

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046900**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.05.07

(51) Int. Cl. **B01J 8/18 (2006.01)**
B01J 8/24 (2006.01)

(21) Номер заявки
202292879

(22) Дата подачи заявки
2020.06.25

(54) **РЕАКТОРНАЯ СИСТЕМА ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ
ОТБОР ОБРАЗЦОВ ЧАСТИЦ ВО ВРЕМЯ РЕАКЦИИ**

(31) **16/453,571**

(56) **US-A1-2008299291**

(32) **2019.06.26**

EA-A1-200970106

(33) **US**

US-A1-2013129570

(43) **2023.03.31**

EP-A1-1984297

(62) **202290153; 2020.06.25**

EP-A2-2872243

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЭКС ЭНЕРДЖИ, ЭЛЭЛСИ (US)

(72) Изобретатель:
Ким Ховард Таери (US)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Реактор псевдоожигенного слоя включает в себя систему для предотвращения преждевременной реакции псевдоожигающего газа, содержащего реагент. Реактор псевдоожигенного слоя включает в себя реакционную камеру, включающую в себя слой частиц; газораспределительную пластину, имеющую множество сквозных отверстий, каждое из которых выходит в реакционную камеру; и множество вертикальных впускных труб для псевдоожигающего газа, причем каждая из впускных труб для псевдоожигающего газа находится в сообщении по текучей среде с одним из отверстий в газораспределительной пластине. Каждая впускная труба для псевдоожигающего газа выполнена с возможностью приема псевдоожигающего газа и подачи псевдоожигающего газа в реакционную камеру. Источник псевдоожигающего газа обеспечивает поток псевдоожигающего газа во впускные трубы для псевдоожигающего газа. Система хладагента предотвращает реакцию псевдоожигающего газа до его входа в реакционную камеру. Система хладагента включает в себя впускное отверстие для текучей среды; канал для потока хладагента, сообщающийся по текучей среде с впускным отверстием для текучей среды и выполненный с возможностью охлаждения каждой впускной трубы для псевдоожигающего газа; и выпускное отверстие для текучей среды, сообщающееся по текучей среде с каналом для потока хладагента. Каждая впускная труба для псевдоожигающего газа может включать в себя выпускное отверстие для частиц и систему клапанов, где система клапанов позволяет останавливать поток псевдоожигающего газа к впускным трубам для псевдоожигающего газа; а также позволяет извлекать частицы из слоя частиц, когда поток псевдоожигающего газа остановлен.

B1

046900

046900

B1

Уровень техники

1. Область техники, к которой относится изобретение.

Настоящее изобретение в целом относится к реакторам псевдооживленного слоя. В различных вариантах осуществления настоящее изобретение в целом относится к системе для извлечения образца частиц из реактора псевдооживленного слоя без прерывания протекающей реакции. В различных вариантах осуществления настоящее изобретение относится к системе обеспечения хладагента для трубопровода подачи псевдооживляющего газа в реакторе псевдооживленного слоя.

2. Описание предшествующего уровня техники.

Известно использование реакторной системы псевдооживленного слоя, используемой в сочетании с газораспределительной пластиной с локальным охлаждением, где охлаждающие каналы позволяют транспортировать охлаждающую текучую среду через рубашку, располагающуюся вокруг газового инжектора. Газораспределительная пластина с локальным охлаждением помогает предотвратить образование отложений на стенках вокруг отверстий газораспределительной пластины. Однако газовые инжекторы позволяют транспортировать газ только из нагнетательной камеры в реакционную камеру и не позволяют извлекать образец частиц, пока продолжается впрыск газа. Кроме того, газовые инжекторы охлаждают псевдооживляющий газ на газораспределительной пластине или рядом с ней и не могут эффективно предотвращать реакцию газов-реагентов внутри нагнетательной камеры.

Также известно использование реактора псевдооживленного слоя с потоком псевдооживляющего газа через инжектор и каналом для отвода частиц рядом с инжектором, где поток газа в реактор может использоваться для предотвращения или уменьшения потока частиц через проход для извлечения частицы. Псевдооживляющий газообразный реагент может вводиться в нижнюю часть реактора, а удаление частиц может быть инициировано путем уменьшения потока газа через канал для удаления частиц. Однако это позволяет отбирать частицы только из одной точки псевдооживленного слоя. Было бы желательно иметь возможность избирательно удалять частицы из любой из множества точек в псевдооживленном слое.

Настоящее раскрытие описывает систему для извлечения образца частиц из реактора псевдооживленного слоя без прерывания протекающей реакции. Настоящее раскрытие дополнительно описывает систему обеспечения хладагента для трубопровода подачи псевдооживляющего газа в реакторе псевдооживленного слоя. Эти системы могут быть реализованы с помощью различных вариантов осуществления, раскрытых в настоящем документе. Эти варианты осуществления не претендуют на то, чтобы быть исчерпывающими или ограничивающими возможные преимущества, которые могут быть реализованы на основе принципов настоящего раскрытия. Различные цели и преимущества различных вариантов осуществления, раскрытых в настоящем документе, будут очевидны из приведенного в настоящем документе описания, или могут быть изучены при применении на практике различных вариантов осуществления, как описанных в настоящем документе, так и модифицированных с учетом любых изменений, которые могут быть очевидны специалистам в данной области техники. Соответственно, настоящее изобретение заключается в новых способах, компоновках, комбинациях и улучшениях, раскрытых в настоящем документе в различных вариантах осуществления.

Сущность изобретения

В свете существующей потребности в улучшенных способах удаления захваченных частиц из потока отходящего газа представлено краткое описание различных примерных вариантов осуществления. Некоторые упрощения и пропуски могут быть сделаны в следующем кратком изложении, которое предназначено для того, чтобы выделить и представить некоторые аспекты различных иллюстративных вариантов осуществления, но не для того, чтобы ограничить объем настоящего изобретения. Подробное описание предпочтительного примерного варианта осуществления, достаточное для того, чтобы позволить специалистам в данной области техники реализовать и использовать идеи настоящего изобретения, будет приведено в последующих разделах.

Различные варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, относятся к реактору псевдооживленного слоя, выполненному с возможностью извлечения образца частиц без прерывания протекающей реакции.

В различных вариантах осуществления реактор псевдооживленного слоя включает в себя реакционную камеру, содержащую слой частиц; и

газораспределительную пластину, имеющую множество сквозных отверстий, каждое из которых выходит в реакционную камеру.

Реактор также включает в себя множество впускных труб для псевдооживляющего газа, каждая из которых находится в сообщении по текучей среде с одним из отверстий в газораспределительной пластине, причем каждая впускная труба для псевдооживляющего газа выполнена с возможностью приема псевдооживляющего газа и его транспортировки в реакционную камеру через газораспределительную пластину. Источник псевдооживляющего газа выполнен с возможностью подачи потока псевдооживляющего газа во впускные трубы для псевдооживляющего газа. Различные варианты осуществления реактора включают множество впускных отверстий для частиц, причем каждое выпускное отверстие для частиц расположено в одной из впускных труб для псевдооживляющего газа. Источник псевдооживляющего газа выполнен с возможностью выборочной остановки потока псевдооживляющего газа к любой из впускных

труб для псевдоожижающего газа; и каждое выпускное отверстие для частиц выполнено с возможностью приема частиц из слоя частиц, в то время как поток псевдоожижающего газа к соответствующей впускной трубе для псевдоожижающего газа остановлен.

В различных вариантах осуществления источник псевдоожижающего газа выполнен с возможностью выборочной остановки потока псевдоожижающего газа в любую из впускных труб для псевдоожижающего газа без прерывания потока псевдоожижающего газа в другие впускные трубы для псевдоожижающего газа. В различных вариантах осуществления источник псевдоожижающего газа содержит множество труб для подачи псевдоожижающего газа, причем каждая труба для подачи псевдоожижающего газа находится в сообщении по текучей среде с соответствующими впускными трубами для псевдоожижающего газа, причем каждая труба для подачи псевдоожижающего газа содержит клапан, выполненный с возможностью выборочной остановки потока псевдоожижающего газа в соответствующую впускную трубу для псевдоожижающего газа.

В различных вариантах осуществления источник псевдоожижающего газа содержит множество труб для подачи псевдоожижающего газа, причем каждая труба для подачи псевдоожижающего газа находится в сообщении по текучей среде с соответствующей впускной трубой для псевдоожижающего газа. Каждая труба подачи псевдоожижающего газа содержит первый клапан, выполненный с возможностью принятия первого положения, причем:

первое положение выборочно останавливает поток псевдоожижающего газа к соответствующей впускной трубе для псевдоожижающего газа; и

причем соответствующая впускная труба для псевдоожижающего газа содержит второй клапан, выполненный с возможностью обеспечения протекания частиц из слоя частиц к выпускному отверстию для частиц, когда первый клапан находится в первом положении.

Аналогичным образом в различных вариантах осуществления первый клапан также выполнен с возможностью принятия второго положения, которое позволяет потоку псевдоожижающего газа течь к соответствующей впускной трубе для псевдоожижающего газа; и второй клапан выполнен с возможностью предотвращения протекания частиц из слоя частиц к выпускному отверстию для частиц, когда первый клапан находится во втором положении.

В различных вариантах осуществления первый и второй клапаны либо позволяют потоку псевдоожижающего газа течь к соответствующей впускной трубе для псевдоожижающего газа; либо позволяют частицам из слоя частиц течь к выпускному отверстию для частиц через впускную трубу для псевдоожижающего газа; поток псевдоожижающего газа и поток частиц через впускную трубу для псевдоожижающего газа не могут течь одновременно.

В различных вариантах осуществления реактор псевдоожиженного слоя включает в себя систему хладагента, включающую впускное отверстие для жидкости; канал для потока хладагента, сообщающийся по текучей среде с впускным отверстием для текучей среды и выполненный с возможностью охлаждения каждой впускной трубы для псевдоожижающего газа; и выпускное отверстие для текучей среды, сообщающееся по текучей среде с каналом для потока хладагента. Впускное отверстие для текучей среды может включать в себя впускной коллектор. Путь потока хладагента может включать в себя множество охлаждающих рубашек, при этом каждая охлаждающая рубашка окружает одну из впускных труб для псевдоожижающего газа; и каждая охлаждающая рубашка находится в сообщении по текучей среде с впускным коллектором. Выпускное отверстие для текучей среды может включать в себя выпускной коллектор, сообщающийся по текучей среде с каждой охлаждающей рубашкой.

В различных вариантах осуществления реактор псевдоожиженного слоя включает в себя систему хладагента, включающую впускное отверстие для жидкости; канал для потока хладагента, сообщающийся по текучей среде с впускным отверстием для текучей среды; и выпускное отверстие для текучей среды, сообщающееся по текучей среде с каналом для потока хладагента. Путь потока хладагента может включать в себя множество охлаждающих рубашек, где каждая охлаждающая рубашка окружает одну из впускных труб для псевдоожижающего газа; и путь потока хладагента может быть выполнен с возможностью обеспечения потока хладагента от впускного отверстия к выпускному отверстию для текучей среды, где хладагент протекает последовательно через множество охлаждающих рубашек. В различных вариантах осуществления путь потока хладагента включает в себя множество охлаждающих рубашек, где каждая охлаждающая рубашка окружает одну из впускных труб для псевдоожижающего газа; и путь потока хладагента выполнен с возможностью обеспечения потока хладагента от впускного отверстия к выпускному отверстию для текучей среды, где хладагент протекает параллельно через множество охлаждающих рубашек.

Реактор псевдоожиженного слоя в некоторых вариантах осуществления может включать в себя противоуносную камеру над реакционной камерой; а также коническую камеру снижения скорости между ними. В различных вариантах осуществления диаметр противоуносной камеры в 1,5-10 раз больше, в 2-5 раз больше, в 2,25-4 раза больше, или приблизительно в 2,5 раза больше, чем диаметр реакционной камеры.

В различных вариантах осуществления реактор псевдоожиженного слоя включает в себя реакционную камеру, имеющую графитовую стенку, выполненную с возможностью нагревания до температуры

приблизительно 600-2200°C, или приблизительно 800-2000°C, или приблизительно 1250-1800°C. Реактор псевдооживленного слоя может включать в себя реакционную камеру, имеющую графитовую стенку, выполненную с возможностью нагрева до температуры приблизительно 600-2200°C; и по меньшей мере одну из камеры снижения скорости и противоуносной камеры, имеющей графитовую стенку, выполненную с возможностью нагрева до температуры приблизительно 600-2200°C.

Различные варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, направлены на реактор псевдооживленного слоя, включающий в себя реакционную камеру, имеющую слой частиц; газораспределительную пластину, имеющую множество сквозных отверстий, каждое из которых выходит в реакционную камеру; и множество впускных труб для псевдооживляющего газа, причем каждая из впускных труб для псевдооживляющего газа находится в сообщении по текучей среде с одним из отверстий в газораспределительной пластине. Каждая впускная труба для псевдооживляющего газа может быть выполнена с возможностью приема псевдооживляющего газа и подачи псевдооживляющего газа в реакционную камеру. Реактор может включать в себя источник псевдооживляющего газа, выполненный с возможностью подачи потока псевдооживляющего газа во впускные трубы для псевдооживляющего газа; а также систему хладагента. В различных вариантах осуществления система хладагента включает в себя впускное отверстие для текучей среды; канал для потока хладагента, сообщающийся по текучей среде с впускным отверстием для текучей среды и выполненный с возможностью охлаждения каждой впускной трубы для псевдооживляющего газа; и выпускное отверстие для текучей среды, сообщаемое по текучей среде с каналом для потока хладагента.

Различные варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, направлены на реактор псевдооживленного слоя, выполненный с возможностью извлечения образца частиц без прерывания протекающей реакции, включающий в себя реакционную камеру, имеющую слой частиц; газораспределительную пластину, имеющую множество сквозных отверстий; и множество впускных труб для псевдооживляющего газа, сообщающихся по текучей среде с одним из конических отверстий в газораспределительной пластине. В различных вариантах осуществления каждая впускная труба для псевдооживляющего газа имеет впускное отверстие для газа и выпускное отверстие для частиц. Источник псевдооживляющего газа может быть выполнен с возможностью подачи потока псевдооживляющего газа к впускным отверстиям для газа во впускных трубах для псевдооживляющего газа. В различных вариантах осуществления реактор включает в себя систему клапанов, выполненную с возможностью выборочного прекращения потока псевдооживляющего газа к впускному отверстию для газа в любой из впускных труб для псевдооживляющего газа; а также обеспечения потока частиц из слоя частиц к выпускному отверстию для частиц, в то время как поток псевдооживляющего газа к впускному отверстию для газа остановлен. Система клапанов может быть выполнена с возможностью выборочной остановки потока псевдооживляющего газа к впускному отверстию для газа в любой из впускных труб для псевдооживляющего газа без прерывания потока псевдооживляющего газа к впускному отверстию для газа в других впускных трубах для псевдооживляющего газа. Система клапанов может быть выполнена с возможностью предотвращения потока частиц из слоя частиц к выпускному отверстию для частиц, если поток псевдооживляющего газа к впускному отверстию для газа не остановлен.

Краткое описание чертежей

Для лучшего понимания различных примерных вариантов осуществления делаются ссылки на сопроводительные чертежи, в которых:

фиг. 1 показывает реактор псевдооживленного слоя со множеством впускных труб для газа, каждая из которых предназначена для подачи псевдооживляющего газа в реакционную камеру;

фиг. 2 показывает реактор псевдооживленного слоя со множеством впускных труб для газа в соответствии с фиг. 1, где одна впускная труба для газа выполнена с возможностью получения образца частиц из псевдооживленного слоя;

фиг. 3-5 показывают различные варианты осуществления реактора псевдооживленного слоя со множеством впускных труб для газа в соответствии с фиг. 1, где впускные трубы для газа снабжены системой хладагента;

фиг. 6-8 показывают четыре различных вида системы, обеспечивающей впускные трубы для газа для реактора псевдооживленного слоя, снабженные системой охлаждающих рубашек;

фиг. 9 показывает газораспределительную пластину в сочетании с системой, показанной на фиг. 6-8;

фиг. 10A-10F показывают различные компоновки впускных труб для газа в сочетании с газораспределительной пластиной, показанной на фиг. 9;

фиг. 11 показывает устройство для использования в сочетании с реактором псевдооживленного слоя для отделения мелких частиц от псевдооживляющего газа; и

фиг. 12 показывает устройство, изображенное на фиг. 10, используемое в сочетании с реактором псевдооживленного слоя.

Подробное описание

Далее со ссылками на чертежи, на которых одинаковые ссылочные цифры относятся к одинаковым компонентам или стадиям, раскрываются широкие аспекты различных примерных вариантов осуществ-

ления.

Фиг. 1 показывает реактор псевдооживленного слоя, выполненный с возможностью извлечения образца частиц без прерывания протекающей реакции.

1. Отбор образца частиц во время псевдооживления.

Реактор псевдооживленного слоя, показанный на фиг. 1, включает в себя реакционную камеру 1 со слоем частиц 2 в ней. Газораспределительная пластина 3 образует дно реакционной камеры 1 и имеет конические впускные отверстия 9 для газа. Множество впускных труб 4 для псевдооживляющего газа, которые могут быть расположены вертикально, подают псевдооживляющий газ в реакционную камеру 1, при этом каждая из впускных труб для псевдооживляющего газа находится в сообщении по текучей среде с одним из отверстий 9 в газораспределительной пластине 3. Псевдооживляющий газ подается к каждой впускной трубе 4 для псевдооживляющего газа из источника псевдооживляющего газа через трубу 5 для подачи псевдооживляющего газа. Каждая труба 5 для подачи псевдооживляющего газа находится в сообщении по текучей среде с соответствующей впускной трубой 4 для псевдооживляющего газа и выполнена с возможностью подачи потока псевдооживляющего газа в соответствующую впускную трубу 4 для псевдооживляющего газа. Реактор псевдооживленного слоя, показанный на фиг. 1, также включает в себя множество выпускных отверстий 8 для частиц, причем каждое выпускное отверстие 8 для частиц расположено в или соединено с одной из впускных труб 4 для псевдооживляющего газа.

В различных вариантах осуществления источник псевдооживляющего газа выполнен с возможностью выборочной остановки потока псевдооживляющего газа в любую из впускных труб 4 для псевдооживляющего газа. Каждое выпускное отверстие для частиц выполнено с возможностью приема частиц из слоя частиц, в то время как поток псевдооживляющего газа к соответствующей впускной трубе для псевдооживляющего газа остановлен.

Как показано на фиг. 1, каждое выпускное отверстие 8 для частиц соединено с одной из впускных труб 4 для псевдооживляющего газа через клапан 7, при этом каждый клапан 7 закрыт. Каждая труба 5 подачи псевдооживляющего газа соединена с одной из впускных труб 4 для псевдооживляющего газа через клапан 6.

На фиг. 1 каждый клапан 6 открыт, а каждый клапан 7 закрыт. Псевдооживляющий газ подается по трубам 5 к впускным трубам 4 для псевдооживляющего газа в направлении стрелки А, где псевдооживляющий газ проходит от первой секции 5а трубы 5 для подачи псевдооживляющего газа через клапан 6, а затем к впускной трубе 4 для псевдооживляющего газа через вторую секцию 5b трубы 5 подачи псевдооживляющего газа. Затем псевдооживляющий газ проходит через впускные трубы 4 для псевдооживляющего газа в направлении стрелки А, попадая в реакционную камеру 1 через отверстия 9 и псевдооживляя слой частиц 2.

В различных вариантах осуществления псевдооживляющий газ включает в себя газообразный реагент, который осаждает углеродное или керамическое покрытие на частицах 2. В таких случаях желательно иметь возможность получать образец частиц из псевдооживленного слоя для анализа слоя покрытия. Кроме того, желательно иметь возможность получать образец частиц из псевдооживленного слоя без прерывания реакции осаждения. Система клапанов в устройстве, показанном на фиг. 1, позволяет получить такой образец, как показано на фиг. 2.

На фиг. 2 псевдооживляющий газ подается по двум трубам 5 к впускным трубам 4 для псевдооживляющего газа в направлении стрелки через клапаны 6, а затем к впускной трубе 4 для псевдооживляющего газа. Затем псевдооживляющий газ проходит через впускные трубы 4 для псевдооживляющего газа в направлении стрелки А, попадая в реакционную камеру 1 через отверстия 9 и псевдооживляя слой частиц 2. Во впускной трубе 4 для псевдооживляющего газа, принимающей псевдооживляющий газ из труб 5, клапаны 7 закрыты.

Как показано на фиг. 2, в третью впускную трубу 4 для псевдооживляющего газа псевдооживляющий газ не поступает, потому что клапан 6а (соответствующий одному из клапанов 6 на фиг. 1), закрыт и блокирует поток псевдооживляющего газа из трубы 5а. В этой третьей впускной трубе 4 для псевдооживляющего газа клапан 7а между выпускным отверстием 8 для частиц и впускной трубой 4 для псевдооживляющего газа открыт. Это позволяет образцу частиц 2 в реакционной камере 1 падать через впускную трубу 4 для псевдооживляющего газа к выпускному отверстию 8 для частиц в направлении стрелки С, позволяя извлечь образец частиц, находящихся в псевдооживленном слое, из выпускного отверстия 8 для частиц. Поскольку псевдооживляющий газ продолжает поступать в реакционную камеру через другие трубы 4 в направлении стрелки В, извлечение образца частиц не прерывает протекающую реакцию осаждения в реакционной камере 1. Кроме того, когда псевдооживляющий газ поступает в реакционную камеру по трубам 4 в направлении стрелки В, избыточное давление в реакционной камере может способствовать извлечению частиц за счет их выдувания в направлении стрелки С.

Фиг. 3 показывает реактор псевдооживленного слоя с реакционной камерой 1 со слоем частиц 2 в ней. Газораспределительная пластина 3 имеет конические отверстия 9 для подвода газа. Множество впускных труб 4 для псевдооживляющего газа (на фиг. 3 показаны две, хотя можно использовать и больше) подают псевдооживляющий газ в реакционную камеру 1 в направлении стрелки В. Псевдооживляющий газ подается к каждой впускной трубе 4 для псевдооживляющего газа из источника псевдооживляющего

газа через трубу 5 для подачи псевдоожижающего газа. Каждая труба 5 для подачи псевдоожижающего газа находится в сообщении по текучей среде с соответствующей впускной трубой 4 для псевдоожижающего газа и выполнена с возможностью подачи потока псевдоожижающего газа в соответствующую впускную трубу 4 для псевдоожижающего газа. Реактор псевдоожиженного слоя, показанный на фиг. 1, также включает в себя множество выпускных отверстий 8 для частиц, причем каждое выпускное отверстие 8 для частиц расположено в или соединено с одной из впускных труб 4 для псевдоожижающего газа.

На фиг. 3 реакционная камера 1 имеет стенку 10 из проводящего материала, такого как проводящий углерод, например графит. Графитовая стенка реакционной камеры является электрически резистивной (представлена на фиг. 3 как резистор 10а). Источник питания 11 подает ток на резистивную графитовую стенку 10 через цепь 12, нагревая реакционную камеру 1 до температуры приблизительно 600-2200°C.

В различных вариантах осуществления на частицы, находящиеся в реакционной камере, могут быть нанесены различные материалы. Химическое осаждение из паровой фазы в псевдоожиженном слое (FBCVD) может использоваться для осаждения материалов в виде монокристаллических, поликристаллических и аморфных покрытий на частицы псевдоожиженного слоя. Эти покрытия включают в себя кремний, диоксид кремния, карбид кремния, нитрид кремния, оксинитрид кремния, пиролитический углерод, алмаз, графит, фторуглероды, вольфрам, нитрид титана и диэлектрики с высоким значением k .

В различных вариантах осуществления пиролитический углерод (PyC) может быть осажден на частицы с помощью FBCVD при температурах осаждения 1250-1450°C с использованием ацетилена или смесей ацетилен/пропилен. Кремний может быть осажден на частицы с помощью FBCVD с использованием пиролитического разложения силана с последующим осаждением образовавшегося кремния на псевдоожиженный слой при 650°C. Карбид кремния (SiC) может быть осажден на частицы с помощью FBCVD из CH_3SiCl_3 с использованием водорода в качестве газа-носителя при 1500°C.

В различных вариантах осуществления частицы могут быть последовательно покрыты несколькими слоями. Например, частицы ядерного топлива могут быть получены путем последовательного нанесения покрытия на частицы из UO_2 . Частицы UO_2 могут быть покрыты пористым углеродным слоем путем осаждения углерода из этилена в инертном газе-носителе при 1250°C с последующим осаждением плотного углеродного слоя путем осаждения углерода из смеси ацетилен/пропилен в инертном газе-носителе при температуре 1300°C. Слой карбида кремния осаждается на плотном углеродном слое из CH_3SiCl_3 с использованием водорода в качестве газа-носителя при 1500°C. Наконец, наружный слой плотного углерода осаждается из смеси ацетилен/пропилен в инертном газе-носителе при 1300°C. Получаемые частицы известны как частицы с тризоструктурным (TRISO) покрытием.

В различных вариантах осуществления псевдоожиженный слой в реакторе псевдоожиженного слоя по п.1 формулы изобретения может содержать частицы, а псевдоожижающий газ, содержащий реагент, может течь в реакционную камеру 1 из различных впускных труб 4 через отверстия 9 в газораспределительной пластине 3, как показано на фиг. 1. После протекания реакции в течение определенного периода времени один клапан 6 (показан как клапан 6а на фиг. 2) может быть закрыт, перекрывая поток псевдоожижающего газа через одну впускную трубу 4 без прерывания псевдоожижения слоя частиц потоком псевдоожижающего газа через оставшиеся впускные трубы 4. Как показано на фиг. 2, один из клапанов 7 (показан как клапан 7а на фиг. 2), присутствующий во впускной трубе, связанной с клапаном 6а, открывается, позволяя образцу частиц падать через впускную трубу 4 в выпускное отверстие 8 для частиц для извлечения и анализа. Например, если на частицах осаждается пиролитический углерод, то после протекания реакции в течение определенного периода времени образец покрытых углеродом частиц может быть извлечен через впускную трубу 4 и выпускное отверстие 8 для частиц без прерывания псевдоожижения через оставшиеся впускные трубы 4. Если после анализа обнаруживается, что частицы образца имеют неровные или неполные покрытия, можно продолжить осаждение пиролитического углерода в реакционной камере. Если обнаружится, что частицы имеют полное покрытие, осаждение может быть остановлено, и частицы могут быть извлечены.

Если частицы последовательно покрываются несколькими слоями, образцы частиц можно отбирать, не прерывая псевдоожижения, и подвергать анализу на каждой стадии нанесения покрытия.

2. Системы хладагента.

При проведении высокотемпературных реакций FBCVD нагрев внутренней части реакционной камеры 1 до температуры приблизительно 600-2200°C может иметь нежелательный побочный эффект нагрева псевдоожижающего газа во впускной трубе 4 для псевдоожижающего газа до того, как он попадет в реакционную камеру 1. Если псевдоожижающий газ содержит реакционный газ, это может вызвать отложение продукта реакции, например, углеродного или керамического слоя, на внутренней стороне труб 4, уменьшая скорость потока или полностью блокируя поток псевдоожижающего газа. Это может быть уменьшено или предотвращено с помощью подходящей системы охлаждения.

Такая система охлаждения показана на фиг. 3. Каждая впускная труба 4 для псевдоожижающего газа входит в нагнетательную камеру 17 под газораспределительной пластиной 3. Каждая впускная труба 4 для псевдоожижающего газа окружена поллой рубашкой 14. Текучая среда хладагента, которая может представлять собой воду или пар, поступает в первую рубашку 14 через впускную трубу 13 для хлада-

гента. После заполнения первой рубашки 14 хладагент выходит из рубашки 14 через трубу 15 для хладагента, направляясь во вторую рубашку 14. После заполнения второй рубашки 14 хладагент выходит из второй рубашки 14 через выпускную трубу 16 для хладагента. В варианте осуществления, показанном на фиг. 3, хладагент проходит через охлаждающие рубашки 14 последовательно. Это уменьшает вероятность чрезмерного нагрева выпускных труб 4 для псевдоожигающего газа или самого псевдоожигающего газа в этих трубах горячими газами внутри реакционной камеры 1. Это также уменьшает скорость, с которой углеродные или керамические продукты реакции будут осажаться на внутренних поверхностях труб 4.

Альтернативная система охлаждения показана на фиг. 4. Каждая впускная труба 4 для псевдоожигающего газа входит в нагнетательную камеру 17 под газораспределительной пластиной 3. Текущая среда хладагента, которая предпочтительно является газом 18, таким как пар, входит в нагнетательную камеру 17 через впускную трубу 13а для хладагента. После заполнения нагнетательной камеры 17 хладагент выходит из нагнетательной камеры 17 через выходную трубу 16 для хладагента. Это уменьшает вероятность чрезмерного нагрева внутренней части камеры 17, а также позволяет избежать чрезмерного нагрева псевдоожигающего газа во впускной трубе 4 для псевдоожигающего газа горячими газами внутри реакционной камеры 1. Опять же, это снижает скорость, с которой продукты реакции осаждаются на внутренних поверхностях труб 4.

Третья система охлаждения показана на фиг. 5. Впускная труба 4 для псевдоожигающего газа находится в нагнетательной камере 17. Каждая впускная труба 4 для псевдоожигающего газа окружена полой рубашкой 14. Текущая среда хладагента, которая может быть водой или паром, поступает во впускной коллектор 19 из впускной трубы 13 для хладагента. Из впускного коллектора 19 поток хладагента распределяется на каждую рубашку 14 (на фиг. 5 показаны две впускные трубы с рубашками, хотя при желании можно использовать больше). После заполнения различных рубашек 14 хладагент выходит из них и поступает в выпускной коллектор 20. Из выпускного коллектора 20 хладагент выходит в нагнетательную камеру 17 через выпускную трубу 16 для хладагента. В варианте осуществления, показанном на фиг. 5, хладагент проходит через различные охлаждающие рубашки 14 параллельно. Это может обеспечить более равномерное распределение тепла внутри нагнетательной камеры, чем последовательное прохождение хладагента через различные охлаждающие рубашки 14. Если хладагент проходит через охлаждающие рубашки последовательно, он имеет меньше времени, чтобы поглотить тепло из впускной трубы 4 для псевдоожигающего газа при входе в первую охлаждающую рубашку, чем при входе в последнюю охлаждающую рубашку, поэтому эффективность отвода тепла от впускных труб 4 для псевдоожигающего газа уменьшается по мере увеличения расстояния от впускного отверстия для хладагента. Если хладагент проходит через охлаждающие рубашки параллельно, хладагент достигает каждой охлаждающей рубашки 14 примерно одновременно, поэтому тепло отводится от каждой впускной трубы 4 для псевдоожигающего газа с одинаковой эффективностью.

Как видно на фиг. 3 и 5, каждая труба 5 для подачи псевдоожигающего газа может проходить через охлаждающую рубашку 14 до пересечения с соответствующей впускной трубой 4 для псевдоожигающего газа. Это охлаждает псевдоожигающий газ перед его входом во впускную трубу 4, предотвращая реакцию реагента в псевдоожигающем газе с образованием твердого углеродного или керамического материала, который накапливается в отверстии между подающей трубой 5 и впускной трубой 4. Это уменьшает вероятность блокирования потока псевдоожигающего газа во впускную трубу 4.

Также как показано на фиг. 3, впускные трубы 4 для псевдоожигающего газа могут проходить вниз за пределы нижней поверхности нагнетательной камеры 17. Для каждой впускной трубы 4 клапан 7 расположен на стыке между впускной трубой 4 и выпускным отверстием 8 для частиц ниже нагнетательной камеры 17.

Как видно на фиг. 3, каждая труба 5 для подачи псевдоожигающего газа имеет клапан 6, позволяющий прекращать поток псевдоожигающего газа к соответствующей впускной трубе 4. Каждый клапан 6 работает независимо. Поток псевдоожигающего газа к любой из впускных труб 4 может быть остановлен путем закрытия клапана 6 в соответствующей подающей трубе 5 без прерывания подачи псевдоожигающего газа к каждой оставшейся впускной трубе.

После выбора впускной трубы 4 и прерывания потока псевдоожигающего газа к этой выбранной впускной трубе клапан 7 в нижнем конце выбранной впускной трубы открывается, и образец частиц, находящихся в слое частиц, падает через выбранную впускную трубу через открытый клапан 7 к выпускному отверстию 7 для частиц. Во время забора частиц они проваливаются через область впускной трубы 4, охлаждаемую охлаждающей рубашкой 5, что замедляет скорость реакции между любым газом-реагентом в трубе 4 и поверхностью частицы. После забора образца частиц клапан 7 закрывается, а клапан 6 открывается, восстанавливая поток псевдоожигающего газа через выбранную впускную трубу 4. Таким образом, эта компоновка позволяет извлекать образец частиц для анализа из выпускного отверстия 8 для частиц, соединенного с первой впускной трубой 4, позволяя при этом псевдоожигающему газу продолжать поступать в реакционную камеру 1 через все оставшиеся впускные трубы. Таким образом, получение образца частиц не прерывает реакцию между псевдоожигающим газом и слоем частиц в камере 1.

Фиг. 6 и 7 показывают узел, содержащий набор впускных труб для псевдоожижающего газа и систему охлаждения, предназначенный для размещения в нагнетательной камере реактора псевдоожиженного слоя под газораспределительной пластиной. В варианте осуществления, показанном на фиг. 6 и 7, имеется две охлаждающие рубашки 14. Впускная труба 4 для псевдоожижающего газа (показана на фиг. 7) проходит через каждую охлаждающую рубашку, перенося псевдоожижающий газ в реакционную камеру через отверстие 9, проходящее через распределительную пластину 3 (не показана на фиг. 6 и 7). Пластина 22 (показана на фиг. 7) стабилизирует охлаждающие рубашки, удерживая их в фиксированной относительной ориентации; пластина 22 также может быть прикреплена к внутренней стенке нагнетательной камеры.

Нижний конец каждой охлаждающей рубашки может заканчиваться второй стабилизирующей пластиной 23 (показана на фиг. 7), которая может быть прикреплена к дну нагнетательной камеры (не показана на фиг. 6 и 7). Впускные трубы 4 для псевдоожижающего газа внутри каждой внешней охлаждающей рубашки 14 ведут к клапану 7. Когда клапан 7 открыт, частицы из реактора псевдоожиженного слоя проходят через клапан 7 в выпускную трубу 8 для частиц, а затем попадают в камеру 24 для отбора проб.

Как видно на фиг. 6 и 7, впускное отверстие 13 для хладагента подает текучую среду хладагента к первой охлаждающей рубашке 14. Затем текучая среда хладагента проходит из первой охлаждающей рубашки 14 во вторую охлаждающую рубашку 14, после чего выходит из нагнетательной камеры через выпускное отверстие 16 для хладагента. Затем хладагент проходит между охлаждающими рубашками 14 по трубе 15. Как видно на фиг. 6 и 7, псевдоожижающий газ подается к каждой впускной трубе 4 для псевдоожижающего газа через соответствующую трубу 5 для подачи псевдоожижающего газа, которая может проходить через охлаждающую рубашку 14 до пересечения с впускной трубой 4. Альтернативно, как показано на фиг. 7, труба 5 подачи псевдоожижающего газа может проходить через сплошной цилиндр 14с до пересечения с впускной трубой 4, где цилиндр 14с расположен ниже впускного отверстия 13 для хладагента. Клапан 6 позволяет временно прекратить подачу псевдоожижающего газа в каждую впускную трубу, чтобы можно было собрать образец частиц в соответствующей камере 24 для отбора проб, открыв клапан 7.

Фиг. 8 показывает узел, изображенный на фиг. 7, если смотреть в направлении стрелки 8.

На фиг. 8 с верхней стороны камер 24 для отбора проб видны охлаждающие рубашки 14. Первая охлаждающая рубашка 14 имеет впускное отверстие 13 для текучей среды, через которое текучая среда хладагента поступает в рубашку 14. Охлаждающая текучая среда покидает первую охлаждающую рубашку 14 через трубу 15 и входит во вторую охлаждающую рубашку 14. Затем текучая среда хладагента покидает вторую охлаждающую рубашку через выпускное отверстие 16 для хладагента. У каждой охлаждающей рубашки 14 имеется впускная труба 4 для псевдоожижающего газа в ее центре, так что температура псевдоожижающего газа регулируется путем теплообмена через стенку с текучей средой хладагента. Каждая впускная труба 4 для псевдоожижающего газа снабжается псевдоожижающим газом через подающую трубу 5а, ведущую к клапану 6, а затем через трубу 5б.

Фиг. 9 показывает поперечное сечение устройства, изображенного на фиг. 7, в сочетании с газораспределительной пластиной 3. Как показано на фиг. 9, пластина 3 может иметь цилиндрическую стенку 3а и конические газораспределительные поверхности 9, окружающие отверстие впускной трубы 4 для псевдоожижающего газа. Смежные газораспределительные отверстия 9 могут контактировать с друг другом на краях 9а в форме гребня. Поверхность конических газораспределительных отверстий 9 может пересекать цилиндрическую стенку 3а на краях 9б.

Фиг. 10А-10F показывают различные конфигурации газораспределительной пластины 3 для использования с тремя впускными трубами 4 для псевдоожижающего газа (фиг. 10А и 10В); с четырьмя впускными трубами 4 для псевдоожижающего газа (фиг. 10С и 10D); или с пятью впускными трубами 4 для псевдоожижающего газа (фиг. 10Е и 10F). Каждая пластина имеет множество отверстий, каждое из которых соответствует верхнему отверстию впускных труб 4 для псевдоожижающего газа; а также конические поверхности 9, окружающие каждое отверстие в нижней части пластины 3. Каждая пара смежных конических поверхностей 9 пересекается на краях 9а в форме гребня.

Как показано на фиг. 3, реакционная камера 1 имеет стенку 10 из проводящего материала, такого как проводящий углерод, например графит. Псевдоожижающий газ проходит через реакционную камеру 1 в направлении стрелки В и выходит из реакционной камеры через выпускную трубу 1а. Когда псевдоожижающий газ проходит через реакционную камеру 1, частицы 2 в слое частиц псевдоожижаются. Обычно слой частиц включает частицы, имеющие диапазон размеров частиц, включая крупные частицы и мелкие частицы. Когда псевдоожижающий газ проходит через слой частиц, поток газа заставляет более крупные частицы перемещаться внутри слоя частиц, не покидая поверхности слоя частиц. Однако более мелкие частицы могут увлекаться потоком псевдоожижающего газа, поскольку они обладают большей плавучестью в потоке псевдоожижающего газа. Эти мелкие частицы покидают поверхность псевдоожиженного слоя и могут выходить из реактора 1 через трубу 1а. Это снижает выход реакции между частицами и реагентом в псевдоожиженном слое и вынуждает размещать устройства для извлечения или рециркуляции мелких унесенных частиц на выходе из трубы 1а. Было бы выгодно предотвращать попадание мелких унесенных частиц в выпускную трубу 1а для псевдоожиженного газа.

3. Отделение мелких частиц.

Фиг. 11 показывает устройство 25 для извлечения мелких унесенных частиц из потока псевдоожигающего газа, проходящего через трубчатый реактор псевдоожигенного слоя. Устройство 25 выполнено с возможностью его установки над камерой 1 трубчатого реактора псевдоожигенного слоя. Устройство 25 включает в себя нижний конец с отверстием 26, имеющим диаметр x , выполненный с возможностью принимать псевдоожигающий газ из реакционной камеры; и трубчатую противоуносную камеру 30 над отверстием 26, имеющую диаметр nx , где n равно 1,5-10. В различных вариантах осуществления внутренний диаметр противоуносной камеры в 1,5-10 раз больше (n равно 1,5-10), в 2-5 раз больше, в 2,25-4 раза больше или приблизительно в 2,5 раза больше, чем диаметр реакционной камеры. В различных вариантах осуществления коническая камера 29 снижения скорости соединяет отверстие 26 и камеру снижения скорости, при этом угол α между плоскостью m , определяющей нижнюю границу противоуносной камеры 30, и конической внутренней стенкой камеры 29 снижения скорости составляет 15-75°, 25-65°, 30-60°, 40-50°, или приблизительно 45°. Два отверстия 31 в стенке противоуносной камеры 30 позволяют псевдоожигающему газу выходить из противоуносной камеры 30 после входа в камеру снижения скорости через отверстие 26.

Край отверстия 26 определяется приподнятым буртиком 28. Выступ 27 определяется вертикальной наружной поверхностью буртика 28 и горизонтальной поверхностью на нижнем краю наружной поверхности стенки камеры 29 снижения скорости. Буртик 28 и выступ 27 используются для крепления устройства 25 к верхнему краю реакционной камеры 1.

Как показано на фиг. 12, устройство 25 может использоваться в совокупности с реактором псевдоожигенного слоя, как показано на фиг. 1. Реактор псевдоожигенного слоя имеет реакционную камеру 1 с отверстием 35 на ее верхнем конце. Вокруг периферийного края отверстия 35 реакционная камера 1 имеет приподнятый буртик 34, который входит в выступ 27 в устройстве 25. Реакционная камера 1 также имеет углубление 33, в которое входит приподнятый буртик 28 в устройстве 25. Отверстие в верхней части устройства 1 может быть закрыто крышкой 32.

Как видно на фиг. 11, псевдоожигающий газ проходит из трубы 5а подачи псевдоожигающего газа через впускную трубу 4 для псевдоожигающего газа и поступает в реакционную камеру 1 через отверстие 9 в газораспределительной пластине 3. Затем псевдоожигающий газ выходит из реакционной камеры через отверстие 26 и поступает в устройство 25. В устройстве 25 псевдоожигающий газ поступает в камеру 29 снижения скорости с первой скоростью, увлекая за собой мелкие частицы из псевдоожигенного слоя в реакционной камере 1. Когда псевдоожигающий газ проходит через камеру снижения скорости, площадь поперечного сечения, пересекаемого газом, увеличивается, а скорость газа уменьшается до тех пор, пока псевдоожигающий газ не выйдет из камеры 29 снижения скорости и не войдет в противоуносную камеру 30 со второй скоростью, которая меньше, чем первая скорость. В устройстве, изображенном на фиг. 12, площадь поперечного сечения реакционной камеры 1 равна x , а площадь поперечного сечения противоуносной камеры 30 равна $2,5x$. По мере того, как псевдоожигающий газ проходит из реакционной камеры 1 в противоуносную камеру 30 через камеру 29 снижения скорости, скорость газа уменьшается в 10 раз.

Из-за пониженной скорости псевдоожигающего газа в противоуносной камере 30 мелкие частицы, увлекаемые псевдоожигающим газом при его прохождении через реакционную камеру 1, становятся менее плавучими в псевдоожигающем газе в противоуносной камере 30. Таким образом, мелкие частицы имеют тенденцию выпадать из потока псевдоожигающего газа, т.е. отделяться от него, до того, как поток газа войдет в выпускные отверстия 31. Отделенные частицы падают через камеру 29 снижения скорости в реакционную камеру 1. Коническая внутренняя поверхность камеры 29 снижения скорости помогает направлять отделенные частицы из противоуносной камеры 30 в реакционную камеру 1. После отделения мелких частиц псевдоожигающий газ выходит из противоуносной камеры через выпускные отверстия 31, входя в выпускные трубы 1а. Выпускные трубы 1а могут отводить псевдоожигающий газ непосредственно из противоуносной камеры 30, как показано на фиг. 12. Альтернативно отверстия 31 могут подавать псевдоожигающий газ из противоуносной камеры 30 во внешнюю камеру корпуса, окружающую реакционную камеру 1 и устройство 25. Затем псевдоожигающий газ может выходить из внешней камеры корпуса через ряд выпускных труб.

Хотя различные варианты осуществления были подробно описаны с конкретной ссылкой на некоторые их аспекты, следует понимать, что настоящее изобретение допускает другие варианты осуществления, и его детали могут быть модифицированы в различных очевидных аспектах. Как будет очевидно для специалиста в данной области техники, вариации и модификации могут быть сделаны без отступлений от духа или области охвата настоящего изобретения. Соответственно, вышеизложенное раскрытие, описание и чертежи предназначены только для иллюстративных целей и никоим образом не ограничивают настоящее изобретение, которое определяется только формулой изобретения.

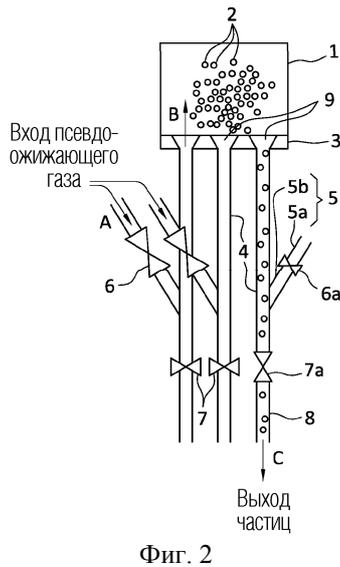
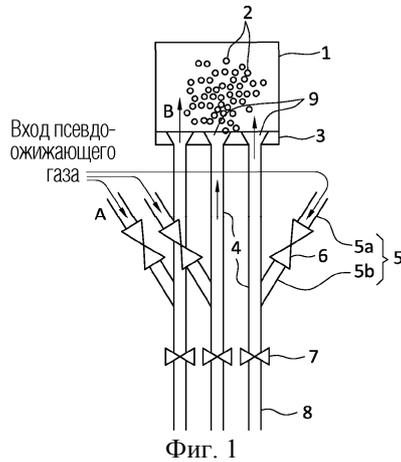
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

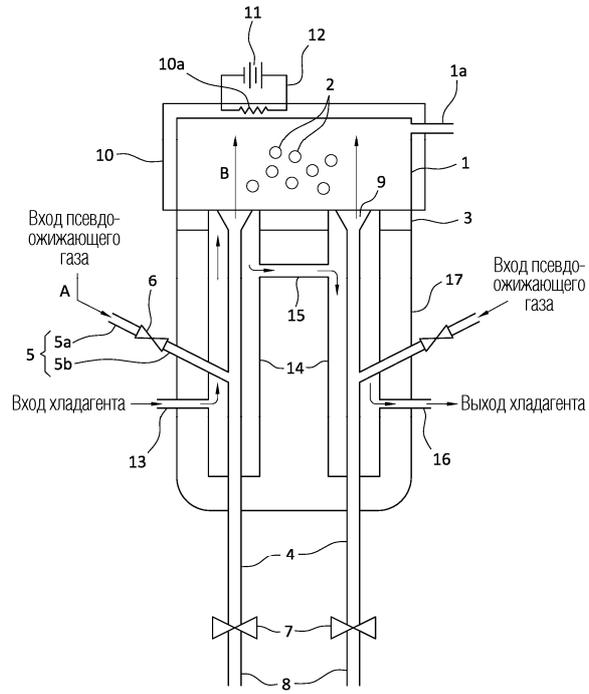
1. Реактор псевдоожигенного слоя, содержащий:
 - a) реакционную камеру, включающую в себя слой частиц;
 - b) газораспределительную пластину, имеющую множество сквозных отверстий, каждое из которых выходит в реакционную камеру;
 - c) множество впускных труб для псевдоожигающего газа, каждая из которых находится в сообщении по текучей среде с одним из отверстий в газораспределительной пластине; причем каждая впускная труба для псевдоожигающего газа выполнена с возможностью приема псевдоожигающего газа и подачи псевдоожигающего газа в реакционную камеру;
 - d) множество выпусков для частиц, каждый из которых находится на нижнем конце одной из впускных труб для псевдоожигающего газа, причем каждый выпуск для частиц выполнен с возможностью приема частиц из слоя частиц;
 - e) источник псевдоожигающего газа, выполненный с возможностью подачи потока псевдоожигающего газа к каждой впускной трубе для псевдоожигающего газа индивидуально; и
 - f) систему хладагента, содержащую:
 - впуск для текучей среды;
 - канал для потока хладагента, сообщающийся по текучей среде с выпуском для текучей среды и выполненный с возможностью охлаждения каждой впускной трубы для псевдоожигающего газа; и
 - выпуск для текучей среды, сообщающийся по текучей среде с каналом для потока хладагента.
2. Реактор по п.1, в котором:
 - впуск для текучей среды содержит впускной коллектор;
 - канал для потока хладагента содержит множество охлаждающих рубашек, причем каждая охлаждающая рубашка окружает одну из впускных труб для псевдоожигающего газа; и
 - каждая охлаждающая рубашка находится в сообщении по текучей среде с впускным коллектором; и
 - выпуск для текучей среды содержит впускной коллектор, сообщающийся по текучей среде с каждой охлаждающей рубашкой.
3. Реактор по п.1, в котором:
 - канал для потока хладагента содержит множество охлаждающих рубашек, каждая из которых окружает одну из впускных труб для псевдоожигающего газа; и
 - канал для потока хладагента выполнен с возможностью обеспечения протекания хладагента от впуска для текучей среды к выпуску для текучей среды, причем хладагент протекает последовательно через множество охлаждающих рубашек.
4. Реактор по п.1, в котором:
 - канал для потока хладагента содержит множество охлаждающих рубашек, каждая из которых окружает одну из впускных труб для псевдоожигающего газа; и
 - канал для потока хладагента выполнен с возможностью обеспечения протекания хладагента от впуска для текучей среды к выпуску для текучей среды, причем хладагент протекает параллельно через множество охлаждающих рубашек.
5. Реактор по п.1, в котором источник псевдоожигающего газа выполнен с возможностью выборочной остановки потока псевдоожигающего газа в любую из впускных труб для псевдоожигающего газа; и
каждый выпуск для частиц выполнен с возможностью приема частиц из слоя частиц при остановке потока псевдоожигающего газа к соответствующей впускной трубе для псевдоожигающего газа.
6. Реактор по п.5, дополнительно содержащий:
 - противоносную камеру над реакционной камерой; и
 - коническую камеру снижения скорости между ними;причем диаметр противоносной камеры в 1,5-10 раз больше, чем диаметр реакционной камеры.
7. Реактор псевдоожигенного слоя, выполненный с возможностью извлечения образца частиц без прерывания протекающей реакции, содержащий:
 - a) реакционную камеру, включающую в себя слой частиц;
 - b) газораспределительную пластину, имеющую множество сквозных отверстий;
 - c) множество впускных труб для псевдоожигающего газа, сообщающихся по текучей среде с одним из отверстий в газораспределительной пластине; причем каждая впускная труба для псевдоожигающего газа имеет впускное отверстие для газа и выпускное отверстие для частиц;
 - d) источник псевдоожигающего газа, выполненный с возможностью подачи потока псевдоожигающего газа к впускным отверстиям для газа во впускных трубах для псевдоожигающего газа; и
 - e) систему клапанов, выполненную с возможностью выборочного прекращения потока псевдоожигающего газа к впускному отверстию для газа в любой из впускных труб для псевдоожигающего газа и обеспечения протекания частиц из слоя частиц к выпускному отверстию для частиц при остановке пото-

ка псевдоожижающего газа к впускному отверстию для газа.

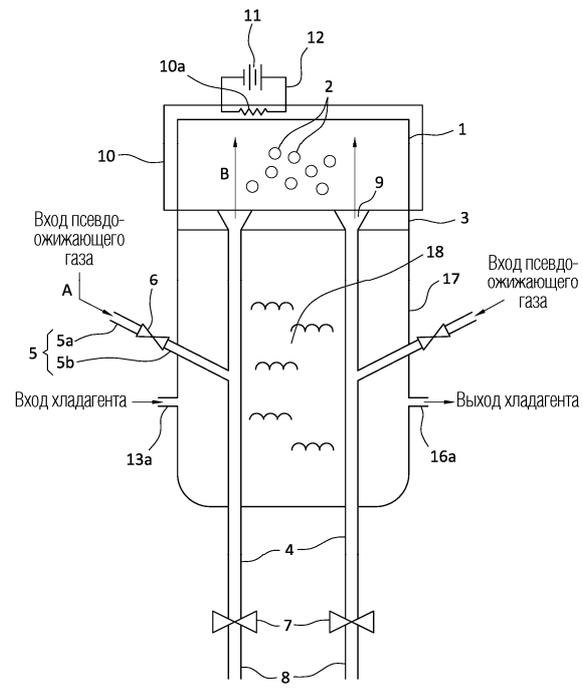
8. Реактор по п.7, в котором система клапанов выполнена с возможностью выборочной остановки потока псевдоожижающего газа к впускному отверстию для газа в любой из впускных труб для псевдоожижающего газа без прерывания потока псевдоожижающего газа к впускному отверстию для газа в других впускных трубах для псевдоожижающего газа.

9. Реактор по п.7, в котором система клапанов выполнена с возможностью предотвращения потока частиц из слоя частиц к выпускному отверстию для частиц, если поток псевдоожижающего газа к впускному отверстию для газа не остановлен.

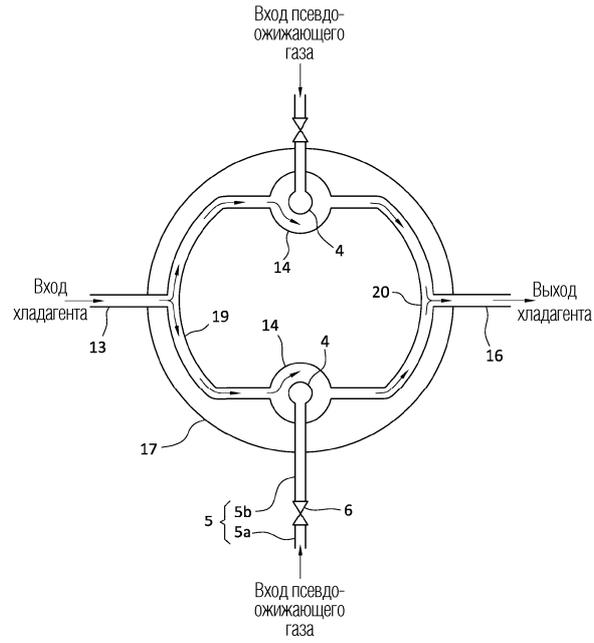




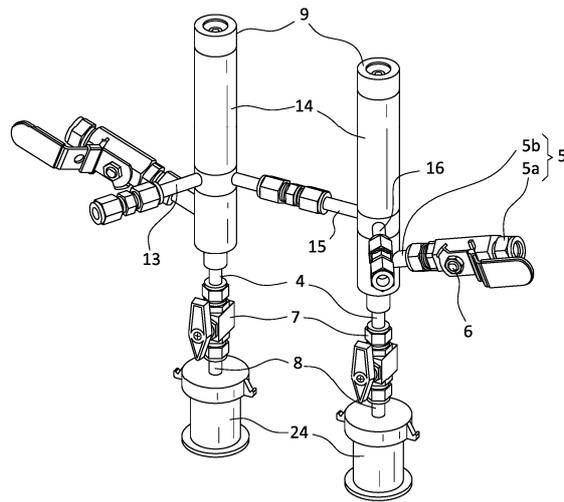
Фиг. 3



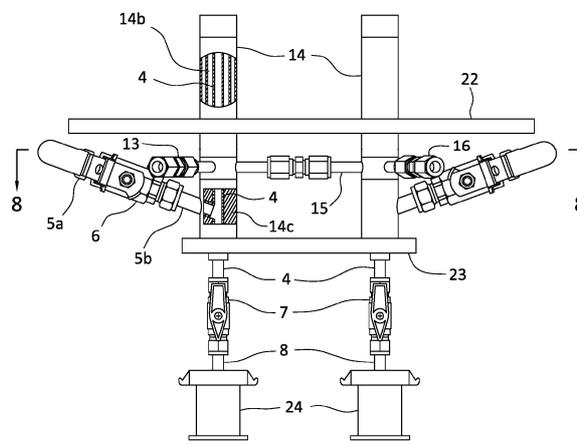
Фиг. 4



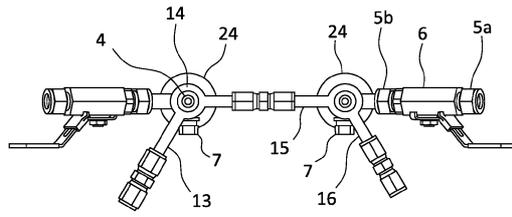
Фиг. 5



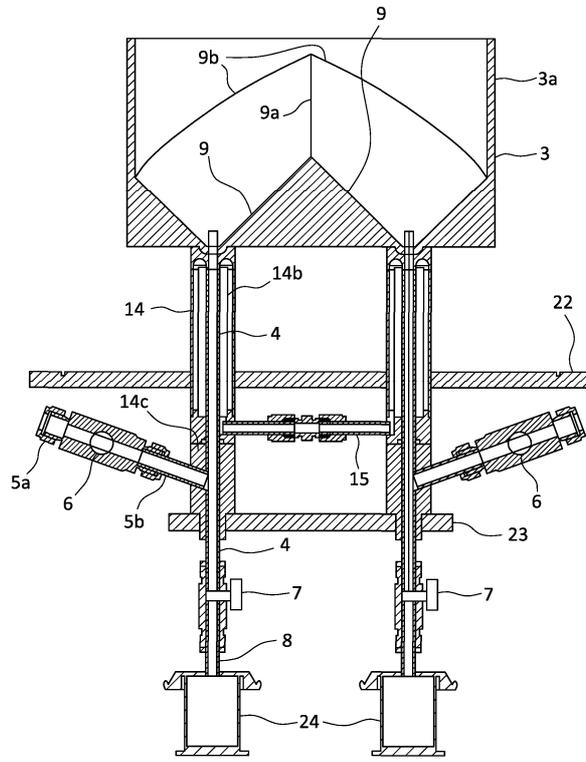
Фиг. 6



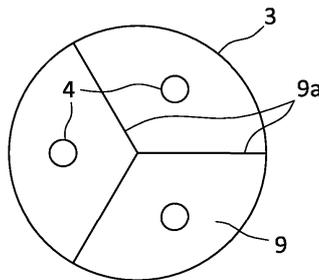
Фиг. 7



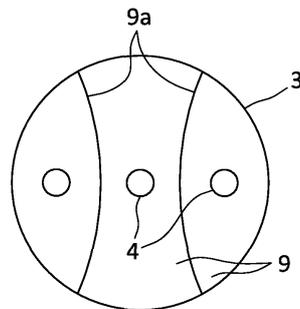
Фиг. 8



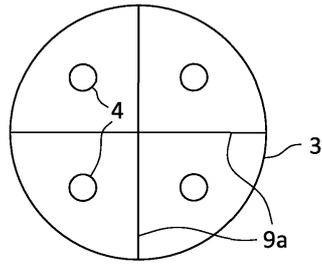
Фиг. 9



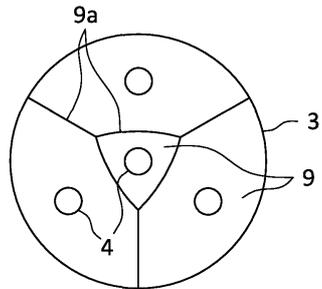
Фиг. 10А



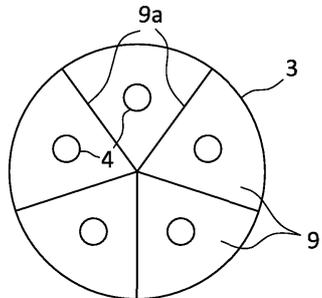
Фиг. 10В



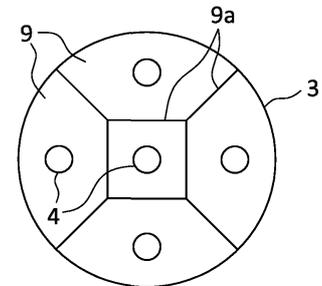
Фиг. 10С



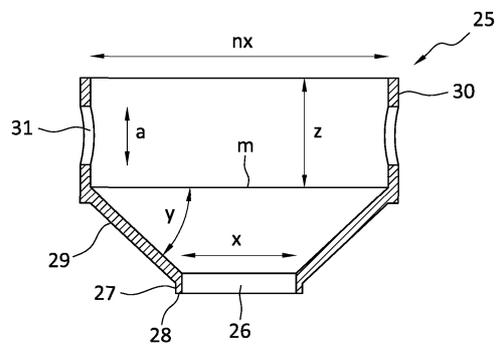
Фиг. 10D



Фиг. 10E



Фиг. 10F



Фиг. 11

