



(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.08.13

(22) Дата подачи заявки
2018.10.09

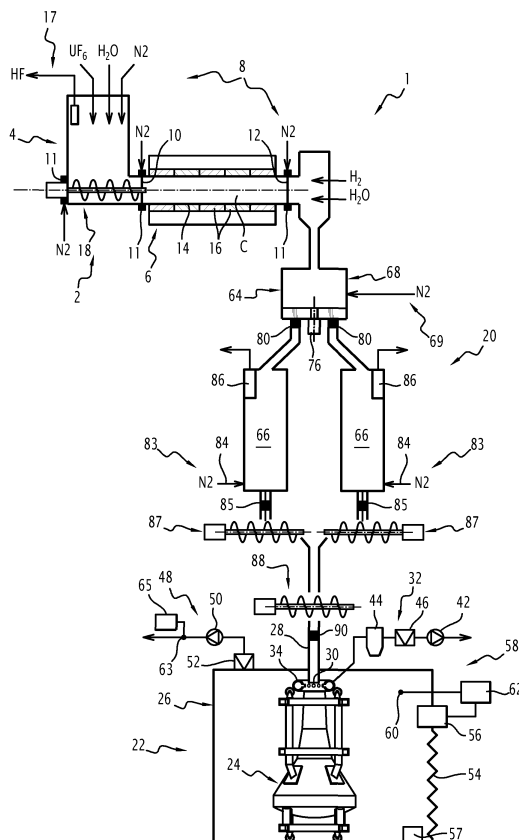
(51) Int. Cl. *G21C 3/62* (2006.01)
G21C 19/48 (2006.01)
G21C 21/00 (2006.01)
C01G 43/00 (2006.01)

(54) ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

(86) PCT/FR2018/052498
(87) WO 2020/074793 2020.04.16
(71) Заявитель:
ФРАМАТОМ (FR)

(72) Изобретатель:
Перрен Серж, Рукет Паскаль (FR)
(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(57) Установка по производству порошкового ядерного топлива содержит преобразующую установку (2) для конверсии гексафторида урана (UF_6) в диоксид урана (UO_2), имеющую реактор гидролиза (4) для конверсии UF_6 в порошок оксифторида урана (UO_2F_2) и печь (6) пиролизного гидролиза для превращения порошка UO_2F_2 в порошок UO_2 , а также упаковочный блок (20) для порошка UO_2 , содержащий станцию (22) наполнения, имеющую камеру (26) для приема контейнера (24), подлежащего наполнению, наполняющий канал (28) для подачи из печи (6) и всасывающую систему (32), содержащую всасывающее кольцо (34), расположенное на выпускном отверстии (30) наполняющего канала (28) для всасывания кольцевого воздушного потока (A) вокруг струи (P) порошка UO_2 , падающего из выпускного отверстия (30) из наполняющего канала (28) в контейнер (24).



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Настоящее изобретение относится к области производства порошка диоксида урана (UO_2), предназначенного, в частности, для изготовления топливных таблеток UO_2 для стержней ядерного топлива.

Возможно обогащение урана в виде гексафторида урана (UF_6). Однако затем необходимо конвертировать UF_6 в UO_2 , чтобы изготовить топливные таблетки UO_2 .

Для этого можно конвертировать газообразный UF_6 в оксифторид урана (UO_2F_2) с помощью гидролиза в реакторе, посредством ввода газообразного UF_6 и сухого водяного пара в реактор для получения порошка UO_2F_2 , а затем конверсии порошка UO_2F_2 в порошок UO_2 посредством пирогидролиза в печи, при этом порошок UO_2F_2 циркулирует в печи, в которую впрыскивают сухой водяной пар и газообразный водород (H_2).

Документ US 6136285 раскрывает установку для конверсии UF_6 в UO_2 , содержащую реактор гидролиза и печь пирогидролиза, для реализации такого способа конверсии.

Полученный порошок UO_2 необходимо упаковать таким образом, чтобы его можно было транспортировать и использовать для изготовления таблеток ядерного топлива. Однако порошок UO_2 является летучим и может легко рассеиваться в атмосфере и загрязнять установку для конверсии UF_6 в UO_2 .

По причинам радиологической чистоты и безопасности операторов, работающих на установке для конверсии, необходимо ограничить риск рассеивания делящегося материала.

Одной из задач изобретения является обеспечение установки для производства порошка ядерного топлива, которая позволяет ограничить риски загрязнения ураном.

С этой целью изобретение обеспечивает установку для производства порошка ядерного топлива, содержащую:

- установку для конверсии гексафторида урана (UF_6) в диоксид урана (UO_2), в состав которой входят:

- реактор гидролиза для конверсии UF_6 в порошок оксифторида урана (UO_2F_2) посредством реакции между газообразным UF_6 и сухим водяным паром, нагнетаемым в реактор; и

- печь пирогидролиза для конверсии порошка UO_2F_2 в порошок UO_2 посредством взаимодействия порошка UO_2F_2 с сухим водяным паром и

газообразным водородом (H_2), циркулирующим в печи; и

- блок упаковки для порошка UO_2 , причем блок упаковки включает в себя станцию для заполнения контейнера порошком UO_2 , станцию наполнения, содержащую герметичную камеру, наполняющий канал, снабжаемый порошком UO_2 из печи и имеющий выпускное отверстие в герметичную камеру и всасывающую систему, содержащую всасывающее кольцо, расположенное на выпускном отверстии наполняющего канала, для всасывания кольцевого воздушного потока вокруг струи порошка UO_2 , падающего из выпускного отверстия наполняющего канала в контейнер.

Согласно конкретным вариантам осуществления изобретения установка для конверсии может содержать одну или несколько из следующих дополнительных характеристик, взятых по отдельности или в любой технической возможной комбинации:

- станция наполнения включает в себя систему вентиляции для сброса давления в камере герметизации, а также всасывания и фильтрации воздуха, находящегося в камере;

- камера герметизации представляет собой модуль, содержащий дверь для ввода контейнера в модуль или извлечения из него;

- она содержит систему аварийной сигнализации, содержащую датчик, расположенный в камере герметизации, для измерения давления в камере герметизации и устройство сигнализации для подачи сигнала тревоги в случае избыточного давления внутри камеры герметизации;

- камера оборудована устройством контроля радиоактивного загрязнения, размещенным в камере для выполнения контроля загрязнения внутри камеры герметизации;

- она содержит по меньшей мере два резервуара для хранения порошка UO_2 и распределитель для последовательного распределения порошка UO_2 по резервуарам для хранения, при этом наполняющий канал последовательно выполняет подачу от резервуаров для хранения;

- распределитель имеет емкость с плоским дном и по меньшей мере один скребок для выскабливания дна емкости;

- распределитель содержит выпускные отверстия для порошка UO_2 на дне емкости, каждое выпускное отверстие снабжает соответствующий резервуар для хранения;

- установка содержит устройство для нагнетания нейтрального газа, предназначенное для нагнетания нейтрального газа внутрь распределителя;

- установка содержит поворотную станцию для переворачивания и опорожнения контейнера, заполненного UO_2 ;

- поворотная станция содержит всасывающую систему, содержащую всасывающее

кольцо, скомпонованное таким образом, что оно расположено рядом с впускным отверстием контейнера, возвращаемого поворотной станцией;

- поворотная станция содержит раму, держатель контейнера для захвата этого контейнера, по меньшей мере один подъемный рычаг, шарнирно установленный на раме, и несущий держатель контейнера, а также поворотный механизм для управления вращением держателя контейнера относительно подъемного рычага, при этом механизм поворота сконструирован таким образом, что поворот подъемного рычага относительно рамы заставляет держатель контейнера вращаться относительно подъемного рычага;

- поворотный механизм содержит первую шестерню, установленную с возможностью вращения на подъемном рычаге, при этом она прикреплена к раме с возможностью вращения, вторую шестерню, установленную с возможностью вращения на подъемном рычаге, при этом она прикреплена к держателю контейнера с возможностью вращения, и приводной механизм, соединяющий первую шестерню со второй шестерней;

- поворотная станция содержит блокирующее устройство, расположенное на раме для блокировки контейнера в перевернутом положении;

- поворотная станция содержит датчик присутствия для обнаружения наличия контейнера в перевернутом положении, контейнер содержит систему открывания для открывания или закрывания контейнера, поворотная станция выполнена с возможностью открытия системы открывания только в том случае, когда присутствие контейнера в перевернутом положении определяется датчиком присутствия;

- установка содержит уплотнение, расположенное на впускном отверстии в печь, уплотнение, расположенное на выпускном отверстии из печи, и/или уплотнение, расположенное между реактором и передаточным устройством, выполненным с возможностью переноса порошка UO_2F_2 из реактора в печь, при этом установка выполнена с возможностью создания давления в одном или каждом уплотнении с помощью инертного газа;

- установка выполнена с возможностью нагнетания нейтрального газа в реактор для выполнения конверсии UF_6 в порошок UO_2F_2 в атмосфере нейтрального газа; и

- нейтральным газом является азот (N_2).

Изобретение и его преимущества будут более понятными после прочтения последующего описания, приведенного исключительно в качестве примера и со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

- фиг. 1 показывает схематический вид установки для производства порошкового ядерного топлива;

- фиг. 2 показывает схематический вид детали станции наполнения установки по

производству порошкового ядерного топлива по фиг. 1, показывающий систему для всасывания частиц во взвешенном состоянии во время заполнения контейнера порошком UO_2 ;

- фиг. 3 представляет подробный вид распределителя установки для производства порошкового ядерного топлива, показанной на фиг. 1;

- фиг. 4 представляет схематический вид в перспективе станции поворота контейнера, содержащего порошок UO_2 ;

- фиг. 5 и 6 представляют схематические виды сбоку поворотной станции, показанной на фиг. 4, причем поворотная станция находится в двух различных конфигурациях.

Как показано на фиг. 1, установка 1 по производству порошкового ядерного топлива содержит установку 2 для конверсии, предназначенную для конверсии UF_6 в UO_2 .

Установка 2 для конверсии содержит реактор 4 гидролиза для конверсии UF_6 в порошок UO_2F_2 посредством реакции между газообразным UF_6 и сухим водяным паром (H_2O), нагнетаемым в реактор 4.

Установка 2 для конверсии содержит печь 6 пирогидролиза для конверсии порошка UO_2F_2 в порошок UO_2 посредством взаимодействия порошка UO_2F_2 с сухим водяным паром (H_2O) от пирогидролиза и газообразным водородом H_2 , нагнетаемым в печь 6.

Установка 2 для конверсии содержит подающее устройство 8, предназначенное для нагнетания химически активных газов (газ UF_6 , сухой водяной пар и газ H_2) в реактор 4 и печь 6.

Устройство 8 подачи дополнительно сконфигурировано для нагнетания инертного газа в реактор 4, в результате чего конверсия UF_6 в UO_2 происходит в атмосфере нейтрального газа. Нейтральный газ предпочтительно представляет собой азот (N_2).

UF_6 и сухой водяной пар, введенные в реактор 4, образуют порошок UO_2F_2 , который падает на дно реактора 4.

Печь 6 содержит впускное отверстие 10, соединенное с реактором 4 для приема порошка UO_2F_2 , и выпускное отверстие 12 для доставки порошка UO_2 .

Установка 2 для конверсии содержит уплотнения 11 на уровне впускного отверстия 10 печи 6 и выпускного отверстия 12 печи 6 соответственно, чтобы обеспечить уплотнение на впускном отверстии 10 печи 6 и на выпускном отверстии 12 из печи 6.

Печь 6 представляет собой печь непрерывного действия, сконструированную таким образом, что порошок UO_2F_2 продвигается в печь 6 от впускного отверстия 10 к выпускному отверстию 12, подвергаясь воздействию сухого водяного пара (H_2O) и газа H_2 , нагнетаемого в печь.

Установка 2 для конверсии в этом примере выполнена с возможностью циркуляции сухого водяного пара (H_2O) и газообразного водорода H_2 , нагнетаемого в печь 6, против потока порошка UO_2F_2 , то есть от выпускного отверстия 12 к впускному отверстию 10. Подающее устройство 8 предназначено для нагнетания сухого водяного пара (H_2O) и газообразного водорода H_2 в печь 6 через выпускное отверстие 12 печи 6.

Печь 6 содержит вращающийся барабан 14, проходящий вдоль центральной оси С и имеющий первый конец и противоположный второй конец, соответственно образующие впускное отверстие 10 и выпускное отверстие 12. Барабан 14 наклонен таким образом, что впускное отверстие 10 находится выше выпускного отверстия 12. Во время работы вследствие наклона и вращения барабана 14 порошок UO_2F_2 продвигается от впускного отверстия 10 к выпускному отверстию 12.

Печь 6 содержит нагревательные элементы 16 для нагрева барабана 14. В проиллюстрированном примере нагревательные элементы 16 окружают барабан 14.

Установка 2 для конверсии содержит устройство 17 для восстановления, используемое для извлечения избыточных химически активных газов, инертного газа и газообразных побочных продуктов конверсии, а именно фтористого водорода HF .

Устройство 17 для восстановления в этом примере расположено в реакторе 4 для извлечения газов, присутствующих в реакторе 4, и газов, которые поднимаются из печи 6 в реактор 4 вследствие противоточной циркуляции газов в печи 6.

Установка 2 для конверсии содержит передаточное устройство 18 для переноса порошка UO_2F_2 со дна реактора 4 к впускному отверстию 10 печи 6. Передаточное устройство 18 в этом примере представляет собой шнек с приводом от двигателя.

Установка 2 для конверсии содержит уплотнение 11, расположенное для обеспечения уплотнения между передаточным устройством 18 и реактором 4, точнее между передаточным устройством 18 и отверстием реактора 4, через которое передаточное устройство 18 вставляется в реактор 4.

Установка 2 для конверсии выполнена с возможностью нагнетания давления в каждое уплотнение 11 посредством непрерывного нагнетания инертного газа, предпочтительно азота (N_2), предпочтительно под давлением, превышающим давление, существующее в установке 2 для конверсии.

Нагнетание нейтрального газа на уровне уплотнений 11, расположенных на впускном отверстии 10, на выпускном отверстии 12 из печи, и/или между реактором 4 и передаточным устройством 18, под давлением, превышающим давление, существующее в установке 2 для конверсии, позволяет предотвратить утечку реакционноспособных продуктов и продуктов реакции из установки 2 для конверсии и гарантирует удержание

указанных продуктов в установке 2 для конверсии.

Установка 2 для конверсии содержит упаковочный блок 20 для упаковки порошка UO_2 из печи 6.

Реактор 4 и печь 6 предназначены для непрерывной работы и непрерывного производства порошка UO_2 . Подготовительный блок 20 предназначен для заполнения контейнеров порошком UO_2 , непрерывно подаваемым из реактора 4 и печи 6.

Блок 20 упаковки содержит станцию 22 наполнения контейнера 24 порошком UO_2 .

Станция 22 наполнения содержит герметичную камеру 26, наполняющий канал 28, в который подается порошок UO_2 из печи 6 и который имеет выпускное отверстие 30, открывающееся в герметичную камеру 26, а также систему 32 всасывания.

Как можно видеть на фиг. 2, всасывающая система 32 содержит всасывающее кольцо 34, расположенное на выпускном отверстии 30 наполняющего канала 28, чтобы всасывать кольцевой поток А воздуха вокруг струи Р порошка UO_2 , падающего из выпускного отверстия 30 наполняющего канала 28 во впускное отверстие 35 контейнера 24.

Всасывающее кольцо 34 расположено таким образом, что струя Р порошка, выходящая из выпускного отверстия 30 наполняющего канала 28, проходит через всасывающее кольцо 34. Всасывающее кольцо 34 расположено вокруг воображаемого цилиндра, проходящего через выпускное отверстие 30 наполняющего канала 28.

Всасывающее кольцо 34 содержит кольцевую трубку 36, проходящую вокруг центральной оси В. Трубка 36 имеет тороидальную форму. Трубка 36 снабжена всасывающими отверстиями 38, распределенными по трубке 36 вокруг центральной оси В. Всасывающие отверстия 38 расположены на части стенки трубки 36, обращенной внутрь всасывающего кольца 34.

Всасывающее кольцо 34 содержит выпускной канал 40, соединенный с трубкой 36.

Когда внутри трубки 36 создается всасывающая сила, всасывающее кольцо 34 втягивает кольцевой поток воздуха А.

Когда порошок UO_2 течет из наполняющего канала 28 в контейнер 24, частицы порошка неизбежно становятся суспендированными в окружающем воздухе.

При соответствующей всасывающей силе, создаваемой во всасывающем кольце 34, возможно не создавать помех для перемещения струи порошка из наполняющего канала 28 в контейнер 24, в то же время всасывая частицы порошка, суспендированные в воздухе вокруг выпускного отверстия 30 наполняющего канала 28. Таким образом, эффективно ограничивается загрязнение окружающего воздуха.

Предпочтительно, станция 22 наполнения содержит канал 39 для нагнетания

нейтрального газа для нейтрализации контейнера 24 до и во время его заполнения порошком UO_2 . Такая конфигурация позволяет предотвратить контакт порошка UO_2 с воздухом и, таким образом, ограничивает риски окисления порошка UO_2 и взрыва пыли. Нагнетаемый нейтральный газ представляет собой, например, азот (N_2).

Возвращаясь к фиг. 1, система 32 всасывания содержит всасывающую машину 42 для создания всасывающей силы. Всасывающая машина 42 соединена с выпускным каналом 40 всасывающего кольца 34 для всасывания воздуха через всасывающее кольцо 34.

Система 32 всасывания содержит сепаратор частиц 44 для отделения частиц порошка от воздуха, всасываемого через всасывающее кольцо 34. Сепаратор 44 частиц в этом примере представляет собой циклонный сепаратор.

Система 32 всасывания содержит фильтрующее устройство 46 для отфильтровывания частиц порошка, присутствующих во всасываемом воздухе.

В проиллюстрированном примере фильтрующее устройство 46 расположено ниже по ходу процесса от сепаратора 44 частиц, а всасывающая машина 42 расположена ниже по ходу процесса от фильтрующего устройства 46. Это позволяет отделить частицы от воздуха, а затем отфильтровать любые частицы, оставшиеся в воздухе, тем самым ограничивая загрязнение всасывающей машины 42.

Станция 22 наполнения содержит вентиляционную систему 48 для обновления воздуха внутри герметичной камеры 26 посредством всасывания воздуха, присутствующего в герметичной камере 26.

Система 48 вентиляции позволяет поддерживать вакуум внутри станции 22 наполнения и, таким образом, избегать любого распространения порошка за пределы станции 22 наполнения.

Система 48 вентиляции содержит всасывающую машину 50 для создания всасывающей силы в отношении воздуха, присутствующего в герметичной камере 26, и фильтрующего устройства 52 для фильтрации частиц порошка, присутствующих во всасываемом воздухе.

Вследствие того, что система 48 вентиляции работает посредством всасывания, любой порошок, присутствующий в окружающем воздухе герметичной камеры 26, не выходит наружу, а всасывается и фильтруется с помощью системы 48 вентиляции.

Как проиллюстрировано на фиг. 1, герметичная камера 26 представляет собой закрытый модуль, который ограничивает замкнутый объем. Как вариант, герметичная камера 26 представляет собой колпак.

Герметичная камера 26 содержит дверь 54 доступа, отверстие которой позволяет

вводить контейнер 24 в камеру 26 или извлекать из нее.

Станция 22 наполнения содержит систему 56 управления дверью для автоматического управления открыванием и закрыванием двери 54.

Герметичная камера 26 предпочтительно оборудована устройством 57 контроля радиоактивного загрязнения, расположенным в нижней части герметичной камеры 26, для выполнения контроля внутри герметичной камеры 26 и, в частности, для обнаружения возможного загрязнения делящимся материалом. Устройство 57 контроля радиоактивного загрязнения содержит, например, детектор альфа-излучения и/или устройство для взятия пробы атмосферы, присутствующей в герметичной камере 26, и измерения ее радиоактивности.

Герметичная камера 26 дополнительно может быть оборудована системой 58 аварийной сигнализации, содержащей датчик 60, расположенный внутри герметичной камеры 26, для измерения давления в ней. Система 58 аварийной сигнализации содержит аварийный сигнал 62 для подачи аварийного сигнала, предпочтительно воспринимаемого оператором за пределами модуля, в случае возникновения избыточного давления внутри герметичной камеры 26.

Необязательно, система 58 аварийной сигнализации станции 22 наполнения может содержать датчик 63, расположенный во всасывающем канале системы 48 вентиляции, и устройство 65 аварийной сигнализации, предназначенное для подачи аварийного сигнала в случае снижения давления всасываемого воздуха, что является признаком засорения фильтрующего устройства 52.

Устройство 65 аварийной сигнализации, связанное с датчиком 63, отличается от устройства аварийной сигнализации, связанной с датчиком 60, расположенным внутри герметичной камеры 26. В качестве варианта, это может быть такое же устройство аварийной сигнализации.

Между станцией 22 наполнения и выпускным отверстием 12 печи 6 упаковочный блок 20 содержит распределитель 64, снабжаемый порошком UO_2 из печи 6, и по меньшей мере два резервуара 66 для хранения, присоединенных параллельно к распределителю 64, таким образом, чтобы выборочно снабжать один резервуар 66 для хранения за один раз, причем каждый резервуар 66 для хранения соединен со станцией 22 наполнения для подачи в станцию 22 наполнения выборочно из одного из резервуаров 66 для хранения за один раз.

Распределитель 64 имеет емкость 68 для приема порошка UO_2 .

Станция 20 подачи имеет устройство 69 для нагнетания нейтрального газа, предназначенное для нагнетания инертного газа, предпочтительно азота (N_2), в

распределитель 64, точнее в емкость 68 распределителя 64, для предотвращения нагнетания газообразного водорода (H_2) на уровне выпускного отверстия 12 от входа в емкость 68. Фактически, приведение газообразного водорода в контакт с кислородом, потенциально присутствующим в распределителе 64, создает риск взрыва водорода и, следовательно, распространения делящегося материала (урана) и вредных продуктов в окружающей среде. Как проиллюстрировано на фиг. 3, емкость 68 имеет боковую стенку 70 и предпочтительно плоское дно 72, в то время как дозатор 64 содержит скребок 74 для выскабливания дна 72 емкости 68. Скребок 74 установлен с возможностью вращения относительно дна 72 и соединен с двигателем 76 (фиг. 1) для приведения в действие скребка 74.

Дно 72 емкости 68 обеспечивается выпускными отверстиями 78, каждое выпускное отверстие 78 снабжает соответствующий резервуар 66 для хранения.

Распределитель 64 содержит соответствующую закрывающую систему 80 (фиг. 1), связанную с каждым выпускным отверстием 78, чтобы открывать или закрывать соответствующее выпускное отверстие 78.

Скребок 74 предназначен для проталкивания порошка UO_2 , лежащего на дне 72 емкости 68, к выпускным отверстиям 78 вследствие вращения скребка 74.

Как проиллюстрировано на фиг. 3, боковая стенка 70 имеет цилиндрическую форму с центром по центральной оси R, а дно 72 содержит несколько выпускных отверстий 78 (в данном случае три), распределенных по дну 72. Выпускные отверстия 78 распределены в этом примере предпочтительно равномерно на воображаемой окружности с центром на центральной оси R.

Скребок 74 установлен с возможностью вращения вокруг центральной оси R. Скребок 74 содержит по меньшей мере один рычаг 82 скребка, проходящий в радиальном направлении и имеющий вогнутую поверхность 82А скребка.

Вогнутость поверхности 82А скребка такова, что поверхность 82А скребка проходит в радиальном направлении наружу от центральной оси R постепенно от контрольного радиуса, проходящего через центральную ось R, при этом конец скребковой поверхности 82А, наиболее удаленный от центральной оси R, затем постепенно приближается к указанному контрольному радиусу.

Часть скребка, наиболее удаленная от указанного контрольного радиуса каждой вогнутой поверхности 82А скребка, предпочтительно расположена радиально напротив выпускных отверстий 78. Другими словами, часть, наиболее удаленная от указанного контрольного радиуса каждой вогнутой поверхности 82А скребка, пересекает воображаемую окружность, вдоль которой расположены выпускные отверстия 78.

Эта форма позволяет порошку возвращаться к выпускным отверстиям 78 вследствие вращения скребка 74. Порошок, расположенный по направлению к центру емкости 68, выталкивается обратно к периферии, в то время как порошок, расположенный ближе к периферии емкости 68, переносится обратно в центр емкости 68.

Это позволяет полностью опорожнить емкость 68 без необходимости прекращения производства или подачи порошка UO_2 .

Скребок 74 в этом примере имеет два диаметрально противоположных скребковых рычага 82. Скребок 74 имеет S-образный вид вдоль центральной оси R. В качестве альтернативы, скребок 74 может иметь один скребковый рычаг 82 или более двух скребковых рычагов 82.

В показанной конфигурации емкость 68 является круглой, выпускные отверстия 78 расположены по кругу, и перемещение скребка 74 является круговым.

В более общем смысле, емкость 68, выпускные отверстия 78 и скребок 74 имеют геометрию, положение и перемещение, предназначенные для обеспечения полного опорожнения емкости 68 без необходимости прекращения производства или подачи порошка UO_2 .

Подача в каждый резервуар 66 для хранения контролируется закрывающей системой 80, управляющей открытием выпускного отверстия 78, питающего этот резервуар 66 для хранения.

Каждый резервуар 66 для хранения предназначен для временного хранения порошка UO_2 перед передачей его на станцию 22 наполнения, когда резервуар 66 для хранения заполнен, при этом хранящийся порошок достаточно охлаждается и пустой контейнер 24 находится в положении для заполнения.

Каждый резервуар 66 для хранения предназначен для охлаждения порошка UO_2 , поступающего в резервуар 66 для хранения.

Каждый резервуар 66 для хранения имеет устройство 83 охлаждения газа, предназначенное для создания потока газа через резервуар 66 для хранения. Газ предпочтительно представляет собой инертный газ, например, азот (N_2). Это сохраняет порошок UO_2 в атмосфере нейтрального газа и гарантирует его охлаждение.

Каждое устройство 83 охлаждения газа в этом примере содержит нагнетающее устройство 84 для нагнетания нейтрального газа в нижнюю часть резервуара 66 для хранения и устройство 86 сбора и фильтрации для извлечения и фильтрации нейтрального газа в верхней части резервуара 66 для хранения.

Предпочтительно, нагнетающее устройство 84 выполнено с возможностью нагнетания нейтрального газа равномерным образом в порошок UO_2 , принимаемый в

резервуаре 66 для хранения. Это позволяет, в частности, извлекать остаточную влагу, которая может быть захвачена в порошке, чтобы избежать уплотнение порошка во время его охлаждения и, таким образом, приводить порошок в текучее состояние и облегчать его загрузку в контейнер 24. Для этой цели нагнетающее устройство 84 содержит, например, пористый диффузор, изготовленный из спеченного металла.

Каждый резервуар 66 для хранения имеет выпускное отверстие, управляемое с помощью выпускного клапана 85, регулирующего поток порошка UO_2 из резервуара 66 для хранения. Выпускное отверстие каждого резервуара 66 для хранения соединено с выпускными червячными винтами 87, специально предназначенными для этого резервуара 66 для хранения, т.е. выпускные червячные винты 87, питающие загрузочный червячный винт 88, обеспечивающий подачу порошка UO_2 в наполняющий канал 28 станции 22 наполнения.

Впускное отверстие линии 28 наполнения регулируется с помощью впускного клапана 90.

Во время работы установки реактор 4 и печь 6 непрерывно снабжаются химически активными газами и непрерывно производят порошок UO_2 . Порошок UO_2 , выходящий из печи 6, собирается распределителем 64, который распределяет порошок UO_2 в резервуарах 66 для хранения в последовательном и циклическом режиме. Раздаточное устройство 64 заполняет резервуар 66 для хранения, затем переходит к следующему резервуару 66 для хранения до тех пор, пока все резервуары 66 для хранения не будут заполнены, затем повторяет это циклически. Резервуары 66 для хранения опорожняются по мере наполнения, в результате чего не все они заполняются одновременно.

Порошок UO_2 охлаждается в каждом резервуаре 66 для хранения.

Когда порошок UO_2 , содержащийся в резервуаре 66 для хранения, охлаждается, и контейнер 24 готов к заполнению, выпускной клапан 85 этого резервуара 66 для хранения открывается для подачи на выпускной червячный винт 87 этого резервуара 66 для хранения, который, в свою очередь, подает порошок на загрузочный червячный винт 88, который питает наполняющий канал 28.

Для подачи в резервуар 66 для хранения скребок 74 вращается, и закрывающая система 80, связанная с выпускным отверстием 78, снабжающим этот резервуар 66 для хранения, открывается. Вследствие вращения скребка 74, порошок выталкивается к открытому выпускному отверстию 78 и перетекает в резервуар 66 для хранения.

Благодаря плоской конструкции дна 72, связанного со скребком 74, в распределителе 64 отсутствует мертвая зона, в которой порошок UO_2 мог бы образовывать комки. Такое образование комков может привести к загрязнению атмосферы во время

технического обслуживания оператором или к критическому риску.

Контейнер 24 позволяет перемещать порошок UO_2 , например, на станцию изготовления топливных таблеток, чтобы формировать топливные таблетки UO_2 из порошка UO_2 , например, посредством спекания. В проиллюстрированной конфигурации необходимо перевернуть контейнер 24 вверх дном, чтобы опорожнить его и загрузить порошок UO_2 в станцию изготовления топливных таблеток.

Предпочтительно, распределитель 64 предназначен для параллельного приема четырех резервуаров 66 для хранения. В то время как один из четырех резервуаров 66 для хранения наполняется, второй из четырех резервуаров 66 для хранения охлаждается, третий из четырех резервуаров 66 для хранения опорожняется, а четвертый из четырех резервуаров 66 для хранения является пустым. Таким образом, четвертый из четырех резервуаров 66 остается доступным в случае незапланированного отключения установки 1 по производству порошкового ядерного топлива, чтобы можно было удалить весь делящийся материал, присутствующий в установке 2 для конверсии, и поместить установку 2 для конверсии в условия безопасного отключения.

Как проиллюстрировано на фиг. 4, установка 1 для производства порошкового ядерного топлива содержит поворотную станцию 100 для переворачивания и опорожнения контейнера 24.

Поворотная станция 100 содержит раму 102, держатель 104 контейнера для захвата контейнера 24, по меньшей мере один подъемный рычаг 106, установленный с возможностью поворота на раме 102 вокруг первой оси $R1$ вращения, держатель 104 контейнера, установленный с возможностью вращения на подъемном рычаге 106 вокруг второй оси $R2$ вращения, отдельной от первой оси $R1$ вращения и параллельной первой оси $R1$ вращения, и поворотный механизм 108, чтобы вызывать вращение держателя 104 контейнера относительно подъемного рычага 106 только вследствие вращения подъемного рычага 106 относительно рамы 102.

Держатель 104 контейнера содержит два подъемных рычага 110, выполненных с возможностью установки в углубления 111 рамы 112, прикрепленной к контейнеру 24.

Держатель 104 контейнера содержит блокирующее устройство 114, содержащее блокирующие элементы 116 с возможностью перемещения для вставления в углубления (не показаны) рамы 112 для того, чтобы заблокировать контейнер 24 от скольжения вдоль подъемных рычагов 110.

Поворотная станция 100 в этом примере содержит два подъемных рычага 106, соединенных с возможностью вращения валом 118. Вал 118 установлен с возможностью вращения на раме 102 вокруг первой оси $R1$ вращения, а подъемные рычаги 106

фиксируются на двух концах вала 118, при этом каждый подъемный рычаг 106 прикреплен к соответствующему концу вала 118.

Поворотная станция 100 содержит подъемную систему 119 для вращения подъемных рычагов 106 вокруг первой оси R1 вращения. Подъемная система 119 содержит исполнительный механизм 120, соединенный с подъемными рычагами 106, чтобы поворачивать их вокруг первой оси R1 вращения.

Исполнительный механизм 120 в этом примере представляет собой гидравлический домкрат, первый конец которого соединен с рамой 102, а второй конец, противоположный первому концу, соединен с соединительным штоком 122, соединенным с возможностью вращения с подъемными рычагами 106. Соединительный шток 122 в этом примере прикреплен к валу 118. В качестве альтернативы исполнительный механизм 120 может быть пневматическим цилиндром или электрическим домкратом.

Рама 102 содержит блокирующее устройство 124, содержащие блокирующие элементы 126 с возможностью перемещения для вставления в блокирующие углубления 128 рамы 112 для фиксирования контейнера 24 по отношению к раме 102, когда контейнер 24 находится в перевернутом положении.

Каждый блокирующий элемент 126 управляется соответствующим блокирующим исполнительным механизмом 130. Как показано на фиг. 4, блокирующие элементы 126 раздвигаются, чтобы обеспечить возможность переворачивания контейнера 24, и сводятся вместе, чтобы вставляться в блокирующие углубления 128 и блокировать перевернутый контейнер 24.

Фиг. 5 и 6 иллюстрируют поворотную станцию 100, соответственно, в положении захвата (фиг. 5) для захвата контейнера 24 и в положении поворота (фиг. 6), в котором контейнер 24 перевернут. На фиг. 6 контейнер 24 заблокирован с помощью блокирующего устройства 124.

Как можно видеть на фиг. 5 и 6, механизм 108 поворота содержит первую шестерню 132, установленную с возможностью вращения на подъемном рычаге 106, при этом она прикреплена с возможностью вращения к раме 102, и вторую шестерню 134, установленную с возможностью вращения на подъемном рычаге 106, прикрепленном с возможностью вращения к держателю 104 контейнера, и приводной механизм 135, соединяющий первую шестерню 132 со второй шестерней 134.

Первая шестерня 132 в этом примере присоединена с возможностью вращения к раме 102 с помощью блокирующего рычага 136, имеющего один конец, соединенный с возможностью вращения с первой шестерней 132, и другой конец, прикрепленный к раме 102, в результате чего блокирующий рычаг 136 и, следовательно, первая шестерня 132

являются неподвижными с возможностью вращения относительно рамы 102.

Приводной механизм 135 содержит, например, приводную цепь 138, проходящую через первую шестерню 132 и вторую шестерню 134.

Когда подъемный рычаг 106 вращается, первая шестерня 132 поворачивается относительно подъемного рычага 106, в результате чего вторая шестерня 134 также поворачивается относительно подъемного рычага 106. Вторая шестерня 134 образует дугу вокруг первой шестерни 132, в то же время поворачиваясь вокруг своей оси.

При такой конфигурации установки поворотной станции 100 простое вращение подъемного рычага 106 вызывает эпициклическое перемещение держателя 104 контейнера и контейнера 24. Держатель 104 контейнера описывает дугу окружности вокруг оси R1 вращения, в то же самое время он вращается вокруг оси R2 вращения. Это позволяет осуществлять подъем и поворот контейнера 24 в одном и том же перемещении. Управление вращением держателя 104 контейнера осуществляется просто и легко для его реализации.

Поворотная станция 100 содержит приемник 140 для приема порошка, выходящего из возвращаемого контейнера 24.

Поворотная станция 100 обеспечивается системой всасывания, аналогичной системе 32 всасывания станции 22 наполнения. Система всасывания поворотной станции 100 содержит, в частности, всасывающее кольцо 142, через которое порошок протекает из впускного отверстия 35 возвращаемого контейнера 24 к впускному отверстию приемника 140. Всасывающее кольцо 142 аналогично кольцу станции 22 наполнения.

Как проиллюстрировано на фиг. 1, поворотная станция 100 содержит датчик 144 присутствия для определения присутствия контейнера 24 в перевернутом положении. Датчик 144 присутствия представляет собой, например, индуктивный датчик. Датчик 144 присутствия в этом примере расположен рядом с блокирующим устройством 124.

Блокирующее устройство 124 выполнено с возможностью блокировки контейнера 24 в соответствии с сигналом, выдаваемым датчиком 144 присутствия.

Контейнер 24 обеспечивается системой 146 открывания, управляющей открыванием и закрыванием контейнера 24.

Поворотная станция 100 выполнена с возможностью управления системой 146 открывания контейнера 24 в зависимости от сигнала, выдаваемого датчиком 144 присутствия, и, в частности, для управления открыванием контейнера 24 только при наличии контейнера 24 в перевернутом положении, которое обнаруживается датчиком 144 присутствия.

Поворотная станция 100 поворота выполнена с возможностью активации

всасывания через всасывающее кольцо 142 на основании сигнала, выдаваемого датчиком 144 присутствия. Всасывание через всасывающее кольцо 142 активируется только при обнаружении перевернутого контейнера 24.

Необязательно, поворотная станция 100 может содержать надувное уплотнение для стыковки контейнера 24 с приемником 140. Это обеспечивает герметичную стыковку с учетом допусков позиционирования.

Поворотная станция 100 позволяет обеспечить безопасное обращение с контейнером 24 с минимальным вмешательством человека. Кроме того, поворотная станция 100 является простой, прочной и легко чистится. Механизм 108 переворачивания, использующий гидравлический или пневматический исполнительный механизм 120 для одновременного подъема и переворачивания контейнера 24, позволяет плавно переворачивать контейнер 24, гарантируя полное его опорожнение от порошка UO_2 , не оставляя какого-либо порошка в контейнере 24, а также без рассеивания какого-либо порошка во время перемещения порошка из контейнера 24 в приемник 140.

Установка 1 для производства порошкового ядерного топлива в общем позволяет производить и подавать порошок UO_2 , в частности, на станцию производства топливных таблеток UO_2 , во время производства и во время операций по техническому обслуживанию, ограничивая образование комков в установке 2 для конверсии и ограничивая рассеивание порошка UO_2 в атмосферу при опорожнении и наполнении контейнеров 24.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Установка для производства порошкового ядерного топлива, содержащая:

- установку (2) конверсии для конверсии гексафторида урана (UF_6) в диоксид урана (UO_2), причем установка (2) конверсии содержит:

- реактор (4) гидролиза для конверсии UF_6 в порошок оксифторида урана (UO_2F_2) путем реакции между газообразным гексафторидом урана UF_6 и сухим водяным паром, нагнетаемым в реактор (4); и

- печь (6) пирогидролиза для конверсии порошка UO_2F_2 в порошок UO_2 путем взаимодействия порошка UO_2F_2 с сухим водяным паром и газообразным водородом (H_2), циркулирующими в печи (6); и

- упаковочный блок (20) для порошка UO_2 , причем упаковочный блок (20) содержит станцию (22) наполнения контейнера (24) порошком UO_2 , причём станция (22) наполнения содержит герметичную камеру (26), наполняющий канал (28), в который подают порошок UO_2 из печи (6), при этом канал имеет выпускное отверстие (30), открывающееся в герметичную камеру (26), и всасывающую систему (32), содержащую всасывающее кольцо (34), расположенное на выпускном отверстии (30) наполняющего канала (28) для всасывания кольцевого воздушного потока (А) вокруг струи (Р) порошка UO_2 , падающего из выпускного отверстия (30) наполняющего канала (28) в контейнер (24).

2. Установка по п. 1, в которой станция (22) наполнения содержит систему (48) вентиляции для сброса давления в камере (26), а также для всасывания и фильтрации воздуха, присутствующего в камере (26).

3. Установка по п. 1 или 2, в которой герметичная камера (26) представляет собой модуль, содержащий дверь (54) для ввода контейнера (24) в модуль или извлечения него.

4. Установка по любому из предшествующих пунктов, содержащая систему (58) аварийной сигнализации, содержащую датчик (60), расположенный в камере (26) для измерения давления в герметичной камере (26), и аварийную сигнализацию (62), чтобы подавать сигнал тревоги в случае избыточного давления внутри камеры (26).

5. Установка по любому из предшествующих пунктов, в которой герметичная камера (26) оборудована устройством (57) контроля радиоактивного загрязнения, расположенным в герметичной камере (26), для контроля загрязнения внутри герметичной камеры (26).

6. Установка по любому из предшествующих пунктов, содержащая по меньшей мере два резервуара (66) для хранения порошка UO_2 , и распределитель (64) для

последовательного распределения порошка UO_2 в резервуары (66) для хранения, наполняющий канал (28), снабжаемый последовательно из резервуаров (66) для хранения.

7. Установка по п. 6, в которой распределитель (64) имеет резервуар (68) с плоским дном (72) и по меньшей мере один скребок (74) для зачистки дна (72) емкости (68).

8. Установка по п. 7, в которой распределитель (64) содержит выпускные отверстия (78) для порошка UO_2 , сформированного в дне (72) емкости (68), причем каждое выпускное отверстие (78) снабжает соответствующий резервуар (66) для хранения.

9. Установка по любому из пп. 6-8, содержащая устройство (69) нагнетания нейтрального газа, выполненное с возможностью нагнетания инертного газа внутрь распределителя (64).

10. Установка по любому из предшествующих пунктов, содержащая поворотную станцию (100) для переворачивания и опорожнения контейнера (24), заполненного UO_2 .

11. Установка по п. 10, в которой поворотная станция (100) содержит всасывающую систему, содержащую всасывающее кольцо (142), расположенное таким образом, что оно находится рядом с впускным отверстием (35) контейнера (24), перевернутым с помощью поворотной станции (100).

12. Установка по п. 10 или 11, в которой поворотная станция (100) содержит раму (102), держатель (104) контейнера для захвата контейнера (24), по меньшей мере один подъемный рычаг (106), установленный с возможностью поворота на раме (102) и несущий держатель контейнера (104), а также поворотный механизм (108) для управления вращением держателя (104) контейнера относительно подъемного рычага (106), причем поворотный механизм (108) выполнен с возможностью вращения подъемного рычага (106) относительно рамы (102) таким образом, что он вызывает вращение держателя (104) контейнера относительно подъемного рычага (106).

13. Установка по п. 12, в которой поворотный механизм (108) содержит первую шестерню (132), установленную с возможностью вращения на подъемном рычаге (106) и прикрепленную с возможностью вращения к раме (102), вторую шестерню (134), установленную с возможностью вращения на подъемном рычаге (106), который с возможностью вращения прикреплен к держателю (104) контейнера, и приводной механизм (135), соединяющий первую шестерню (132) со второй шестерней (134).

14. Установка по одному из пп. 12 и 13, в которой поворотная станция (100) содержит блокирующее устройство (124), размещенное на раме (102) для блокирования контейнера (24) в перевернутом положении.

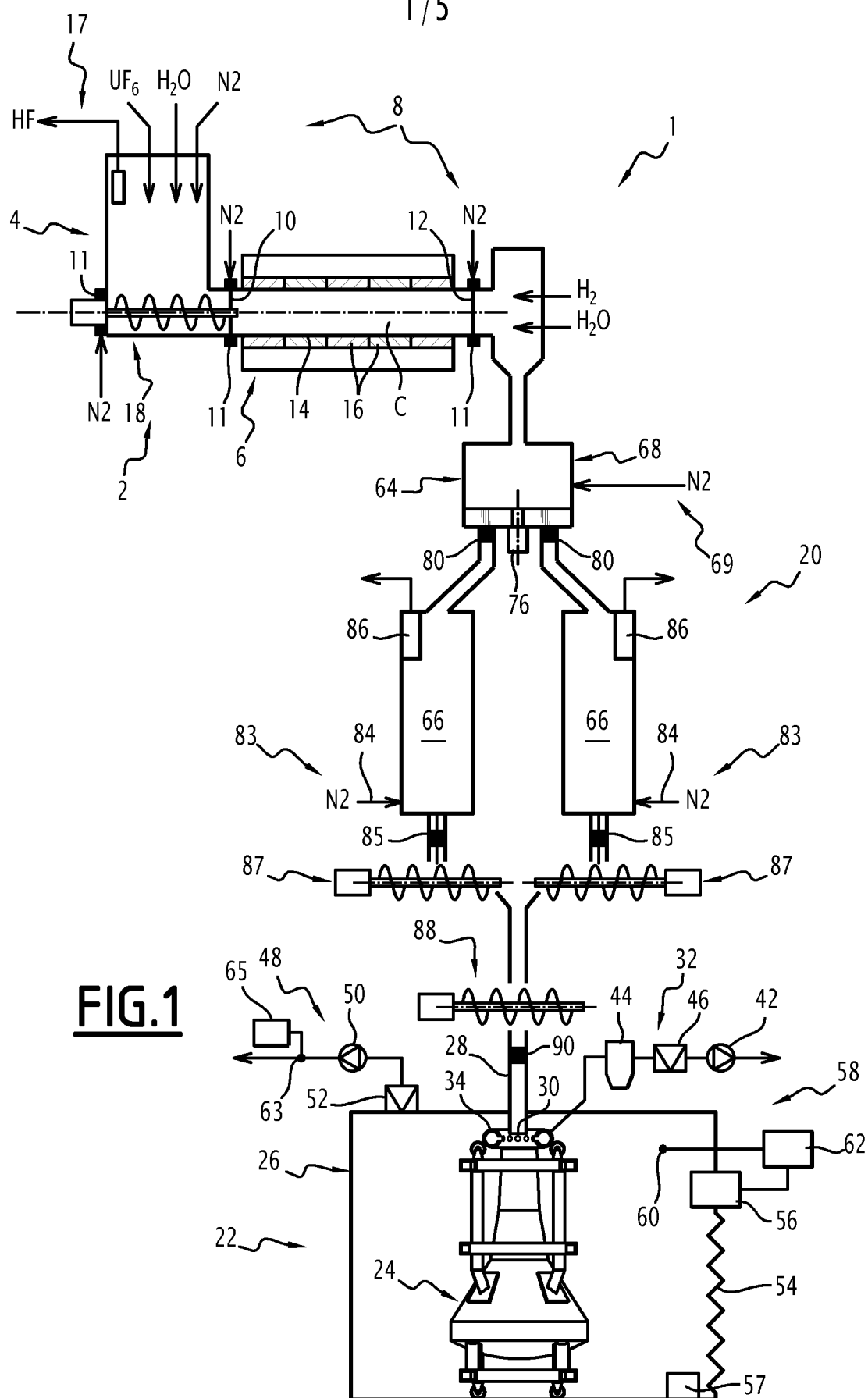
15. Установка по любому из пп. 10 - 14, в которой поворотная станция (100) содержит датчик (144) присутствия для обнаружения наличия контейнера (24) в

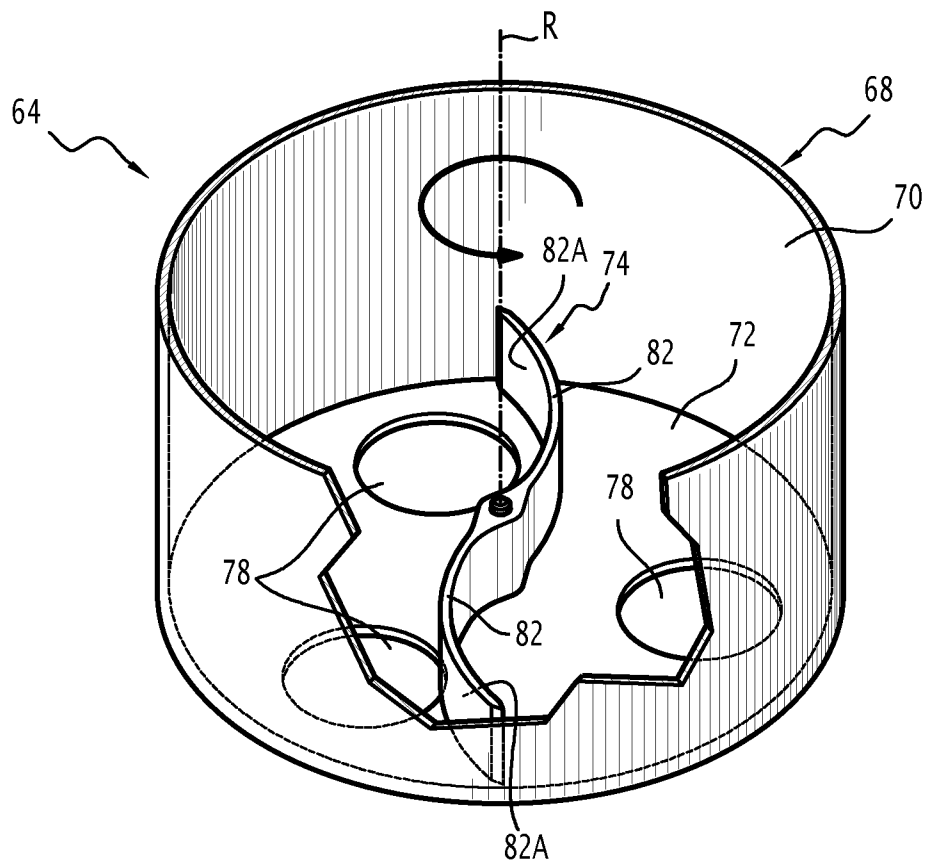
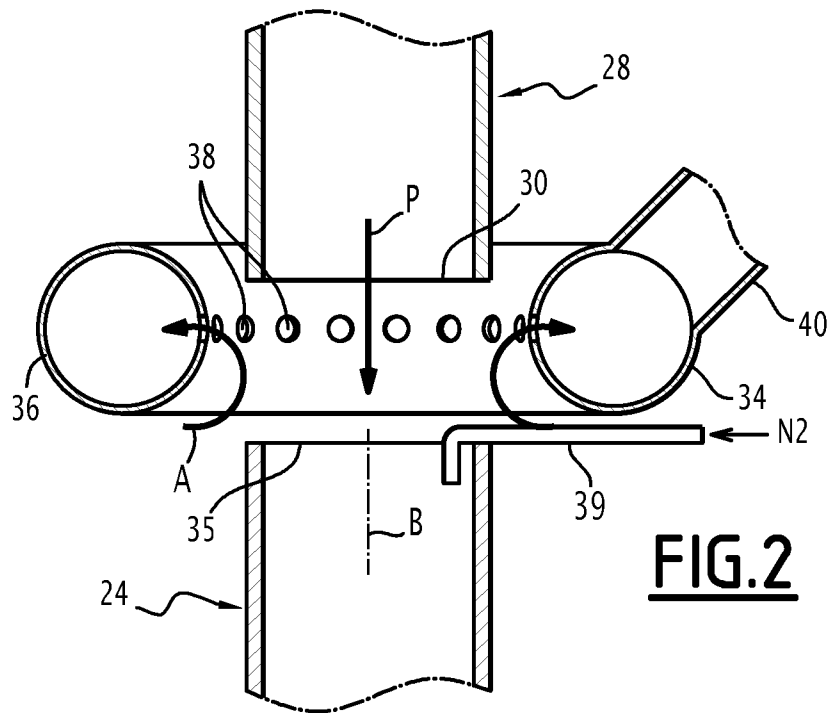
перевернутом положении, причем контейнер (24) содержит систему (146) открывания для открывания или закрывания контейнера (24), при этом поворотная станция (100) выполнена с возможностью открывать контейнер с помощью системы (146) открывания только в том случае, когда присутствие контейнера (24) в перевернутом положении обнаруживается датчиком (144) присутствия.

16. Установка по любому из предшествующих пунктов, содержащая уплотнение (11), расположенное на впускном отверстии (10) печи (6), уплотнение (11), расположенное на выпускном отверстии (12) печи (6), и/или уплотнение (11), расположенное между реактором (4) и передаточным устройством (18), выполненным с возможностью переноса порошка UO_2F_2 из реактора (4) в печь (6), установка выполнена с возможностью создания давления в каждом из уплотнений (11) с помощью инертного газа.

17. Установка по любому из предшествующих пунктов, выполненная с возможностью нагнетания инертного газа в реактор (4) для проведения конверсии UF_6 в порошок UO_2F_2 в атмосфере инертного газа.

18. Установка по п. 16 или 17, в которой инертным газом является азот (N_2).





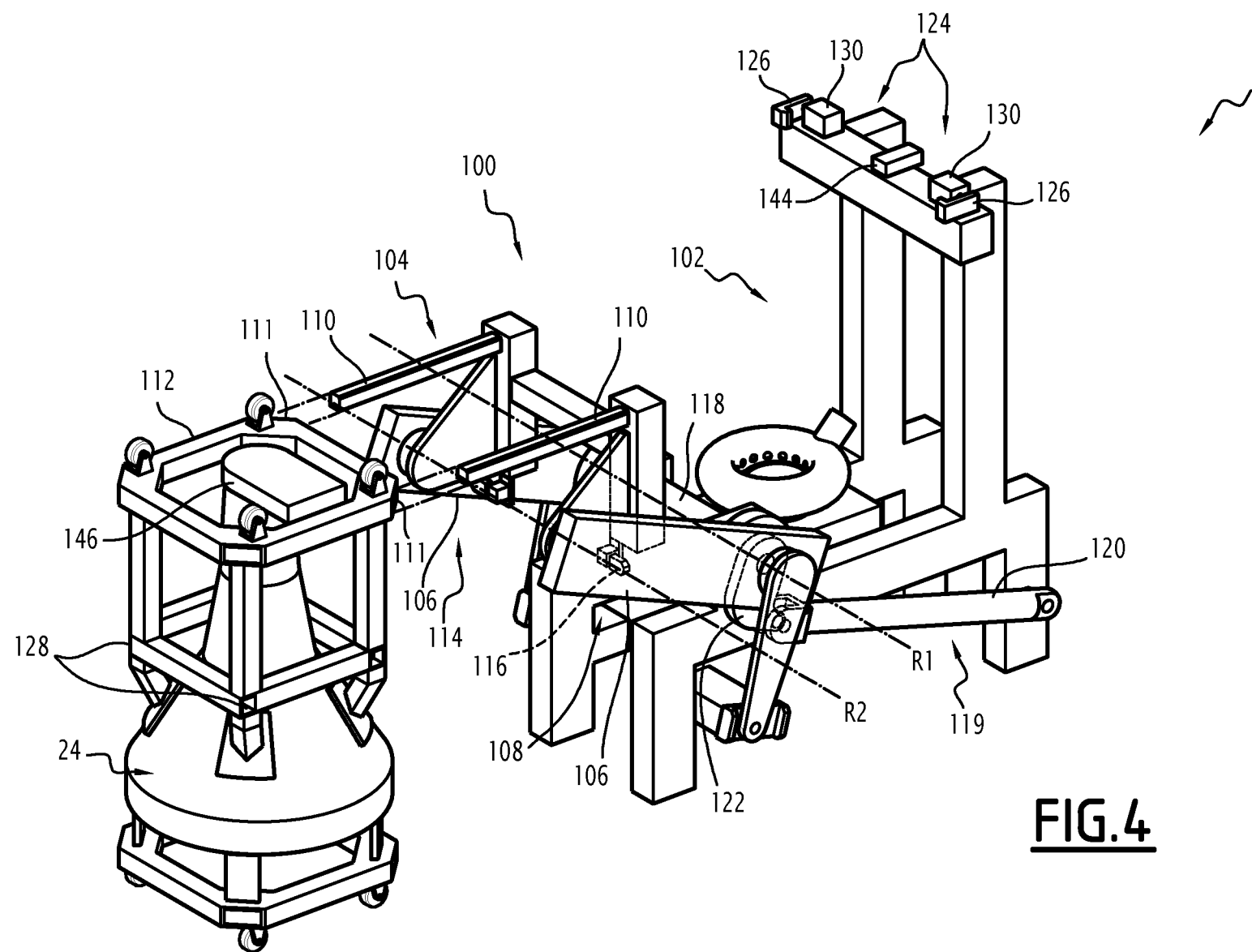


FIG. 4

FIG.5

