб-контейнеров анолита и католита размещена на одной и той же стороне от блока батарей.
 30
6. Система проточных батарей по п. 1, дополнительно содержащая конструкцию наружного ограждения, выполненную с возможностью обеспечения вторичной оболочки для блока батарей и труб-контейнеров анолита и католита.
7. Система проточных батарей по п. 6, в которой конструкция наружного ограждения
 35 содержит строение.
8. Система проточных батарей по п. 1, в которой по меньшей мере одна из труб-контейнеров анолита и католита выполнена имеющей регулируемую длину с тем, чтобы менять объем хранения электролита в ней.
9. Способ сборки системы проточных батарей, включающий этапы:
 40 выбирают число элементов блока батарей, причем элементы выполнены с возможностью приема потоков анолита и католита;
 выбирают по меньшей мере одну трубу-контейнер анолита, имеющую первую длину, выполненную с возможностью хранения анолита и выполненную с возможностью гидравлического сообщения с блоком батарей;
 45 выбирают по меньшей мере одну трубу-контейнер католита, имеющую вторую длину, выполненную с возможностью хранения католита и выполненную с возможностью гидравлического сообщения с блоком батарей; и
 присоединяют упомянутую по меньшей мере одну трубу-контейнер анолита и

упомянутую по меньшей мере одну трубу-контейнер католита к блоку батарей.

10. Способ по п. 9, в котором число элементов блока батарей выбирают на основании желательной выходной мощности системы проточных батарей; и

число и длину по меньшей мере одной из труб-контейнеров анолита и труб-
5 контейнеров католита выбирают на основании желательной энергоемкости системы проточных батарей.

11. Способ по п. 9, в котором первая длина приблизительно равна второй длине.

12. Способ по п. 9, в котором каждая из упомянутой по меньшей мере одной трубы-
10 контейнера анолита и упомянутой по меньшей мере одной трубы-контейнера католита выполнена U-образной формы или W-образной формы.

13. Способ по п. 9, в котором как упомянутую по меньшей мере одну трубу-контейнер анолита, так и упомянутую по меньшей мере одну трубу-контейнер католита присоединяют к блоку батарей на одной и той же стороне блока батарей.

14. Способ по п. 9, в котором система проточных батарей содержит вторичную
15 оболочку, содержащую ограждение, охватывающее блок батарей, упомянутую по меньшей мере одну трубу-контейнер анолита и упомянутую по меньшей мере одну трубу-контейнер католита.

15. Способ по п. 14, в котором ограждение содержит строение.

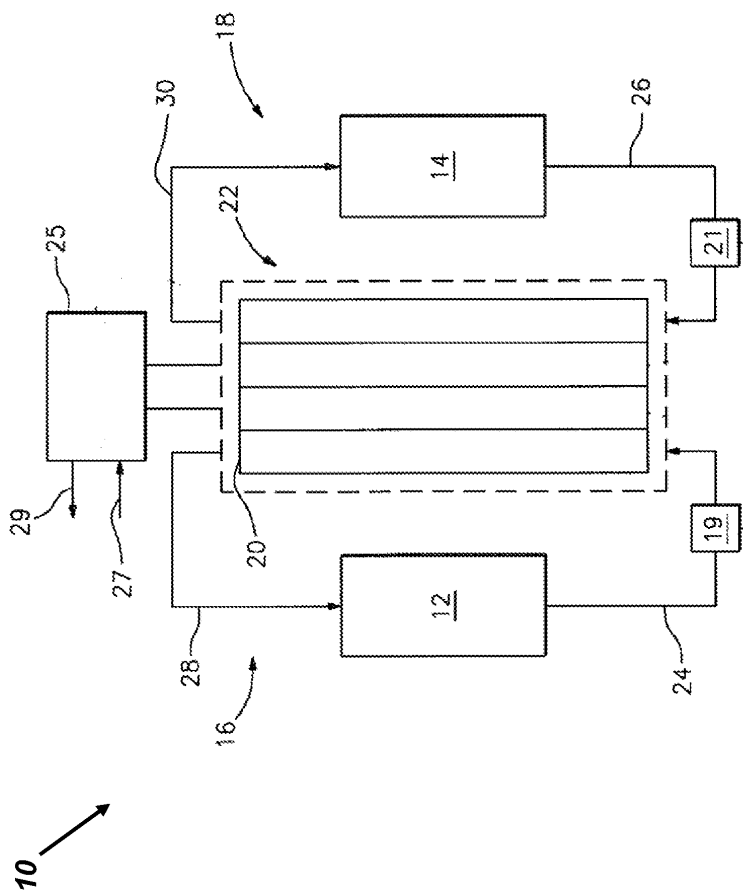
16. Способ по п. 9, в котором по меньшей мере одну трубу-контейнер из трубы-
20 контейнера анолита и трубы-контейнера католита присоединяют к блоку батарей таким образом, что первый и второй наконечники этой по меньшей мере одной трубы-контейнера расположены горизонтально по отношению друг к другу.

17. Способ по п. 9, в котором по меньшей мере одну трубу-контейнер из трубы-
25 контейнера анолита и трубы-контейнера католита присоединяют к блоку батарей таким образом, что первый и второй наконечники этой по меньшей мере одной трубы-контейнера расположены вертикально по отношению друг к другу.

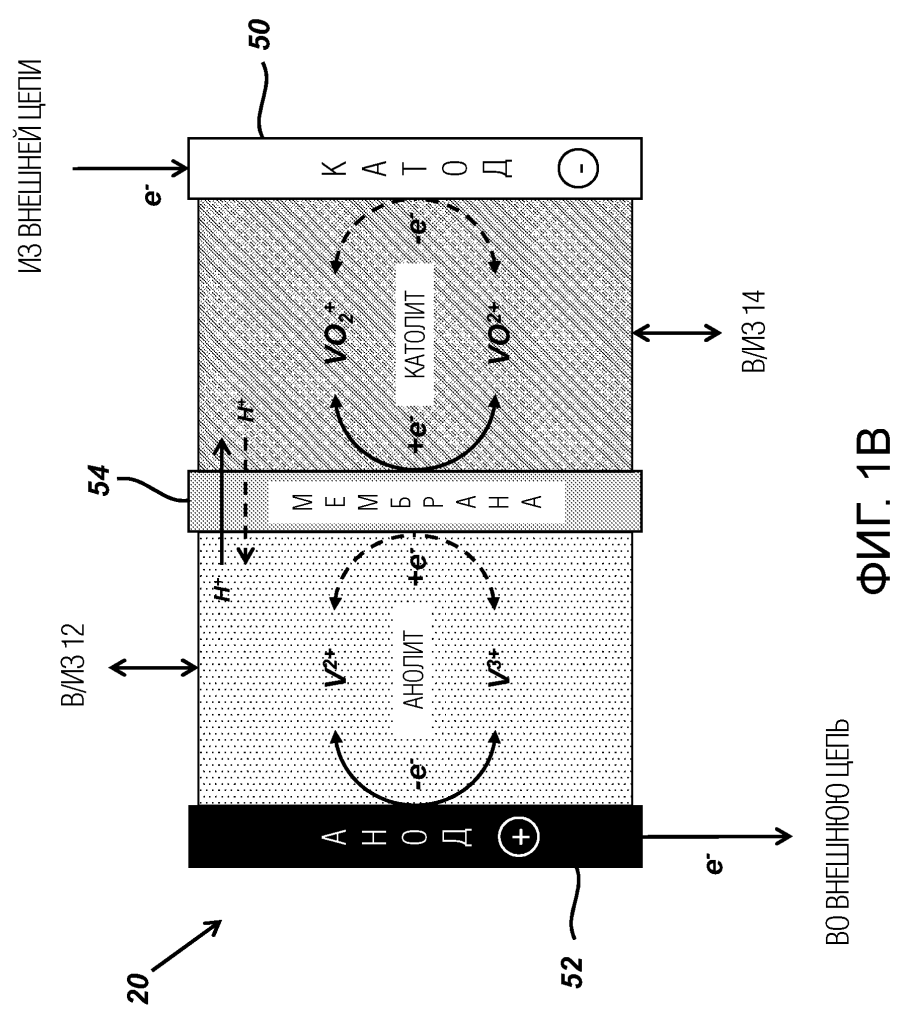
18. Способ по п. 9, в котором по меньшей мере одну из трубы-контейнера анолита и трубы-контейнера католита присоединяют к блоку батарей таким образом, что ее
30 вход расположен выше ее выхода, при этом вход выполнен с возможностью приема электролита из блока батарей, а выход выполнен с возможностью подачи электролита в блок батарей.

19. Способ по п. 9, в котором по меньшей мере одну из трубы-контейнера анолита и трубы-контейнера католита присоединяют к блоку батарей таким образом, что ее
35 вход расположен ниже ее выхода, при этом вход выполнен с возможностью приема электролита из блока батарей, а выход выполнен с возможностью подачи электролита в блок батарей.

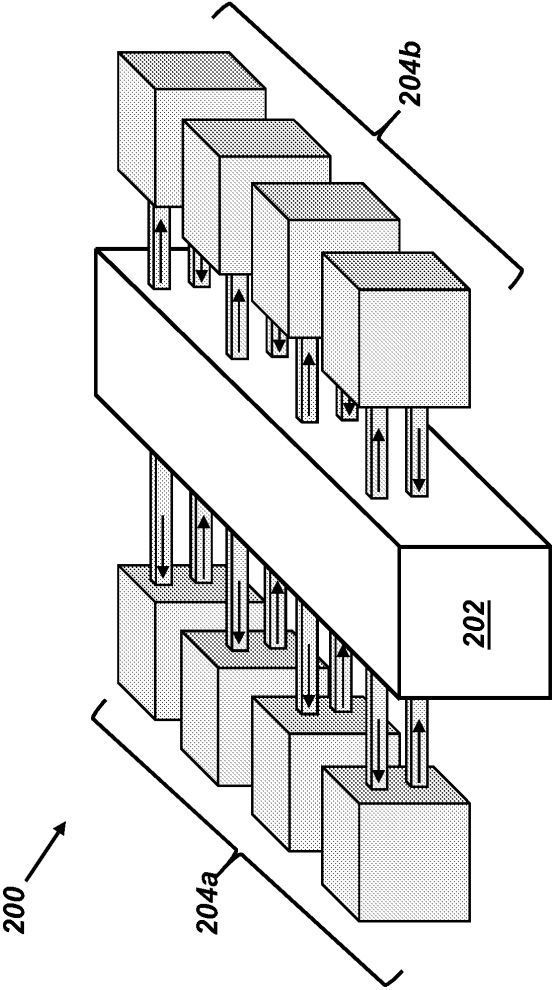
20. Способ по п. 9, в котором по меньшей мере одну из трубы-контейнера анолита и трубы-контейнера католита присоединяют к блоку батарей таким образом, что ее
40 вход расположен приблизительно на том же уровне, что и ее выход, при этом вход выполнен с возможностью приема электролита из блока батарей, а выход выполнен с возможностью подачи электролита в блок батарей.



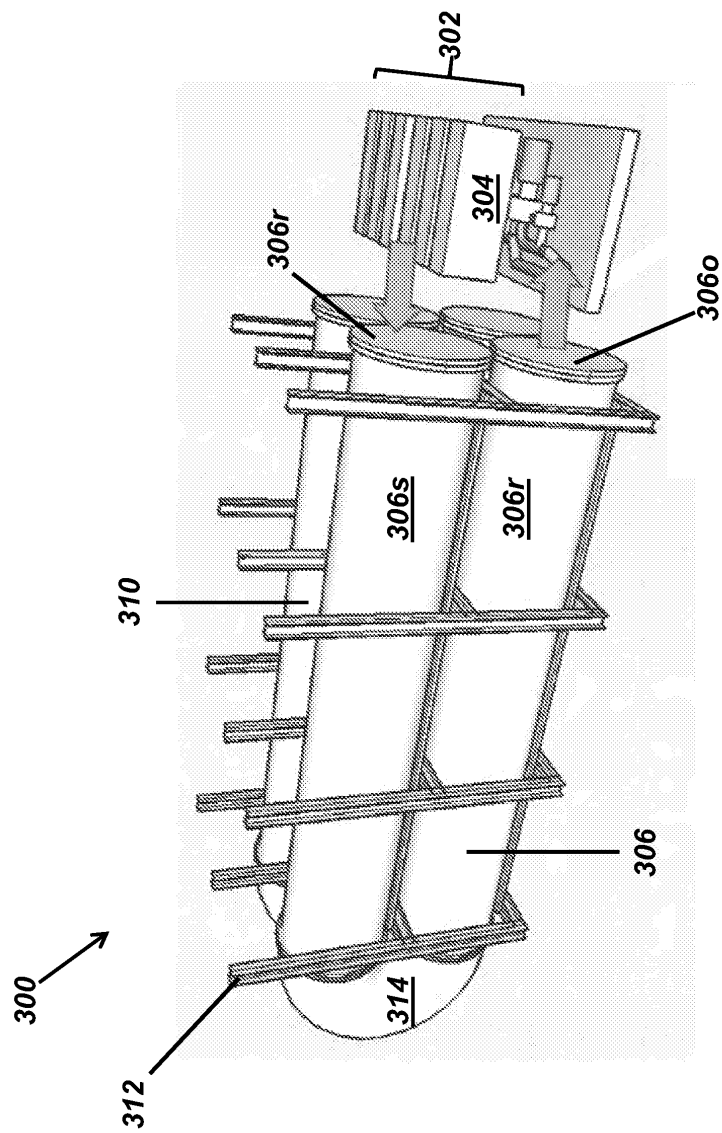
ФИГ. 1А



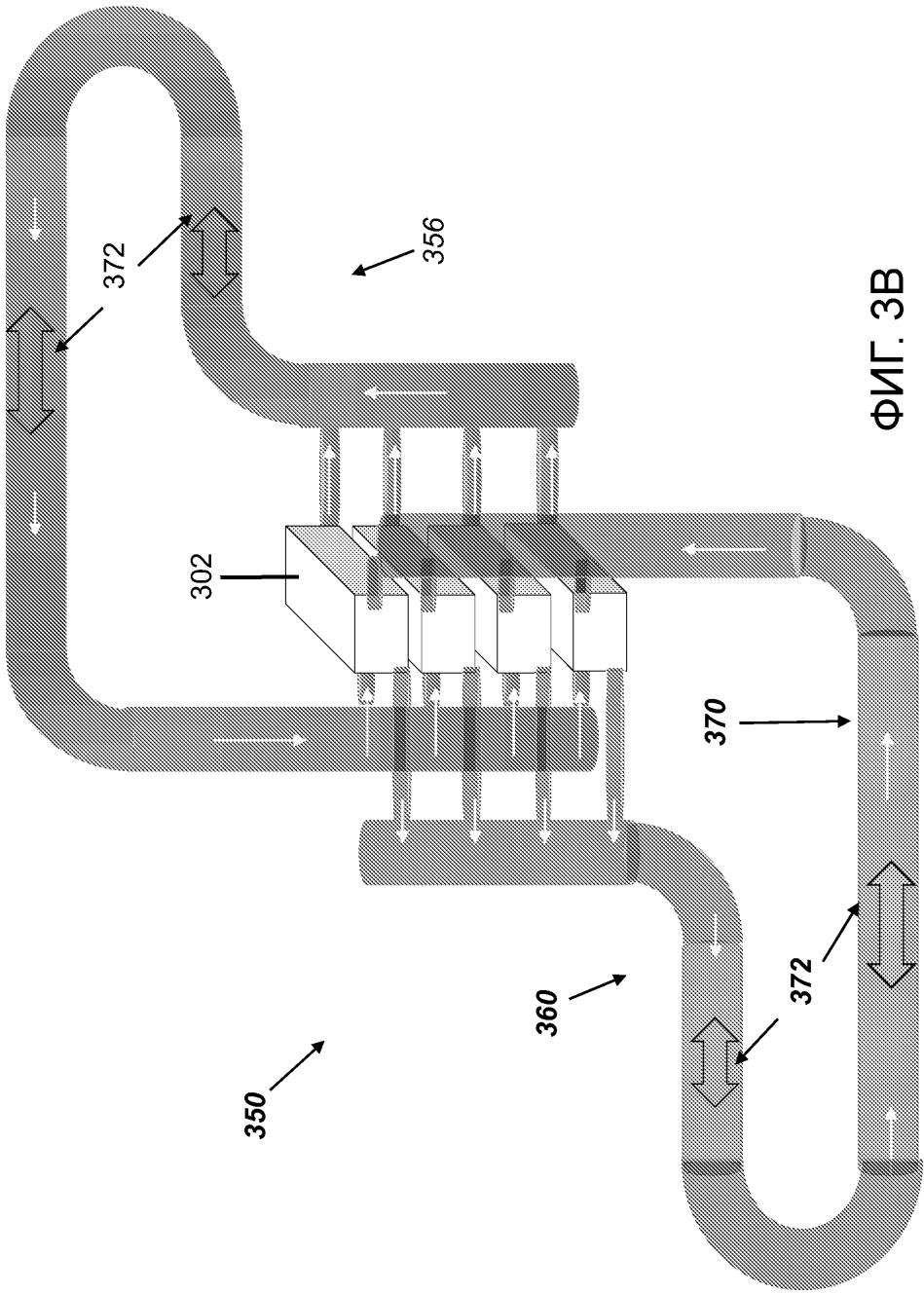
ФИГ. 1В

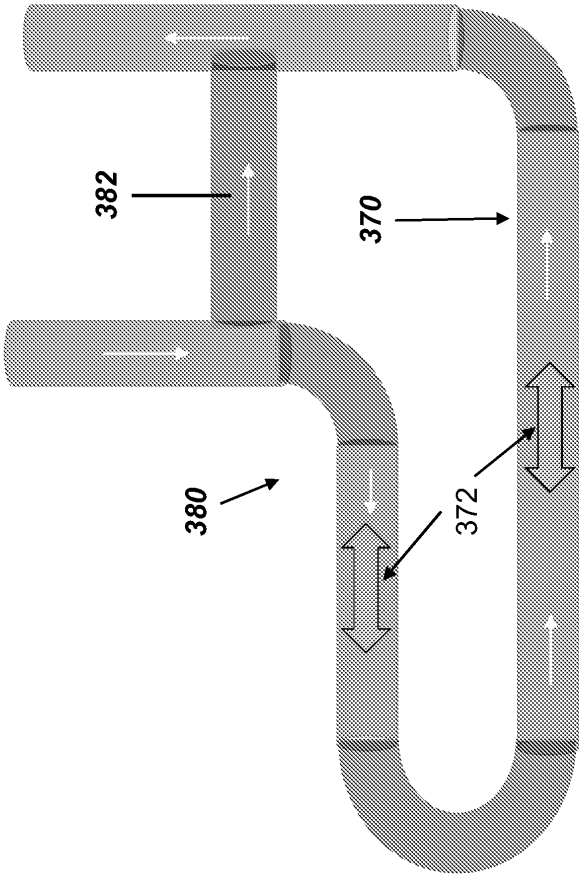


ФИГ. 2



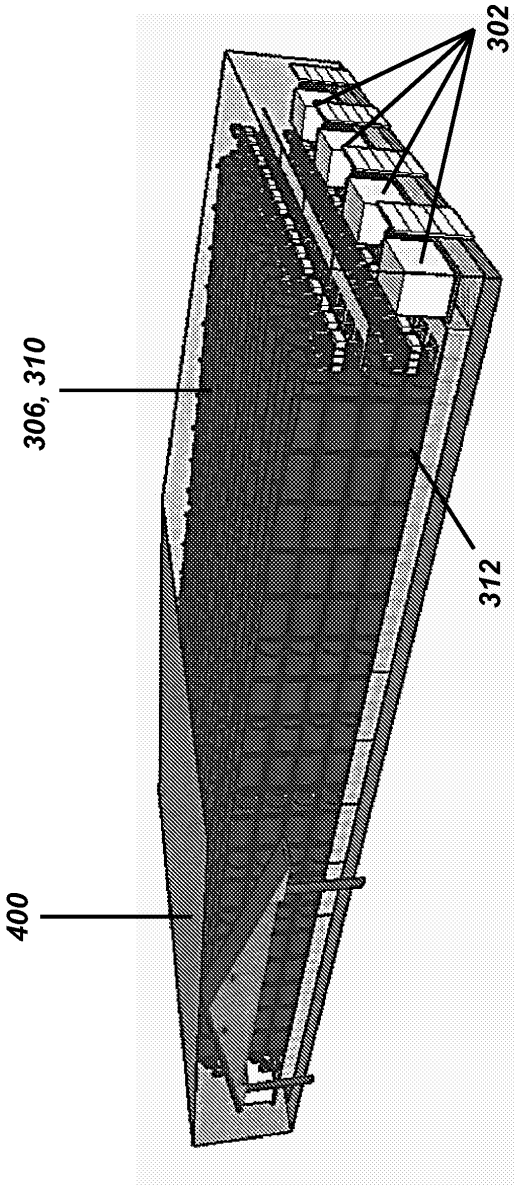
ФИГ. 3А



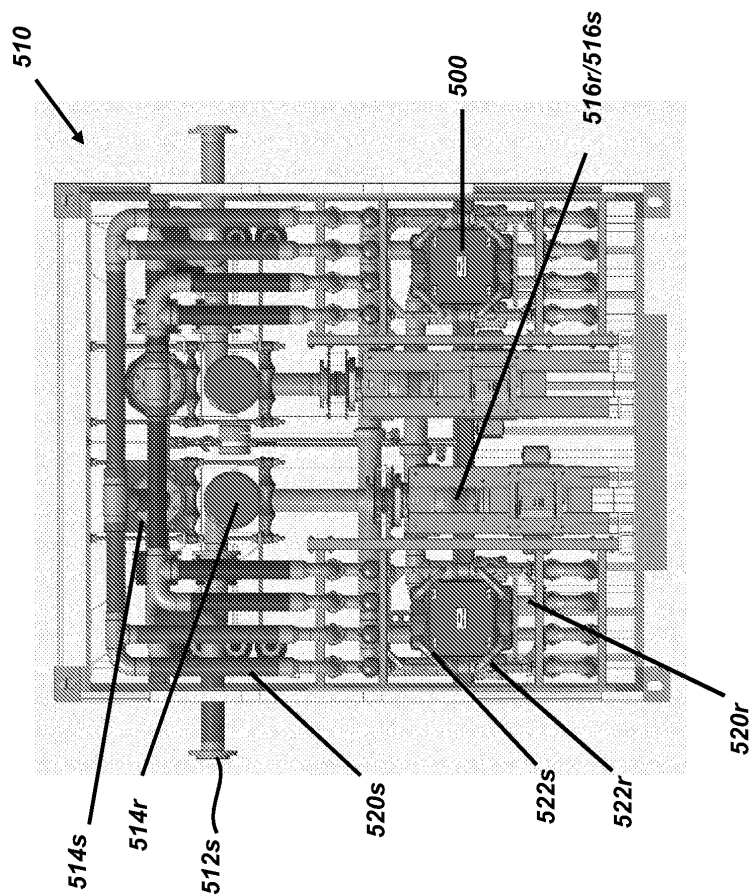


ФИГ. 3С

7/15

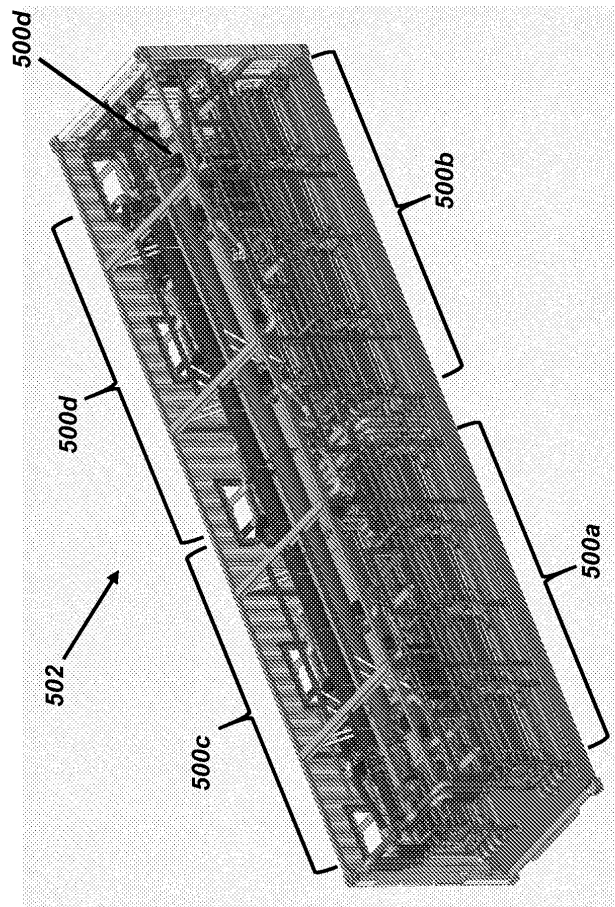


ФИГ. 4

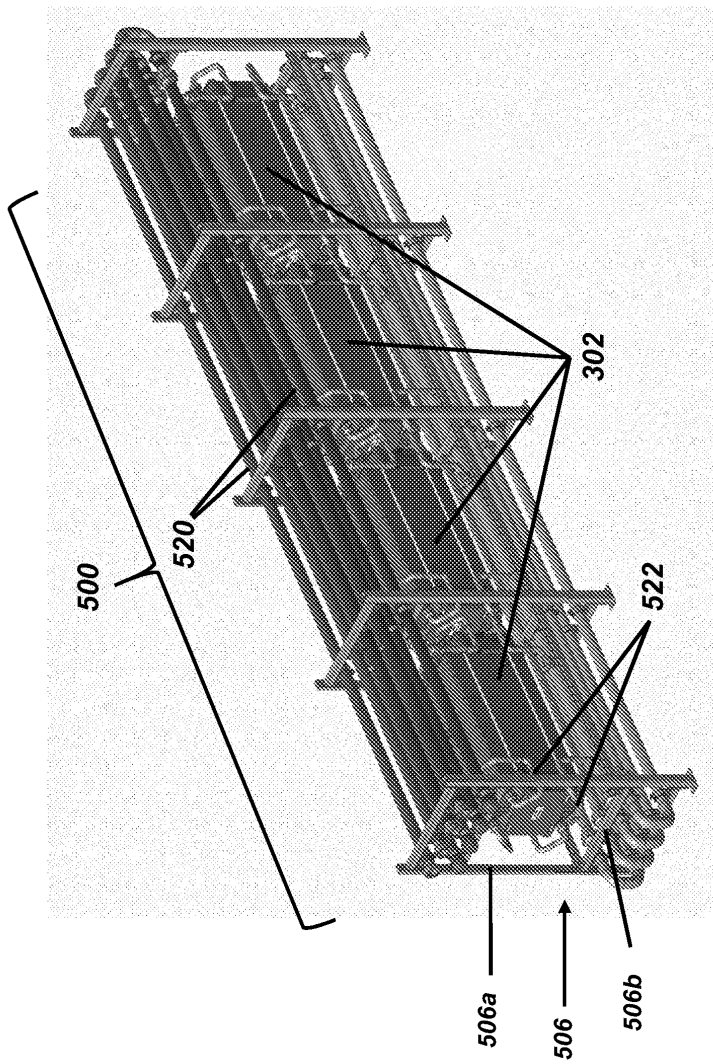


ФИГ. 5А

9/15

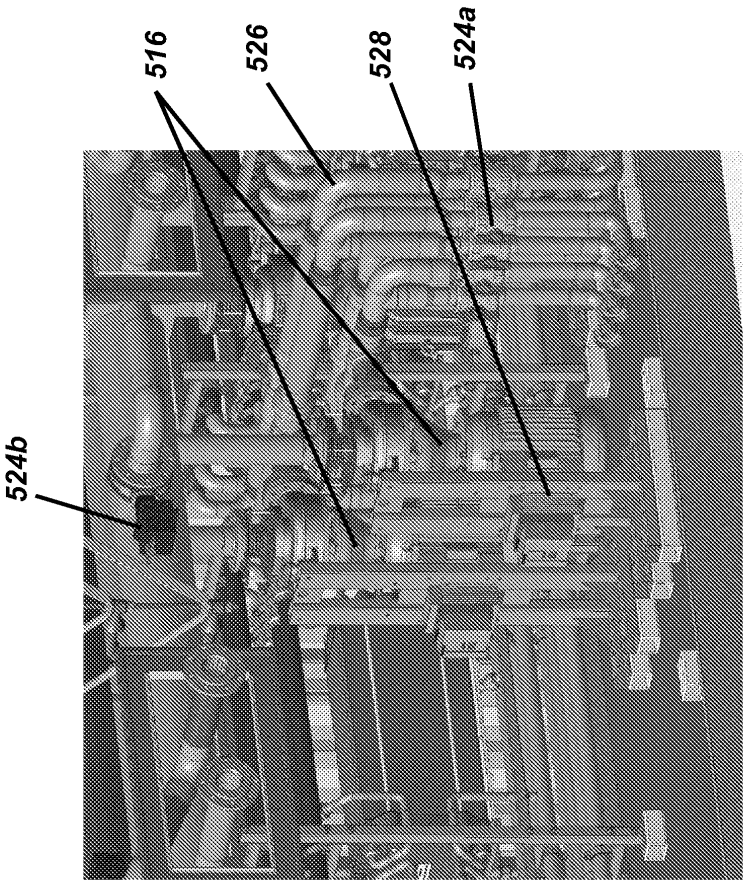


ФИГ. 5В

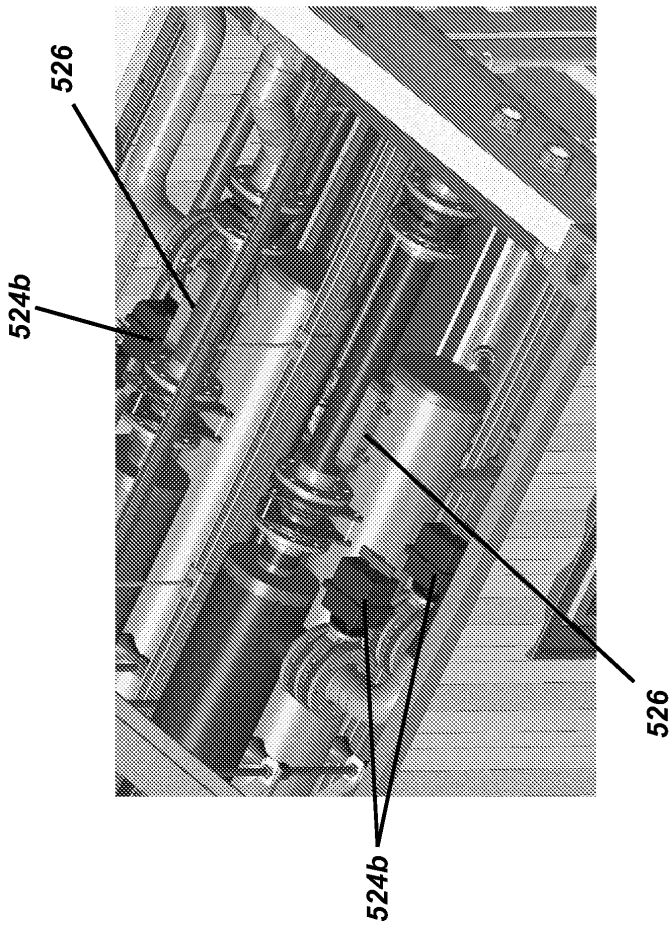


ФИГ. 5С

11/15

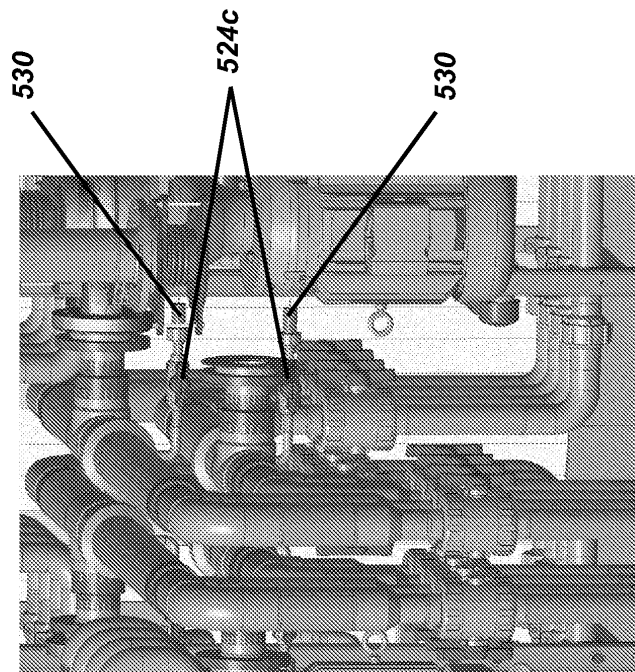


ФИГ. 6



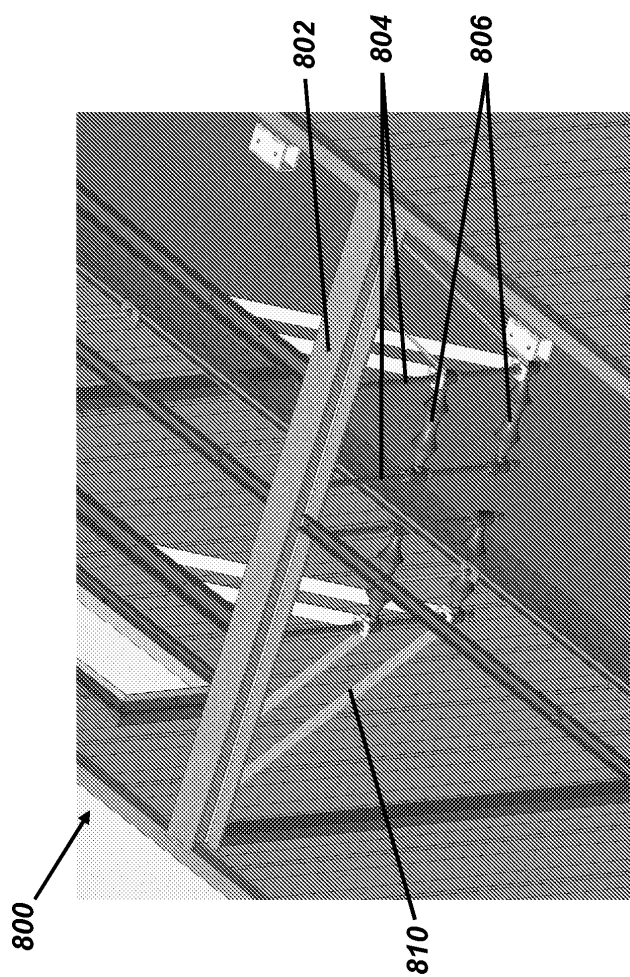
ФИГ. 7А

13/15



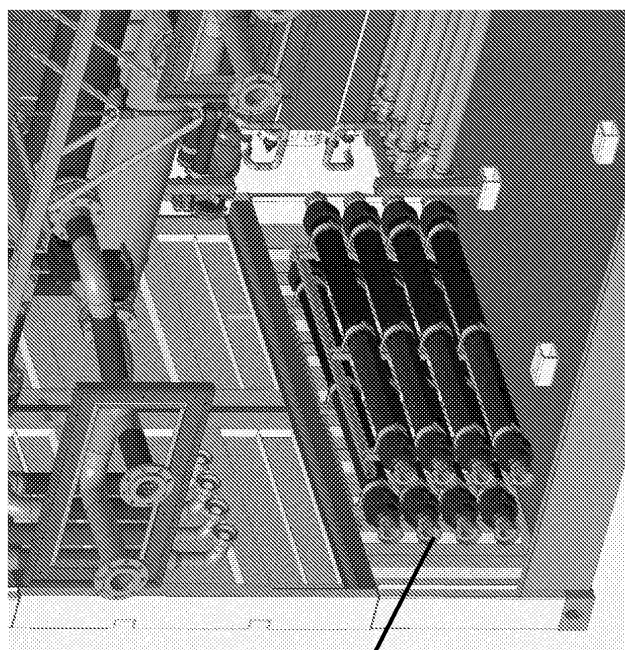
ФИГ. 7В

14/15



ФИГ. 8

15/15



900

ФИГ. 9