



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122870** (13) **C2**

(51) МПК (2021.01)

**B01D 53/22** (2006.01)

**B01D 61/00**

**B01D 63/00**

**G21C 15/18** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<b>(21)</b> Номер заявки:	<b>a 2017 08779</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и):	<b>Корпора Гарі Дж. (US)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки:	<b>06.01.2016</b>	<b>(73)</b> Володілець (володільці):	<b>ВЕСТІНГГАУС ЕЛЕКТРИК КОМПАНІ ЛЛС,</b> 1000 Westinghouse Drive, Suite 141, Cranberry Township, Pennsylvania 16066, United States of America (US)
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	<b>14.01.2021</b>	<b>(74)</b> Представник:	<b>Бочаров Максим Анатолійович,</b> <b>реєстр. №367</b>
<b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>14/612,461</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	CN 103405945 A, 27.11.2013 US 2004/0025696 A1, 12.02.2004 US 2012/0055330 A1, 08.03.2012 JP 2014/013175 A, 23.01.2014 US 6217634 B1, 17.04.2001 US 3975170 A, 17.08.1976
<b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>03.02.2015</b>		
<b>(33)</b> Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	<b>US</b>		
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку:	<b>10.01.2018, Бюл.№ 1</b>		
<b>(46)</b> Публікація відомостей про державну реєстрацію:	<b>13.01.2021, Бюл.№ 2</b>		
<b>(86)</b> Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	<b>PCT/US2016/012272,</b> <b>06.01.2016</b>		

## (54) АПАРАТ ДЛЯ ДЕГАЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

### (57) Реферат:

Вбудований апарат на основі мембрани для видалення розчинених газів для видалення розчиненого водню і газоподібних продуктів ядерного поділу з витрати відбору з системи охолодження реактора ядерної електростанції включає контактор, вакуумний генератор, канал для випуску рідини і канал для випуску газу.

UA 122870 C2

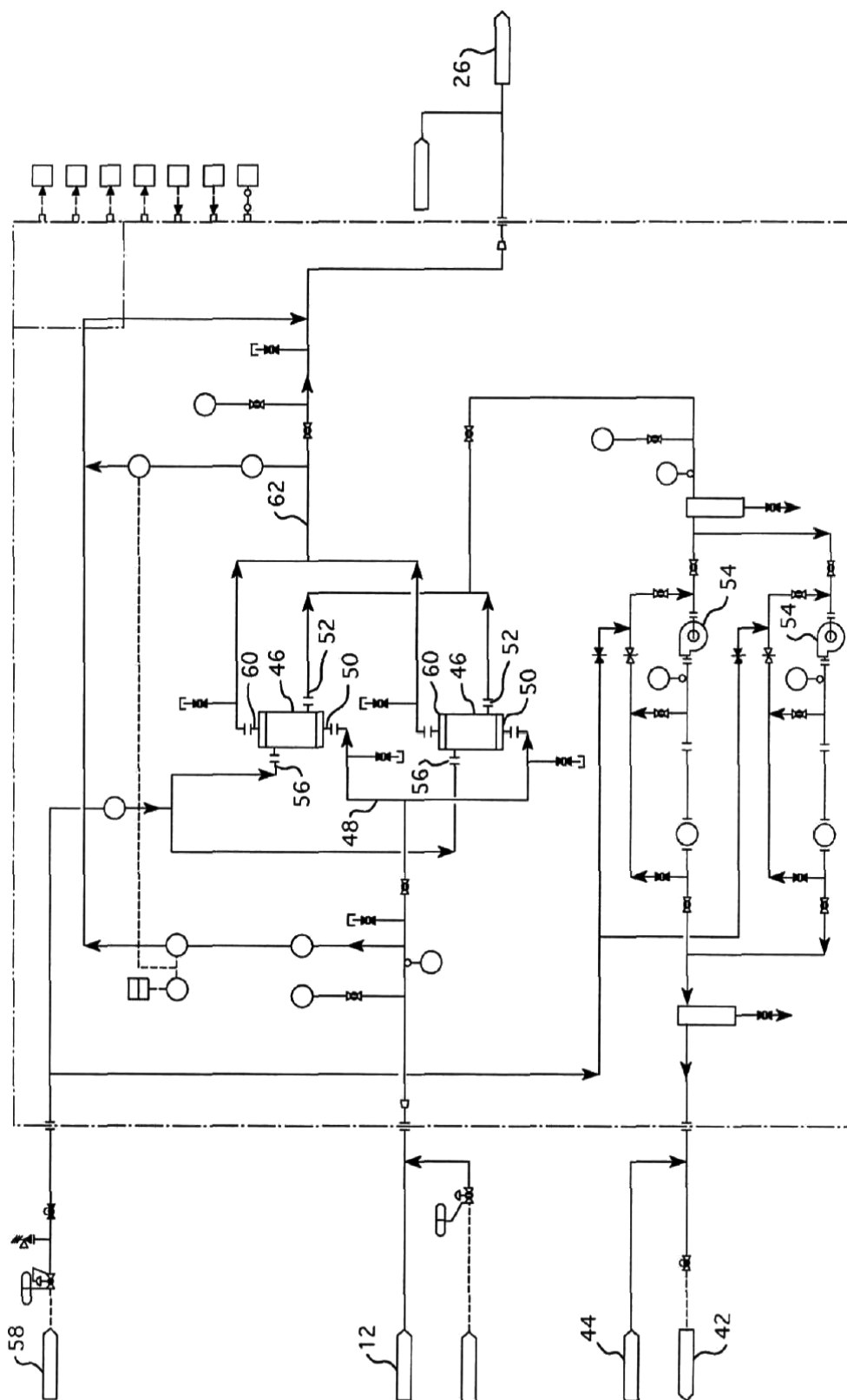


Fig. 2

## РІВЕНЬ ТЕХНІКИ

## 1. Галузь техніки

[0001] Наданий винахід належить в цілому до способу видалення розчинених газів з охолоджувача реактора на ядерній електростанції і зокрема до апарата для видалення розчиненого водню і газоподібних продуктів ядерного поділу з охолоджувача реактора шляхом пропускання охолоджувача над мембраною і шляхом екстракції газів з використанням вакууму.

## 2. Матеріали, використані під час експертизи заявки

[0002] Під час вимикання реакторів, що охолоджуються водою під тиском, звичайною практикою є дренування системи охолодження реактора до рівня нижче кронштейна бака реактора до середньої точки випускних сопел бака реактора. Ця середня точка збігається з середньою точкою з'єднувального трубопроводу гарячої ділянки, що веде до генераторів пари. Таке дренування дозволяє здійснювати інспекції, тестування і технічне обслуговування під час відключення насосів, генераторів пари, допоміжних споруд і інших первинних компонентів системи.

[0003] Під час роботи реактора деякі газоподібні продукти ядерного поділу, наприклад, ксенон і криптон, сформовані в реакціях ядерного поділу в ядерному паливі, можуть потрапляти в систему охолодження реактора і розчинятися в охолоджувачі реактора. Після вимикання, але до початку заправлення і технічного обслуговування концентрація радіоактивних газів і водню може бути знижена щоб уникнути надлишкового радіаційного впливу на персонал служби технічного контролю і технічного обслуговування і зменшити імовірність вибуху у зв'язку з впливом потенційної іскри на горючу суміш повітря і водню в атмосфері захисної оболонки реактора.

[0004] Охолоджувач реактора був раніше підданий дегазації з застосуванням бака контролю об'єму, з'єданого з системою охолодження реактора. Як правило, система охолодження реактора насамперед включає такі компоненти системи подачі ядерної пари як корпус реактора, генератори пари, насоси для охолоджувача реактора і з'єднувальний трубопровід. Бак контролю об'єму - це частина системи, відома як система хімічного контролю і контролю об'єму, яка працює в режимі дегазації шляхом швидкого випаровування розчиненого водню і радіоактивних газів з охолоджувача реактора і у паровий простір бака контролю об'єму. Приклад такої системи можна було знайти в патенті США № 4647425.

[0005] Як правило, відносно малий потік охолоджувача реактора, що називається витратою відбору, відводиться від системи охолодження реактора і через систему хімічного контролю і контролю об'єму. Цей потік спочатку охолоджується, а потім очищається в знесолювальному пристрої зі змішаним шаром, фільтрується для видалення розчиненого іонного матеріалу або зваженого матеріалу у вигляді частинок і пропускається через бак контролю об'єму.

[0006] У патенті США № 4647425 запропоновано покращення роботи даної системи хімічного контролю і контролю об'єму і зниження часу, необхідного для ефективної дегазації охолоджувача реактора. Спосіб, запропонований у даному патенті, використовує для вакуумної дегазації систему охолодження реактора. Даний спосіб включає дренування системи охолодження реактора до приблизно середньої точки гарячої ділянки і підтримування системи охолодження реактора у не продувному стані під час операції дренування. Потім дефлегмує весь швидко випаровуваний охолоджувач реактора з боку першого контуру генератора пари. Як описано у вказаному вище патенті, швидко випаровуваний охолоджувач реактора означає рідкий охолоджувач, який швидко випаровується у парову фазу завдяки низькому тиску навколишнього середовища. Дефлегмування означає конденсацію і охолодження. Основна частина охолоджувача реактора, а також дефлегмований охолоджувач реактора циркулюють через систему відведення залишкового тепла для охолодження охолоджувача реактора. Система охолодження реактора вакуумується для видалення будь-яких газів, що відокремилися від охолоджувача реактора. Переважно стадія дренування системи охолодження забезпечує частковий вакуум в не продувному корпусі реактора і системі охолодження реактора під час дренування. Часткового вакууму достатньо для того, щоб забезпечити кипіння охолоджувача реактора при переважних температурах в системі охолодження реактора, у результаті чого дегазація відбувається під час стадії дренування.

[0007] На фіг. 1 показаний один з варіантів здійснення згідно з відомим рівнем техніки вакуумної системи дегазації 10, що застосовується у цей час. Витрата відбору потрапляє в систему через впуск 12 і спрямовується до впуску 14 дегазаторної колони 16, де вона потрапляє всередину колони через розпилювальну головку 18. Вакуум всередині посудини забезпечується через трубопровід 20 за допомогою дегазаторних вакуумних насосів 36. Надлишковий охолоджувач реактора, що не випарувався, виводиться з посудини за допомогою випускних

насосів 22, з компенсаторами 24 пульсацій, що використовуються для згладжування імпульсів, згенерованих випускними діафрагмовими насосами 22. Охолоджувач, що виводиться через випускні насоси 22 потім скидається в бак – збірник 26 для повернення в систему або для ліквідації. Водна пара і неконденсовувані гази, відокремлені від охолоджувача в дегазаторній колоні 16, спрямовуються через вологоуловлювач 28 для видалення захопленого охолоджувача і спрямовується в конденсатор 30 парів, де вона потрапляє у теплообмінну взаємодію з охолодженою водою, що надходить і залишає конденсатор парів через впуски і випуски 32 і 34. Радіоактивні гази і водень потім виводяться за допомогою вакуумних насосів 36 у розділювач-дегазатор 38. Відокремлений охолоджувач потім спрямовується за допомогою насосів 40 розділювача-дегазатора і передається в бак-збірник 26. Радіоактивний газ і водень вентилуються з парового простору розділювача-дегазатора 38 у систему 42 радіоактивних газоподібних відходів реакторного пристрою. Є наявною лінія продування азотом 44 для видалення залишків водню і радіоактивних газів до проведення технічного обслуговування.

[0008] Цей традиційний підхід вимагає значної енергії для роботи великих вакуумних насосів, численних компонентів, наприклад, дегазаторних колон, насосів перекачування, роздільних посудин, з'єднувального трубопроводу, клапанів і вимірювальної апаратури, і вимагає значних приміщень і систем забезпечення, наприклад, охолодної води. Таким чином, у той час як у цих систем вже значна історія, вимагається покращення, яке б спростило конструкцію, знизило енергію, необхідну для роботи системи, розмір приміщень, що вимагаються для розміщення системи, і знизило капітальні і експлуатаційні витрати на систему.

#### СУТЬ ВИНАХОДУ

[0009] Ці і інші цілі забезпечуються в підсистемі ядерної реакторної станції для видалення радіоактивних газів і газоподібного водню з охолоджувача реактора. Підсистема включає контактор з мембраною, що розділяє внутрішню частину корпусу контактора на впускну камеру і випускную камеру, де в мембрані є пори, крізь які проходять радіоактивні гази і водень з впускної камери у випускную камеру; при цьому мембрана відвертає проходження охолоджувача реактора через випускную камеру. Вакуумний генератор з'єднаний з випускною камерою для забезпечення вакууму в випускній камері. Випускний канал для рідини з'єднаний з випускним соплом в випускній камері для пропускання дегазованої частини охолоджувача реактора у необхідне розташування. Аналогічно, випускний канал для газу з'єднаний з випускним соплом випускної камери для передачі радіоактивних газів і водню в систему відпрацьованих газів ядерної реакторної станції.

[0010] В одному варіанті здійснення система продувального газу з'єднана з випускною камерою для подавання відносно невеликого продувального потоку інертного газу в випускную камеру; переважно інертний газ - азот. Застосування продувального газу у поєднанні з вакуумуванням підвищує ефективність мембран для видалення розчиненого газу, мінімізуючи, таким чином, необхідне число контакторів. В ще одному варіанті здійснення корпус контактора містить множину паралельно з'єднаних корпусів контакторів. В іншому варіанті корпуси контакторів можуть бути з'єднані послідовно. В ще одному варіанті здійснення корпус контактора містить множину корпусів контакторів щонайменше деякими паралельно з'єднаними корпусами контакторів, і деякі паралельно з'єднані корпуси контакторів з'єднані послідовно з щонайменше одним іншим з множини корпусів контакторів. В ще одному варіанті здійснення контактори можуть працювати без продувального газу, але можуть вимагати додаткові контактори, з'єднані послідовно і/або паралельно.

#### КОРОТКИЙ ОПИС КРЕСЛЕНЬ

[0011] Подальше уявлення про винахід можна одержати з наступного опису переважних варіантів здійснення під час читання у поєднанні з наступними супутніми кресленнями:

[0012] Фіг. 1 - це схематичне зображення системи вакуумної дегазації згідно з відомим рівнем техніки;

[0013] Фіг. 2 - це схематичне зображення одного з варіантів здійснення компонентів наданого винаходу, які заміщають частину системи на фіг. 1 в пунктирній лінії; і

[0014] Фіг. 3 - це схематичне зображення системи фіг. 2 з додатковим корпусом контактора, розташованим послідовно з двома паралельними розташуваннями корпусів контакторів для подальшого покращення якості продукту.

#### ОПИС ПЕРЕВАЖНОГО ВАРІАНТА ЗДІЙСНЕННЯ

[0015] У наданому винаході використовується відома і стала технологія газових мембран для видалення розчинених газів з охолоджувача реактора. У той час як це відома і встановлена технологія для деяких додатків, її раніше не застосовували для обробки слабокислих і радіоактивних розчинів, що контактують з первинним охолоджувачем системи ядерного реактора, як видно в альтернативних системах дегазації реактора, запропонованих у минулому

і описаних в оцінюванні відомого рівня техніки в розділі "Рівень техніки" патенту США № 4647425.

[0016] Згідно з наданим винаходом один і більше альтернативних "контакторів", які, відповідно, містять газову мембрану, розташовані послідовно і/або паралельно, в міру потреби для забезпечення бажаного потоку і ступеня видалення газу. Рідина, що містить головним чином розчинений водень і радіоактивні гази, тобто ксенон і криптон, потрапляє у контактори при відносно низькому тиску і залишає мембрани, дегазовані до бажаного рівня. Газовий бік мембрани вакуумується для виведення розчинених газів з рідини через дрібні пори стінок мембрани. Крім того, невеликий потік інертного продувального газу, наприклад, азоту, з вакуумованого боку застосовується для покращення ступеня видалення розчиненого газу. Цей потік газу мінімізує число необхідних контакторів. Вхідний і вихідний аналізатори розчиненого водню контролюють ефективність мембран. Така система проілюстрована на фіг. 2 і 3. На фіг. 2 показані два паралельно з'єднані контактори 46, хоча слід врахувати, що один, три або чотири і більше контакторів можна використовувати паралельно в міру необхідності для забезпечення необхідної швидкості потоку. На фіг. 3 показані два паралельно з'єднані контактори, як на фіг. 2, з третім контактором, розташованим послідовно з виходом двох паралельних контакторів, для подальшого зниження кількості газів, які можуть залишатися в дегазованому потоці охолоджувача.

[0017] Звернемося назад до фіг. 2: витрата відбору потрапляє в систему на впуску 12 і розподіляється через вхідний канал 48 до кожного з впусків 50 контакторів 46. Газовий бік мембрани вакуумується при газовому впуску 52 за допомогою вакуумних насосів 54, і через газові випуски 56 подається невеликий потік інертного газу, переважно азоту, з джерела азоту 58. Під "інертним газом" мається на увазі газ, який не реагує з очищеними газами тобто радіоактивними газами або воднем, для формування суміші небажаних або небезпечних газів під час вентиляції в систему відпрацьованих газів. Наприклад, можна використовувати газоподібний гелій, тоді як кисень використовувати не можна. Мембрана всередині контактора 46 містить пори, достатньо дрібні, щоб відвернути проходження охолоджувача через газовий вхід 52, але достатньо великі для забезпечення проходження водню і радіоактивних газів через мембрану. Такі контактори продаються, наприклад, Liqui-Cel виробництва Membrana Corporation, Шарлотт, Північна Кароліна. Дегазований охолоджувач потім залишає контактор 46 через випуск 60 і передається через випускний канал 62 у бак-збірник 26, де він може вертатися в систему реактора або ліквідуватися. Може бути розташовано достатньо багато з'єднаних паралельно контакторів 46 для обробки необхідного великого об'єму охолоджувача, що містить газ, який потрібно рециркулювати або ліквідувати. Витягнений водень і радіоактивні гази і продувальний азот потім за допомогою вакуумних насосів 54 спрямовуються в систему 42 відпрацьованих радіоактивних газів станції. Під час технічного обслуговування джерело азоту 58 також забезпечує потік у газових лініях для продування частини системи, призначеної для випуску газу. Є наявним джерело чистої демінералізованої води 44 для промивання рідинного боку контакторів і трубопроводів перед технічним обслуговуванням.

[0018] Фіг. 3 ідентична фіг. 2 за винятком додаткового контактора 46, який розташований послідовно з паралельним розташуванням контакторів 46, показаного на фіг. 2, і забезпечує ще одну стадію дегазації для підвищення чистоти охолоджувача, що залишає систему. Вся система забезпечена датчиками для контролю ефективності процесу.

[0019] У той час як конкретні варіанти здійснення винаходу були описані докладно, експерти в даній галузі техніки розуміють, що можна розробити різні модифікації і альтернативні варіанти в рамках обох концепцій винаходу. Відповідно, конкретні описані винаходи призначені тільки для ілюстрації і не обмежують обсяг винаходу, якому відповідає весь обсяг формули винаходу, що додається, і будь-яких її еквівалентів.

## ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Підсистема (10) ядерної реакторної станції для видалення радіоактивних газів і газоподібного водню з охолоджувача реактора (12), що включає:  
контактор (46), що містить мембрану, яка розділяє внутрішню частину контактора на впускну камеру і випускную камеру, причому мембрана має пори, крізь які проходять радіоактивні гази і водень з впускної камери у випускную камеру, але відвертає проходження охолоджувача (12) реактора через випускную камеру;  
вакуумний генератор (54), з'єднаний з випускною камерою (52) для створення вакууму у випускній камері;

- випускний канал для рідини (60), з'єднаний з випускним соплом на випускній камері для подачі дегазованої частини охолоджувача (12) реактора у необхідне положення (26); і випускний канал для газу (52), з'єднаний з випускним соплом випускної камери для подачі радіоактивних газів і водню у систему (42) відпрацьованих газів ядерної реакторної станції (42), і
- 5 пристрій (58) подачі інертного продувального газу, з'єднаний з випускною камерою (52) для подачі відносного малого потоку інертного продувального газу в випускну камеру, де інертний газ є гелієм.
2. Підсистема (10) ядерної реакторної станції за п. 1, в якій корпус контактора (46) містить множину корпусів контакторів, з'єднаних паралельно.
- 10 3. Підсистема (10) ядерної реакторної станції за п. 1, в якій корпус контактора (46) містить множину корпусів контакторів, з'єднаних послідовно.
4. Підсистема (10) ядерної реакторної станції за п. 1, в якій корпус контактора (46) містить множину корпусів контакторів з щонайменше деякими з множини корпусів контакторів, з'єднаних паралельно, і деякі з'єднані паралельно корпуси контакторів з'єднані послідовно з щонайменше
- 15 один іншим з множини корпусів контакторів.

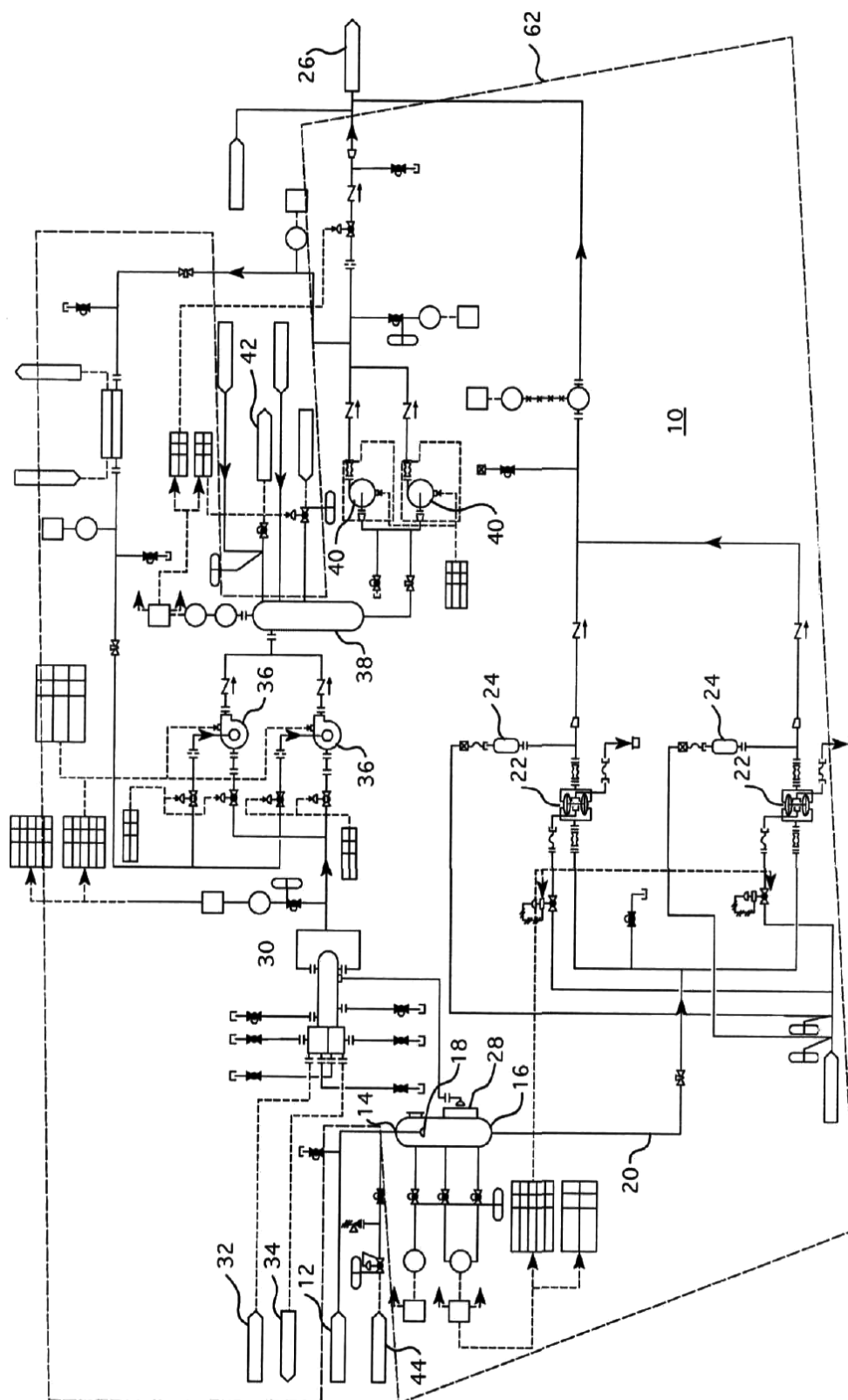


Fig. 1

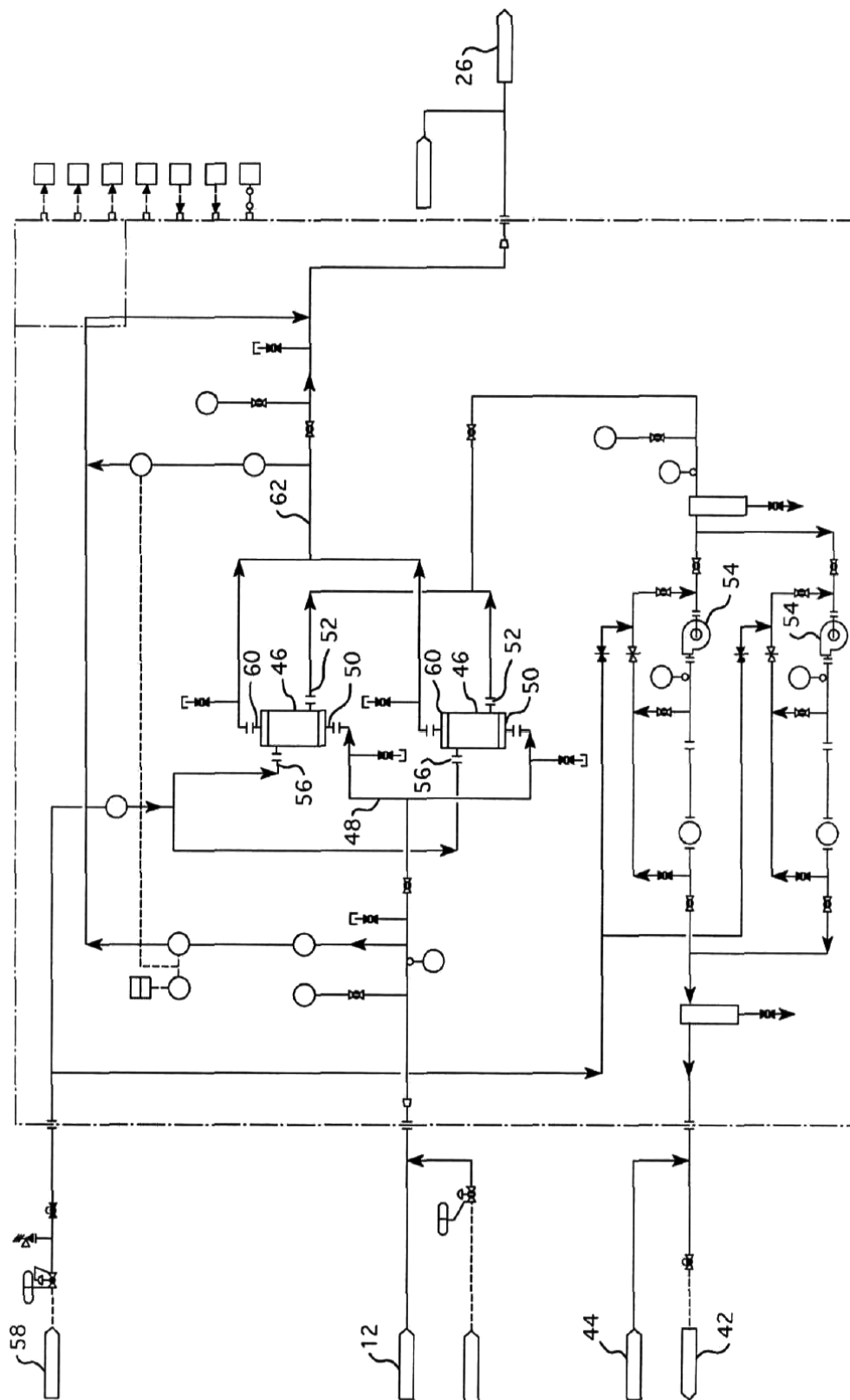
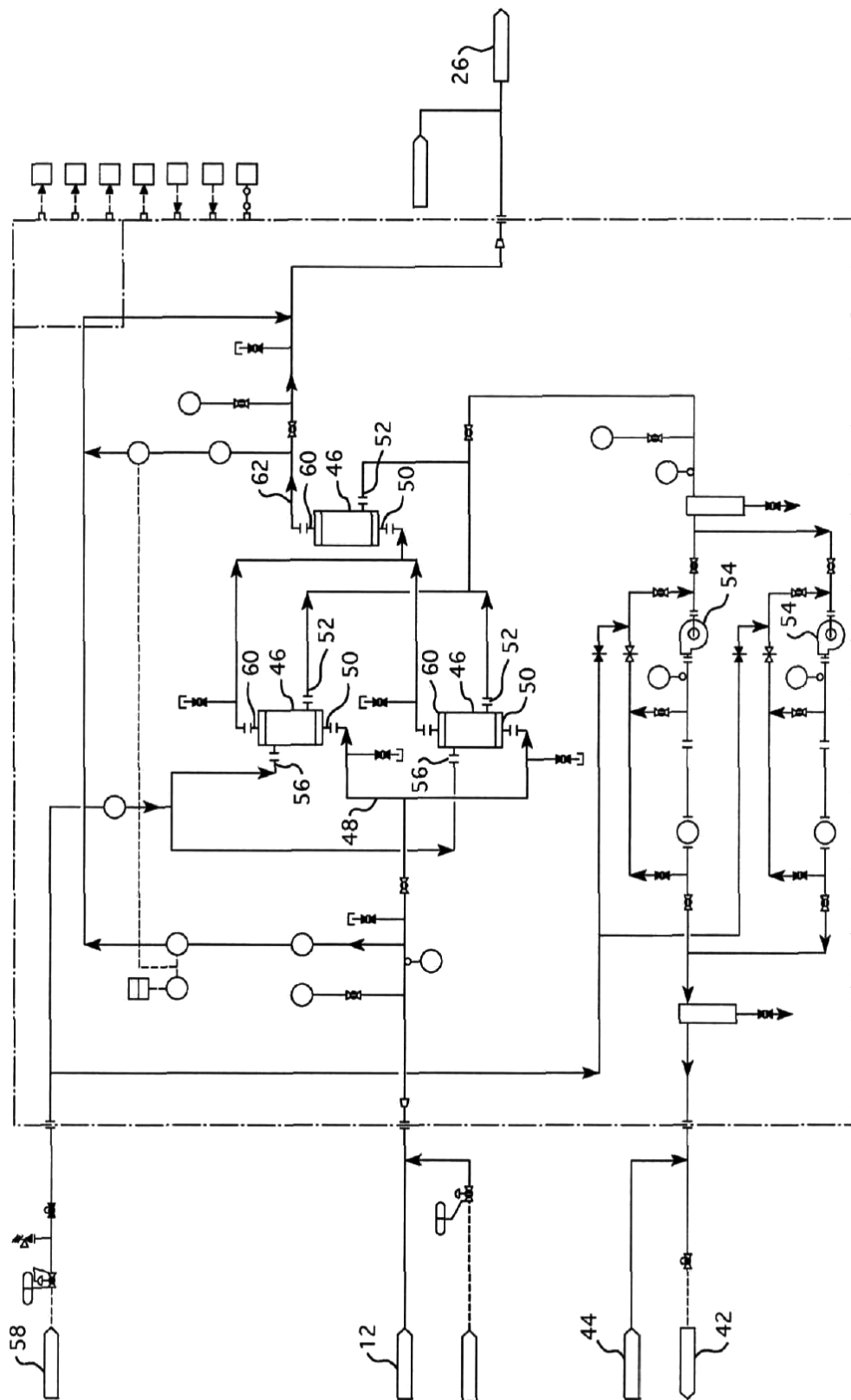


Fig. 2





Фиг. 3