

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **040334**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.05.20**

(51) Int. Cl. **B01D 53/02 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**201691356**

(22) Дата подачи заявки  
**2014.12.31**

---

(54) **ВРАЩАЮЩАЯСЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СЛОЯ СО МНОЖЕСТВОМ  
МОНОЛИТНЫХ СЛОЕВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ CO<sub>2</sub> ИЗ АТМОСФЕРЫ**

---

(31) **61/922,338**

(56) US-A1-20130312606

(32) **2013.12.31**

US-B2-8500855

(33) **US**

US-B2-6500236

(43) **2016.11.30**

US-A-4808317

(86) **PCT/US2014/073014**

US-A1-20140026751

(87) **WO 2015/103401 2015.07.09**

US-A1-20150007725

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**АЙЗЕНБЕРГЕР ПИТЕР;  
ЧИЧИЛНИСКИ ГРАСИЕЛА (US)**

(72) Изобретатель:  
**Айзенбергер Питер (US)**

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

---

(57) Система для удаления диоксида углерода из смеси газов, содержащей диоксид углерода, причем система содержит две группы структур для удаления диоксида углерода; каждая структура для удаления диоксида углерода в каждой группе содержит твердую пористую подложку, закрепленную на структуре; и сорбент, который способен адсорбировать или связывать диоксид углерода с целью удаления диоксида углерода из смеси газов, причем сорбент закреплен на поверхностях твердой пористой подложки; непрерывную ленточную опору для каждой из групп структур для удаления диоксида углерода, причем непрерывная ленточная опора расположена таким образом, чтобы перемещать опорные структуры для каждой группы по замкнутой кривой при воздействии потока смеси газов на структуру.

**B1**

**040334**

**040334**

**B1**

### Уровень техники

Настоящее изобретение относится к системам и способам удаления парниковых газов из атмосферы и, в частности, к системам и способам удаления диоксида углерода из потока газа, включающего в себя окружающий воздух.

В качестве дальнейшего усовершенствования системы, описанной в совместно рассматриваемой заявке США № 13/098370, поданной 29 апреля 2011 г., представлены подходящая система и способ, которые, как признано в настоящее время, можно использовать в более широком диапазоне применений, чем диапазон, описанный в более ранней заявке, особенно в случае ее дополнительной модификации. Описание упомянутой совместно рассматриваемой заявки включено в настоящий документ путем ссылки в полном объеме и в модифицированном виде с помощью нового, представленного здесь описания.

В настоящее время много внимания сфокусировано на достижении трех связанных с энергией и отчасти конфликтующих между собой целей:

- 1) обеспечение доступной энергии для экономического развития;
- 2) достижение энергетической безопасности; и
- 3) предотвращение деструктивного изменения климата, обусловленного глобальным потеплением.

Однако не существует осуществимого на практике способа избежать применения ископаемых видов топлива в течение оставшейся части настоящего столетия, если мы хотим иметь энергию, необходимую для экономического процветания, и предотвращать дефициты энергии, которые могли бы привести к конфликту.

Учеными больше не оспаривается тот факт, что повышение количества так называемых парниковых газов типа диоксида углерода (метан и водяные пары представляют собой другие наиболее важные парниковые газы) будет повышать среднюю температуру на планете.

Также очевидно, что не существует решения, которое всего лишь уменьшает продолжающийся вклад человека в эмиссии диоксида углерода и при этом способно успешно устранять риск изменения климата. Также необходимо удаление дополнительного  $\text{CO}_2$  из атмосферы. Что касается извлечения воздуха и возможности повышать или снижать количество диоксида углерода в атмосфере, с их помощью в принципе можно компенсировать ущерб от других парниковых газов типа метана (одновременно встречается в природе и образуется в результате деятельности человека), которые могут повышать свои концентрации и вызывать изменение климата.

Вплоть до недавних изобретений автора настоящего изобретения среди экспертов в данной области обычно было принято считать, что из-за низкой концентрации этого соединения в атмосфере экономически нецелесообразно поглощать диоксид углерода непосредственно из атмосферы для того, чтобы, по меньшей мере, замедлить повышение содержания так называемых "парниковых" газов в атмосфере. Впоследствии в более ранних, одновременно находящихся на рассмотрении заявках того же заявителя, были приведены факты практического и эффективного осуществления таких сокращений  $\text{CO}_2$  в конкретных условиях.

Было показано, что в условиях окружающей среды  $\text{CO}_2$  можно эффективно извлекать из воздуха в условиях окружающей среды с применением подходящей системы с регенерируемым сорбентом и способа низкотемпературного извлечения ( $\text{CO}_2$ ) или регенерации, и что такой способ можно распространить на удаление  $\text{CO}_2$  из смеси отходящих газов, смешанных со значительным количеством окружающего воздуха, с возможностью не только удаления  $\text{CO}_2$  из топочного газа, но и удаления дополнительного  $\text{CO}_2$  из атмосферы для достижения абсолютного сокращения  $\text{CO}_2$  в атмосфере при более низких затратах и с более высокой эффективностью.

### Сущность настоящего изобретения

Настоящее изобретение дополнительно обеспечивает новые и полезные системы и способы удаления диоксида углерода из массы воздуха, содержащего большое количество диоксида углерода, с более высокими эффективностями и при более низких общих затратах, включая более низкие капитальные затраты ("CAPEX") и более низкие эксплуатационные затраты ("OPEX").

В соответствии с настоящим изобретением были разработаны новый способ и система, в которой используются узлы множества монолитов или слоев, которые объединены с одной камерой регенерации в отношении, зависящем от отношения скорости адсорбции к скорости регенерации сорбента. В предпочтительных вариантах осуществления изобретения монолиты закреплены на замкнутом ленточном направляющем устройстве, предпочтительно образующем замкнутую кривую; на основе которого монолиты один за другим вращаются по направляющему устройству, подвергаясь при этом воздействию движущегося потока окружающего воздуха или смеси газов с большой долей окружающего воздуха. В одном месте направляющего устройства вращение прекращается, и один из монолитов перемещается в герметизируемую камеру для обработки с целью высвобождения  $\text{CO}_2$  из сорбента для регенерации сорбента. После регенерации сорбента монолиты продолжают вращаться по направляющему устройству, пока следующий монолит не займет положение, соответствующее входу в камеру регенерации, после чего вращение всех монолитов прекращается.

Каждый монолит образован из пористой подложки, содержащей на своих поверхностях аминосодержащие участки, адсорбирующие диоксид углерода, предпочтительно с высоким относительным со-

держанием первичных аминов. Поскольку монолиты движутся по направляющему устройству, они адсорбируют  $\text{CO}_2$  из движущихся газовых потоков, пока каждый из монолитов не дойдет до герметично закрывающейся камеры. После того, как монолит окажется герметично закрытым в камере, сорбент подвергается обработке, чтобы заставить  $\text{CO}_2$  выделяться из сорбента, при этом происходит регенерация сорбента. Выделенный  $\text{CO}_2$  удаляется из камеры и улавливается. Затем монолит с регенерированным сорбентом выводится из герметизируемой камеры и перемещается по направляющему устройству вместе с другим монолитом, при этом снова адсорбируя  $\text{CO}_2$ , пока следующий монолит не повернется в положение, из которого он переместится в камеру регенерации. В месте выделения  $\text{CO}_2$ /регенерации монолит может перемещаться в камеру, расположенную выше или ниже уровня направляющего устройства на уровне грунта, или камера может быть расположена таким образом, чтобы монолит перемещался в камеру, находящуюся на том же самом уровне грунта, что и направляющее устройство, образующее уплотнение с монолитом. Несколько упомянутых альтернатив дополнительно описаны ниже и изображены графически на сопровождающих чертежах.

В тех примерах, где камера регенерации находится ниже или выше уровня грунта, система должна включать в себя подсистему для подъема или опускания монолита. В тех системах, где камера регенерации находится на уровне грунта и на одном уровне с направляющими устройствами, потребуются более сложное уплотнительное устройство, обеспечивающее уплотнение вдоль сторон, а также вдоль верхних и/или нижних поверхностей.

Способ адсорбции и удаления  $\text{CO}_2$ .

Основная идея данного способа состоит в том, что  $\text{CO}_2$  адсорбируется из атмосферы при прохождении воздуха или смеси воздуха и отходящего газа через слой сорбента, предпочтительно в условиях окружающей среды или в условиях, близких к условиям окружающей среды. После того, как  $\text{CO}_2$  адсорбирован сорбентом,  $\text{CO}_2$  должен собираться, а сорбент подвергаться регенерации. Последнюю стадию осуществляют путем нагревания сорбента паром в камере с герметизированным отделением для высвобождения  $\text{CO}_2$  и регенерации сорбента.  $\text{CO}_2$  собирают из камеры и затем сорбент годится для повторной адсорбции  $\text{CO}_2$  из атмосферы. Только одно важное ограничение способа состоит в том, что сорбент может подвергаться деактивации, если он находится на воздухе при "слишком высокой" температуре. Поэтому сорбент можно подвергать охлаждению перед тем, как монолит покинет камеру и вернется в воздушный поток.

Обычно для адсорбции  $\text{CO}_2$  из окружающего воздуха требуется более длительное время, чем для высвобождения  $\text{CO}_2$  на стадии регенерации. С существующим в настоящее время поколением сорбентов такое различие потребует периода адсорбции, при котором в случае обработки окружающего воздуха длительность стадии адсорбции приблизительно в десять раз превышает период, необходимый для высвобождения  $\text{CO}_2$  и регенерации сорбента. Поэтому система с десятью монолитами и одним блоком регенерации была выбрана в качестве действующей основы для конкретной вращающейся системы. Если эксплуатационные качества сорбента будут улучшаться с течением времени, такое отношение времени адсорбции к времени десорбции и, следовательно, число монолитов, необходимое в системе, должно уменьшаться. В частности, если применяется вариант сорбента с более высокой загрузкой, целесообразным могло бы быть время адсорбции, равное одному часу, поэтому в таком случае потребуются одна камера регенерации для обслуживания только пяти монолитов. Кроме того, относительные времена обработки будут варьироваться в зависимости от концентрации  $\text{CO}_2$  в смеси газов, подвергаемой обработке, таким образом, что более высокое содержание  $\text{CO}_2$  будет соответствовать более короткому времени адсорбции относительно времени регенерации, например, при смешивании отходящего потока, образующегося при сжигании ("топочного газа"), с окружающим воздухом с помощью газосмесительного устройства.

Химическая и физическая активность монолитов, как во время цикла адсорбции, так и во время цикла регенерации в герметично закрытой камере, по существу, аналогична активности, описанной в более ранних совместно рассматриваемых заявках № 13/886207 и 13/925679. Описания таких совместно рассматриваемых заявок включены в данный документ путем ссылки в полном объеме в модифицированном виде с помощью нового, представленного здесь описания. В системе согласно настоящему изобретению каждая вращающаяся система обеспечена одной герметично закрывающейся камерой регенерации для каждой группы вращающихся монолитов, причем число монолитов зависит от относительных периодов времени достижения желаемой адсорбции и желаемой регенерации. Кроме того, было обнаружено, что более высокие эффективности и более низкие затраты достигаются с помощью размещения в пространстве и срабатывания по времени двух вращающихся систем в подходящем взаимном соотношении, обеспечивающем взаимодействие камер регенерации двух вращающихся систем с монолитами таким образом, чтобы каждая камера предварительно нагревалась с помощью тепла, остающегося в другой камере в результате регенерации в другой камере; это также способствует эффективному охлаждению регенерированного монолита перед тем, как он вернется в свой цикл адсорбции на вращающемся направляющем устройстве.

Согласно настоящему изобретению такое взаимодействие между камерами регенерации обеспечивают путем снижения давления в первой камере системы для того, чтобы пар и вода, остающиеся в первой камере, испарялись после высвобождения  $\text{CO}_2$ , и система охлаждалась до температуры конденсации

пара при более низком парциальном давлении пара. Кроме того, как описано ниже, тепло, высвобождаемое в таком процессе, применяют для предварительного нагрева второго слоя сорбента и таким образом приблизительно на 50% обеспечивают вторичное использование удельной теплоты при благоприятном влиянии на использование энергии и воды. Такую концепцию можно применять, даже если используют устойчивый к воздействию кислорода сорбент. Чувствительность сорбента к деактивации под действием кислорода при более высоких температурах следует учитывать во время процесса усовершенствования и ожидается, что эксплуатационные качества сорбента будут улучшаться с течением времени.

Как обсуждалось выше, слой сорбента предпочтительно охлаждают перед тем, как подвергать его воздействию воздуха, чтобы избежать деактивации сорбента кислородом воздуха. Такое охлаждение обеспечивают путем снижения давления в системе и при этом снижения температуры конденсации пара. Это, как было показано, обеспечивает эффективное устранение деактивации сорбента, поскольку снижает температуру системы. При этом образуется значительное количество энергии, выводимой из слоя, который охлаждается во время стадии снижения давления. Вновь поступающий слой, который завершил свою стадию адсорбции  $\text{CO}_2$ , подвергают нагреванию для высвобождения  $\text{CO}_2$  и регенерации сорбента. Упомянутое тепло можно обеспечивать исключительно за счет пара атмосферного давления, однако это связано с дополнительными эксплуатационными затратами. Чтобы минимизировать такие эксплуатационные затраты, была разработана концепция двухкамерной конструкции. При такой концепции тепло, которое выводится из камеры, подвергаемой охлаждению путем снижения давления в системе и тем самым снижением температуры конденсации пара, применяют для частичного предварительного нагрева второй камеры, содержащей слой, в котором завершилась адсорбция  $\text{CO}_2$  из воздуха, и который подвергается нагреванию, чтобы начать стадию удаления  $\text{CO}_2$  и регенерации сорбента. Таким образом, благодаря применению тепла, полученного при охлаждении первой камеры, для повышения температуры второй камеры расход пара уменьшается. Остальную тепловую нагрузку для второй камеры обеспечивают путем добавления пара, предпочтительно атмосферного давления. Такой процесс повторяется в каждой из двух камер в отношении других вращающихся монолитов, при этом повышается термический коэффициент полезного действия системы.

Эти и другие признаки настоящего изобретения описаны в следующем подробном описании и сопровождающих чертежах или станут очевидными из следующего подробного описания и сопровождающих чертежей.

#### **Краткое описание фигур и иллюстраций**

На фиг. 1 представлен схематичный вид сверху пары взаимосвязанных вращающихся систем с множеством монолитов для удаления диоксида углерода из атмосферы согласно иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 2 представлен схематичный вид вертикального разреза вращающейся системы с множеством монолитов, показанной на фиг. 1, для удаления диоксида углерода из атмосферы согласно иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 3 представлен схематичный вид сверху альтернативной пары взаимосвязанных вращающихся систем с множеством монолитов для удаления диоксида углерода из атмосферы согласно еще одному иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 4 представлен схематичный вид вертикального разреза вращающейся системы с множеством монолитов, показанной на фиг. 3, для удаления диоксида углерода из атмосферы согласно данному иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 5 и 5А-5Н представлены схематичные иллюстрации выносного вертикального варианта пары камер регенерации для удаления диоксида углерода из монолитного носителя, показанного на фиг. 1-4, с использованием системы для вертикального перемещения или подъемного устройства для перемещения монолита между уровнем вращающегося направляющего устройства из положения высшего (самого длительного) контакта с воздухом (где перемещение воздуха осуществляется с помощью механической газодувки) и положением по вертикали выносной камеры регенерации.

На фиг. 6 представлен вид сверху (схематичная вертикальная проекция) камер регенерации и монолитов на соседних системах с монолитами, показывающий схему размещения системы трубопроводов для каждой камеры и между камерами.

На фиг. 7А и 7В представлены схематичные виды вертикального разреза, показывающие вентиляторы, которые являются стационарными, и вентиляторы, которые вращаются вместе с каждым монолитом, соответственно.

На фиг. 8А представлен схематичный вертикальный вид сбоку конструкции из канальных вытяжных вентиляторов двойного действия и газосборников, показанной на фиг. 7А, 7В.

На фиг. 8В представлен схематичный вертикальный вид спереди конструкции из канальных вытяжных вентиляторов двойного действия и газосборников, показанной на фиг. 7А, 7В.

На фиг. 9 представлен схематичный вид вертикального разреза вдоль линий 9-9, показанных на фиг. 8В, конструкции из канальных вытяжных вентиляторов двойного действия и газосборников.

На фиг. 10 представлена конструкция систем уплотнений монолитов, где углы и размеры увеличены с целью пояснения.

На фиг. 11 представлен схематичный вид сверху взаимосвязанной пары вращающихся систем со множеством монолитов для удаления диоксида углерода из атмосферы согласно еще одному иллюстративному варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 12 представлен схематичный вид вертикального разреза вдоль линий 11-11, показанных на фиг. 11, взаимосвязанной пары вращающихся систем со множеством монолитов для удаления диоксида углерода из атмосферы.

### Подробное описание изобретения

Принципиальная конструкция системы для осуществления таких операций показана на фиг. 1 и 2. Небольшое видоизменение концепции показано на фиг. 3 и 4. Общая принципиальная конструкция обсуждалась выше, и подробное обсуждение эксплуатации и вспомогательного оборудования, которое требуется, приводится далее.

При таком варианте осуществления изобретения имеется десять "монолитов", расположенных по десятигранной схеме размещения, которые расположены на кольцеобразном направляющем устройстве. Имеется два кольцеобразных/десятигранных узла, связанных с каждым блоком обработки, и они взаимодействуют друг с другом (см. фиг. 1-4). Воздух проходит через монолиты с помощью вытяжных вентиляторов, расположенных с внутренних сторон монолитов. В одном месте монолиты занимают положение рядом с одной герметизируемой камерой, в которую затем входит каждый монолит, как показано, путем вертикального выведения слоя из направляющего устройства для обработки (т.е. в камеру, где монолиты нагреваются до температуры не более 130°C, и более предпочтительно не выше 120°C, предпочтительно с помощью точно нагретого пара для высвобождения CO<sub>2</sub> из сорбента и регенерации сорбента). Альтернативно камера может находиться на уровне грунта. При таком варианте осуществления изобретения время адсорбции при адсорбции CO<sub>2</sub> монолитом в десять раз больше, чем время регенерации сорбента.

Следует понимать, что, хотя применение пористых монолитов является предпочтительным, целесообразно применение вместо монолита неподвижных слоев из пористого материала в виде частиц или пористого гранулированного материала, закрепленного на опорной раме. В обоих случаях пористая подложка служит носителем для аминоксодержащего сорбента CO<sub>2</sub>, если слой обладает той же самой удельной поверхностью, что и монолитный носитель адсорбента.

Требования к инженерно-техническому оборудованию.

На фиг. 1-4, 11 и 12 показаны основные концепции функционирования системы. Имеется десять "монолитов" 21, 22, расположенных в каждом узле по десятигранной схеме размещения, которые подвижно закреплены на кольцеобразных направляющих устройствах 31, 33. Имеется два кольцеобразных/десятигранных узла А, В, связанных с каждым блоком обработки, и они взаимодействуют друг с другом. Воздух проходит через каждый из монолитов 21, 22 с помощью вытяжных вентиляторов 23, 26, расположенных радиально внутри каждого из десятигранных узлов, вызывающих отток воздуха от внутренней периферийной поверхности каждого монолита и вверх из системы. В одном месте вдоль направляющего устройства 31, 33 монолиты 21, 22 оказываются рядом с герметизируемой камерой регенерации 25, 27, в которую монолиты 22, 22 помещаются для обработки с целью регенерации после завершения одного круга вращения по направляющему устройству.

Таким образом, как показано на фиг. 1 и 2, первый слой 21 поворачивается в положение под камерой регенерации 25 и затем перемещается вертикально вверх в камеру 25 для обработки; или если камера 27 расположена ниже уровня грунта (фиг. 4), слой 22 затем перемещается вертикально вниз в камеру 127 для обработки; или если камера для обработки расположена на уровне грунта, узел поворачивается, выводя при этом слой 21, 22 из камеры 27 таким образом, чтобы слой 21, 22 занял такое положение, когда перемещение всех монолитов по направляющему устройству прекращается. После регенерации слоя 21 он снова возвращается на направляющее устройство, и узел для переноса слоев поворачивается таким образом, чтобы следующий слой 21-2, 22-2 оказался в упомянутом положении. Затем слой 2 перемещается в камеру для обработки и затем возвращается на кольцо. Такой процесс повторяется многократно. Два кольцеобразных узла функционируют вместе, хотя монолиты каждого десятигранника, как объясняется ниже, входят и выходят из своих камер в немного разное время, обеспечивая теплопередачу, например, между камерой 25 и камерой 27, когда регенерация в одной из них завершается, для обеспечения предварительного нагрева другой камеры. Это экономит тепло вначале регенерации и уменьшает затраты на охлаждение слоя после регенерации.

Представлено три места размещения камер регенерации 25, 27. На фиг. 1 и 2 камеры регенерации 25, 27 размещены выше вращающихся узлов для переноса слоев (на уровне условного грунта), и монолиты поднимаются вертикально в камеры регенерации. Единственная находящаяся наверху конструкция представляет собой конструкцию, необходимую для камер, расположенных выше вращающихся монолитов на консольной конструкции.

На фиг. 3 и 4 камеры 125, 127 расположены ниже уровня грунта и под вращающимися узлами для переноса слоев. Камеры могут быть расположены в отдельном углублении с соответствующим доступом для профилактического осмотра и технологическим трубопроводом. Слои перемещаются в камеры вертикально вниз.

На фиг. 11 и 12 камеры регенерации 321, 327 расположены на уровне грунта вместе с вращающи-

мися узлами для переноса слоев. Камеры могут быть расположены с соответствующим доступом для профилактического осмотра и технологическим трубопроводом также на уровне грунта. Подходящие контактирующие друг с другом уплотнительные поверхности могут быть расположены на камере и на каждом слое для того, чтобы слой поворачивался в положение "в камере", причем камера 322, 327 герметизировалась.

Во всех случаях вспомогательное оборудование (такое как насосы, системы регулирования и т.д.) предпочтительно может быть расположено на уровне грунта в пределах замкнутого контура направляющего устройства, на котором закреплены вращающиеся узлы 29, 39 для переноса слоев. В некоторых ситуациях, в частности, камеры регенерации могут быть расположены на разных уровнях без отступления от концепции настоящего изобретения.

Такие конструкции по сравнению с установкой, ранее описанной в уровне техники, могут:

- минимизировать металлоконструкции;
- размещать все наиболее важное оборудование на уровне грунта за исключением камер регенерации, которые функционируют только в качестве резервуаров с защитной оболочкой;
- гарантировать, что отсутствует препятствие для потока воздуха к монолитам, если камеры расположены на разных уровнях относительно направляющего устройства;
- требовать только одного устройства для перемещения монолитов по вертикали или отсутствия такого устройства для введения в одну камеру каждой группы, например, из 10 монолитов;
- минимизировать или исключить время, необходимое для перемещений слоев в камеру и из камеры, особенно если камеры находятся на уровне грунта;
- обеспечить нахождение всех трубопроводов в фиксированных положениях; и
- обеспечить две камеры регенерации смежно друг с другом с минимальным зазором между ними, чтобы обеспечить теплообмен, желательный для повышенной эффективности.

Механические операции с необходимыми механизмами и производительностью, которые требуются, включают в себя:

вращение двух комплектов узлов для переноса слоев по кольцеобразному направляющему устройству на опорном устройстве;

точное расположение элементов для точной локализации положения, где монолиты должны оставаться с возможностью обеспечить свободное движение монолитов в камеру регенерации и из камеры регенерации;

удаление слоя из узла для переноса слоев на направляющем устройстве, введение слоя в камеру регенерации, удаление слоя из камеры регенерации и повторное введение слоя в его положение на узле направляющего устройства. Все упомянутые перемещения происходят в вертикальном направлении или, альтернативно, в рамках горизонтального вращательного движения по направляющему устройству. Монолиты и камеры регенерации сконструированы таким образом, чтобы в случае вертикально перемещающихся монолитов присутствовало воздухонепроницаемое уплотнение между верхней или нижней частью каждого монолита и опорным устройством камеры. Примеры некоторых принципиальных конструкций таких уплотнений показаны на фиг. 10.

Во всех случаях, со ссылкой на фиг. 1-6, слой 21-1 (кольцо А) поворачивается в положение (для входа) и затем перемещается вверх или вниз в камеру 25 для обработки. Давление в камере 25 (содержащей слой 21-1, кольцо А) уменьшают, например, с применением вакуумного насоса 230, до менее 0,2 бар (абсолютного давления). Камеру 25 нагревают при атмосферном давлении паром, подаваемым через трубопровод 235, из слоя 21-1 извлекают CO<sub>2</sub> и удаляют из камеры 25 через отводящий трубопровод 237 для CO<sub>2</sub> и конденсата, который отделяют в конденсаторе 240 (фиг. 5А). Слой 22-1 (кольцо В) затем помещают в камеру 27 (кольцо В) в то время, как камеру 25 подвергают обработке, как описано выше (фиг. 5В). Подачу пара в камеру 25 прекращают, и отводящий трубопровод для CO<sub>2</sub> и конденсата перекрывают. Камера 25 и камера 27 соединяются с помощью открывающегося клапана 126 в соединительном трубопроводе 125 (фиг. 5С).

Давление в камере 27 снижают с применением вакуумного насоса 330, связанного с камерой 27. Он снижает системное давление в обеих камерах и протягивает пар и инертные газы, остающиеся в камере 25, через камеру 27 и затем в вакуумный насос. Благодаря этому камера 25 (и при этом слой 21-1, кольцо А) охлаждается до более низкой температуры (т.е. до температуры конденсации при парциальном давлении пара в камере), и уменьшается возможность деактивации сорбента под воздействием кислорода, когда слой 21-1 снова возвращается в воздушный поток. При таком способе также происходит предварительный нагрев камеры 27 (и при этом слоя 22-1, кольцо В) от температуры окружающей среды до температуры конденсации при парциальном давлении пара в камере 250. При этом вторично используется энергия, и количество пара атмосферного давления, необходимое для нагревания второй камеры 27 (и слоя 22-1, кольцо В) уменьшается (фиг. 5D). Поскольку вакуумный насос 330 снижает давление в камерах 25 и 27, в первой камере 25 температура уменьшается (приблизительно от 100°C до некоторой промежуточной температуры) и во второй камере 27 температура повышается (от температуры окружающей среды до той же самой промежуточной температуры). CO<sub>2</sub> и инертные газы удаляются из системы с помощью вакуумного насоса 330.

Клапан между первой камерой 25 и второй камерой 27 закрывается, и камеры изолируются друг от

друга. Теперь слой 21-1 (кольцо А) охлаждают ниже температуры, при которой деактивация сорбента под воздействием кислорода вызывает беспокойство, когда слой снова возвращается в воздушный поток. Вторую камеру 27 и слой 22-1 (кольцо В) предварительно нагревают, и поэтому количество пара, необходимое для нагревания камеры и слоя, уменьшается (фиг. 5Е). Затем слой 21-1 (кольцо А) снова поднимается в узел для переноса слоев. Кольцо А с узлом для переноса слоев поворачивается на один слой, и затем слой 21-2 (кольцо А) вводится в камеру 25, где он готов к предварительному нагреванию. Камеру 27 нагревают паром атмосферного давления и собирают выделенный  $\text{CO}_2$  (фиг. 5F).

Когда во второй камере 27 (содержащей слой 22-1, кольцо В) полностью завершается регенерация, подача пара в камеру 27 прекращается, и трубопровод для  $\text{CO}_2$  и конденсата перекрывается с помощью клапанов 241, 242. Клапаны 126 между первой камерой 25 и второй камерой 27 открываются, и давление в камерах 25, 27 снижается с применением системы вакуумных насосов 230 для камеры 25. Температура второй камеры 27 (и при этом слоя 22-1, кольцо В) уменьшается (см. 5 выше). Температура первой камеры 25 (содержащей слой 21-2, кольцо А) повышается (см. 5 выше) (фиг. 5G). Вакуумный насос 230 снижает давление в камерах 25, 27. Температура камеры 25 уменьшается (примерно от  $100^\circ\text{C}$  до некоторой промежуточной температуры). Температура камеры 27 повышается (от температуры окружающей среды до той же самой промежуточной температуры).  $\text{CO}_2$  и инертные газы удаляют из системы с помощью вакуумного насоса 230. Слой 22-1 (кольцо В) снова поднимается в узел кольцеобразного устройства, и узел поворачивается на один слой. Затем слой 22-2 (кольцо В) вводится в камеру 27. Камеру 25 (содержащую слой 21-2, кольцо А) нагревают паром атмосферного давления для высвобождения  $\text{CO}_2$  и регенерации сорбента (фиг. 5H). Затем происходит предварительное нагревание камеры 27, как описано выше. Процесс повторяется для всех слоев, поскольку десятигранные поворачиваются много раз.

Параметры конструкции.

Существующая в настоящее время основа для проектируемых систем представляет собой следующее:

масса отдельного монолита, подлежащего перемещению: 1500-10000 фунтов (включая опорное устройство);

приблизительный размер слоя:

ширина - 5-6 м,

высота - 9-10 м,

глубина - 0,15-1 м.

Следует отметить, что размеры слоя можно регулировать в зависимости от конкретных условий в географическом местоположении каждой пары систем и желательных или достижимых параметров обработки.

В случае системы, включающей в себя 10 монолитов в каждом из десятигранных колец, габаритные размеры предпочтительной кольцеобразной/десятигранной структуры могут составлять приблизительно 15-17 м, предпочтительно приблизительно 16,5 м. Опорные устройства для монолитов могут запускаться по направляющему устройству по отдельности, например, с помощью электродвигателя и ведущего шкива; или можно обеспечивать опорные устройства в конкретном месте вдоль направляющего устройства и применять один большой двигатель для запуска направляющего устройства и всех структур по замкнутому циклу. В любом случае камеру регенерации размещают в одном месте, и все структуры могут останавливать свое движение, когда одно из опорных устройств размещается таким образом, чтобы перемещаться в камеру регенерации. Рентабельность применения одного приводного электродвигателя или двигателя, или нескольких приводных электродвигателей или двигателей будет зависеть от многих факторов, таких как их расположение и будет или нет приводной агрегат оснащен электродвигателем или двигателем, работающим на каком-либо топливе. Характер самих приводных агрегатов не является признаком настоящего изобретения, и такие агрегаты хорошо известны специалисту в данной области техники. Примеры подходящих двигателей включают в себя двигатели внутреннего сгорания или двигатели внешнего сгорания или двигатели, работающие на сжатом газе, например работающие с применением теплового цикла двигателя Стирлинга, или паровые двигатели или гидравлические, или пневматические двигатели.

Когда камера регенерации расположена выше уровня направляющего устройства, верхняя часть будет находиться приблизительно на 20 м выше уровня направляющего устройства, и когда камера регенерации расположена ниже уровня направляющего устройства, верхняя часть камеры автоматически будет ниже уровня направляющего устройства. Камера на уровне грунта будет всего лишь, как минимум, выше верхних частей монолитов с возможностью во время регенерации держать монолит в камере целиком.

Если камера регенерации не находится на уровне грунта, подъемная система для перемещения монолита в камеру регенерации и из камеры регенерации должна быть способна осуществлять перемещение в камеру и из камеры в течение периода времени в диапазоне от 30 до 120 с, и предпочтительно от 30 до 45 с. Более короткий период времени соответствует большей гибкости параметров процесса обработки, которые являются подходящими для способа. Признано, что существуют определенные системные механические ограничения на перемещение массивных монолитов. Одним из преимуществ способа, когда камера регенерации находится на уровне грунта, является то, что нет необходимости в вертикальном

перемещении, поскольку монолит просто поворачивается в камеру в рамках своего вращательного движения и герметически закрывается в ней; при этом исключаются вертикальное перемещение, потери времени и дополнительные капитальные затраты на подъемные устройства. В каждом случае два торца слоя являются сплошными и образуют уплотнения с торцами камеры регенерации.

Подробности функционирования и конструкции.

Данный раздел делится на следующие подразделы.

Раздел i - описание общей конструкции системы и применение системы карбюраторного типа для вторичного использования энергии.

Раздел ii - описание способа, включая упрощенную схему технологического процесса (PFD) и описание наиболее важных элементов оборудования.

Раздел iii - принципиальная механическая конструкция.

Раздел iv - факторы, которые должны исследоваться более подробно, чтобы обеспечить конечную конструкцию с оптимальными характеристиками.

Обсуждение.

i. Способ адсорбции и удаления  $\text{CO}_2$ .

В способе согласно настоящему изобретению  $\text{CO}_2$  адсорбируется из атмосферы при прохождении воздуха или смесей воздуха и отходящих газов через слой сорбента; подходящие сорбенты предпочтительно включают в себя амины, и предпочтительно полиамины, по меньшей мере, с большим относительным содержанием аминогрупп на сорбенте, представляющих собой первичные амины. После того, как  $\text{CO}_2$  адсорбировался сорбентом, его выделяют из сорбента и собирают по мере того, как сорбент подвергается регенерации. Такую стадию осуществляют путем нагревания сорбента паром в герметичной камере или в камере регенерации. При этом высвобождается  $\text{CO}_2$  и регенерируется сорбент.  $\text{CO}_2$  собирают, и сорбент затем подходит для повторной адсорбции  $\text{CO}_2$  из атмосферы. Лимитирующим параметром способа является то, что сорбент может подвергаться деактивации, если находится на воздухе при слишком высокой температуре. Поэтому обычно сорбент подвергают охлаждению перед тем, как вернуть его в воздушный поток для контактирования. Согласно настоящему изобретению этого достигают путем снижения давления в системе с тем, чтобы испарить пар и воду, оставшиеся в камере регенерации после высвобождения  $\text{CO}_2$ , при этом происходит охлаждение системы до температуры конденсации пара при его новом, более низком парциальном давлении. Кроме того, как описано ниже, тепло, высвобождаемое при таком способе, применяют для предварительного нагрева слоя сорбента с большим содержанием  $\text{CO}_2$  с возможностью обеспечивать вторичное использование удельной теплоты приблизительно на 50% и благоприятное влияние на использование энергии и воды. Такая концепция применима даже в том случае, если используют устойчивый к воздействию кислорода сорбент для дополнительного увеличения срока эффективного использования сорбента и монолитной подложки.

Обычно для адсорбции  $\text{CO}_2$  из воздуха сорбентом требуется более длительный период времени, чем период времени, необходимый для высвобождения  $\text{CO}_2$  на стадии регенерации. Что касается нынешнего поколения сорбентов, такое различие будет требовать периода адсорбции, при котором длительность стадии адсорбции приблизительно в десять раз больше времени, необходимого для высвобождения  $\text{CO}_2$  и регенерации сорбента. Поэтому система с десятью монолитами и одним блоком регенерации была выбрана в качестве ныне действующей основы. Если в системе использовать сорбент, который будет иметь период адсорбции, при котором длительность стадии адсорбции приблизительно только в пять раз превышает период, необходимый для высвобождения  $\text{CO}_2$  и регенерации сорбента, число монолитов, необходимых в системе для каждой камеры регенерации, можно уменьшать, например, таким образом, чтобы одна камера регенерации обслуживала 5 монолитов. Это также зависит от концентрации  $\text{CO}_2$  в смеси газов, подвергаемой обработке, и периода десорбции любого сорбента в виде частиц.

Как обсуждалось выше, подвергнутый регенерации слой сорбента предпочтительно охлаждают перед тем, как подвергнуть его воздействию воздуха, чтобы избежать возможной деактивации под воздействием кислорода воздуха. Согласно данному изобретению такое охлаждение обеспечивают путем снижения системного давления в камере регенерации после завершения стадии регенерации, при этом уменьшается температура конденсации пара. Согласно настоящему изобретению это осуществляют для того, чтобы значительное количество энергии, высвобождаемой при регенерации монолита во время стадии снижения давления, переносилось к второму слою, содержащему сорбент с большим количеством  $\text{CO}_2$ , перед стадией его десорбции, при этом обеспечивают некоторое количество энергии для нагревания второго слоя с целью высвобождения  $\text{CO}_2$  и регенерации сорбента. Такая теплопередача из одной камеры регенерации во вторую уменьшает эксплуатационные затраты на обеспечение исключительно свежего пара для нагревания слоя монолитов. Остальную тепловую нагрузку для второй камеры обеспечивают путем добавления пара атмосферного давления, хотя при этом экономия расходов меньше. Такой процесс повторяется в каждой из двух камер в отношении сменяющих друг друга монолитов, и повышает общий термический коэффициент полезного действия системы. Такая концепция показана на фиг. 1-6, 11 и 12.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения, как показано на приведенных чертежах, присутствует десять "монолитов", расположенных по десятигранной схеме размещения на кольцеобразном направляющем устройстве. Имеется два кольцеобразных/десятигранных узла, связанных с каждым

блоком обработки, и они взаимодействуют друг с другом (см. фиг. 1 и фиг. 5А-5Н). Воздух проходит через монолиты с помощью вытяжных вентиляторов, предпочтительно расположенных в радиальном направлении напротив внутренних поверхностей монолитов. В одном месте монолиты оказываются рядом с камерой, в которую монолиты входят, как показано, путем выведения слоя из направляющего устройства в вертикальном направлении для обработки (т.е. в камеру, где они нагреваются паром для высвобождения  $\text{CO}_2$  из сорбента и регенерации сорбента). Альтернативно камера может находиться на уровне грунта, чтобы монолит просто перемещался по направляющему устройству в камеру регенерации (1) или перемещался в камеру, находящуюся на уровне грунта снаружи от направляющего устройства. Последний способ уменьшает энергию, необходимую для перемещения слоя, позволяя при этом, располагать две камеры регенерации рядом, ближе друг к другу.

Основные стадии при эксплуатации систем, показанных на фиг. 1-4 и 11-12, согласно вышеприведенному определению могут быть следующими.

1) Слой 21-1 (кольцо А) после осуществления одного полного цикла вращения поворачивается в указанное положение и затем перемещается, например вертикально, в камеру 25 для обработки (фиг. 1-4 и 5).

2) Камера 25 (содержащая слой 21-1 (кольцо А)) нагревается паром при атмосферном давлении, и извлеченный  $\text{CO}_2$  удаляется, фиг. 5А-Н.

3) Слой 22-1 (кольцо В) размещается в камере 27, в то время как камера 25 подвергается обработке с целью регенерации сорбента.

4) Подача пара в камеру 25 прекращается, и отводящий трубопровод для  $\text{CO}_2$  и конденсата перекрывается. Камера 25 и камера 27 соединяются с помощью открывающихся клапанов в соединительном трубопроводе 125.

5) Давление в камере 27 снижается с применением вакуумного насоса 330, связанного с камерой 27. Он снижает системное давление в обеих камерах и протягивает пар и инертные газы, оставшиеся в камере регенерации 25, в другую камеру 27 и затем к вакуумному насосу 330. Камера регенерации 25 (и при этом слой 21-1 (кольцо А)) охлаждается до более низкой температуры (т.е. до температуры конденсации при парциальном давлении пара в камере), при этом уменьшается возможность деактивации сорбента под воздействием кислорода, когда он снова возвращается в воздушный поток. При таком способе камера 27 также нагревается (и при этом слой 22-1 (кольцо В)) от своей температуры после адсорбции до температуры конденсации при парциальном давлении пара в камере 27. При этом повторно используется энергия из камеры регенерации 25, и количество пара атмосферного давления, необходимое для нагрева камеры 27 (и при этом слоя 22-1 (кольцо В)), уменьшается.

6) Клапан 125 между двумя камерами 25, 27 закрывается и камеры изолируются друг от друга. Теперь слой 21-1 (кольцо А) охлаждают ниже температуры, при которой может происходить деактивация сорбента под воздействием кислорода, когда слой снова возвращается в воздушный поток. Вторую камеру 27 и слой 22-1 (кольцо В) предварительно нагревают, и при этом количество пара, необходимое для нагревания камеры и слоя, уменьшается.

7) Слой 21-1 (кольцо А) затем снова вертикально перемещается на десятигранный узел направляющего устройства. Камеру 27 нагревают паром атмосферного давления и собирают  $\text{CO}_2$ . Кольцо А с узлом для переноса слоев поворачивается на один слой, и затем слой 21-2 (кольцо А) вводится в камеру регенерации 25, где он готов к предварительному нагреванию (фиг. 5Н).

8) Когда в камере 27 (содержащей слой 22-1 (кольцо В)) полностью завершается регенерация, подача пара в камеру 27 прекращается, и трубопровод 337 для  $\text{CO}_2$  и конденсата перекрывается с помощью клапанов. Клапаны между камерой 25 и камерой регенерации 27, где завершилась регенерация, открываются, и давление в камерах 27, 25 снижается с применением вакуумного насоса 230 для камеры 25. Температура камеры 27 (и при этом слоя 22-1 (кольцо В)) уменьшается (см. п.5 выше). Температура камеры 25 (содержащей слой 21-2 (кольцо А)) повышается (см. п.5 выше).

9) Слой 22-1 (кольцо В) снова перемещается в узел для переноса слоев, и узел поворачивается на один слой. Затем слой 22-2 (кольцо В) вводится в камеру 27. Камеру 25 (содержащая слой 21-2 (кольцо А)) нагревают паром атмосферного давления для высвобождения  $\text{CO}_2$  и регенерации сорбента.

Понятно, что ссылка на "слой" включает в себя как монолитную подложку, так и слой частиц в кожухе, удерживаемых в объеме такого же размера.

Такой процесс повторяется многократно, и узлы двухкольцевого направляющего устройства функционируют вместе, несмотря на то, что монолиты каждого десятигранника перемещаются в свои камеры и из своих камер в немного разное время для того, чтобы тепло от охлаждения предшествующей камеры регенерации предварительно нагревало последующую (вторую) камеру, когда следующий монолит займет свое место в камере.

На фиг. 1 и 2 камеры расположены выше вращающихся узлов для переноса слоев (которые расположены на уровне условного грунта), и монолиты поднимаются в камеру. Одно подъемное устройство представляет собой устройство, необходимое для камер, которые расположены выше вращающихся монолитов на консольной конструкции.

На фиг. 3 и 4 камеры расположены ниже уровня грунта и под вращающимися узлами для переноса

слоев. Камеры могут быть расположены в отдельном углублении с соответствующим доступом для профилактического осмотра и технологическим трубопроводом.

На фиг. 11 и 12 камеры расположены на уровне грунта, предпочтительно по направляющему устройству для того, чтобы не было необходимости в дополнительных механизмах для вертикального перемещения. Альтернативно камера регенерации на уровне грунта может быть расположена за пределами десятигранников, и перемещаться в радиальном направлении от направляющего устройства.

В любом случае вспомогательное оборудование (такое как насосы, системы регулирования и т.п. - см. раздел 2) могут быть расположены на уровне грунта в радиальном направлении внутри вращающихся узлов для переноса слоев.

ii. Технологическое оборудование и средства управления.

На фиг. 6 показана общая конструкция предлагаемой системы.

В каждой отдельной системе имеется два десятигранника с монолитами. Поэтому единая система содержит 20 (двадцать) монолитов.

Имеется девять вентиляторных установок для каждого десятигранника (комплект вентиляторов отсутствует в том месте, где монолиты входят в камеры). В настоящее время предпочтительно, чтобы было два вертикально расположенных канальных вентилятора, связанных с каждым слоем описанного выше размера, т.е. высотой 10 м и шириной 5 м. Таким образом, для каждой отдельной системы понадобится  $2 \times 18 = 36$  канальных вентиляторов. Однако выбор числа и размера вентиляторов зависит от многих факторов.

Девять вентиляторов на каждом десятиграннике находятся в стационарном состоянии (т.е. они не будут вращаться вместе со слоями). Предпочтительно каждая уплотнительная система, такая как стенки с эластичным торцевым уплотнением, снабжена вентилятором, чтобы минимизировать байпасирование воздуха около монолитов. Понятно, что монолиты не перемещаются непрерывно, а точнее, монолиты останавливаются, как только один из слоев дойдет до места расположения камеры, и затем вновь начинают двигаться, как только такой слой покинет камеру регенерации. Стационарные вентиляторы расположены таким образом, чтобы когда слой входит в камеру регенерации, каждый слой располагался напротив вентиляторной установки и был герметично связан с вентиляторной установкой. Альтернативно вентиляторы могут быть присоединены к вращающейся конструкции слоя и прикрепляться к слоям. В таком случае число вентиляторов может повышаться до  $2 \times 20 = 40$  канальных вентиляторов на каждую отдельную систему (см. раздел 3).

В одной двойной кольцеобразной системе с направляющим устройством имеется две камеры регенерации 25, 27; каждая камера обслуживает один из десятигранников.

Размер монолитов не стандартизирован. С учетом предварительной оценки следует предположить, что каждый слой имеет следующий размер: ширина 5 м  $\times$  высота 10 м  $\times$  глубина 1 м. Такой первоначальный размер можно менять, исходя из экономического анализа и других факторов.

На фиг. 6 показаны только наиболее важные клапаны, и для безопасной промышленной эксплуатации необходимы дополнительные клапаны, контрольно-измерительные приборы, трубопровод и средства управления, которые хорошо известны в данной области техники.

Во время регенерации и высвобождения  $\text{CO}_2$  из слоя непосредственно в камеру регенерации 25, 27, содержащую слой, подается пар атмосферного давления с температурой 100-120°C. Эффектом от подачи пара является нагревание слоя и камеры, и высвобождение  $\text{CO}_2$  и образование конденсата. Конденсат удаляется в систему сбора.  $\text{CO}_2$  удаляется из камеры вместе с некоторым количеством пара и инертными газами под действием  $\text{CO}_2$ -газодувки 225, 227. Выходящий из камеры поток проходит через теплообменник (конденсатор) 240, где поток охлаждают и дополнительно получают конденсат, который поступает в систему 291 сбора конденсата. В конечном итоге  $\text{CO}_2$ -продукт поступает через трубопровод 229 в систему накопления и компрессии, или  $\text{CO}_2$ -продукт можно применять без компрессии непосредственно в другом процессе, таком как выращивание морских водорослей. Компрессия  $\text{CO}_2$  не включена в объем описания настоящего способа. Предпочтительно воздух, по меньшей мере, частично, извлекают из камеры регенерации 25, 27 после того, как камера со слоем герметично закрывается, и перед началом подачи потока пара, особенно когда  $\text{CO}_2$  затем подвергается компрессии.

Предпочтительно давление в герметично закрытой камере регенерации уменьшают не более, чем до 0,2 бар (абсолютного давления) перед подачей пара и выделением  $\text{CO}_2$ . Предпочтительно, чтобы неконденсируемые примеси удалялись из воздуха настолько, насколько возможно, чтобы уменьшить затраты на компрессию.

Желательно уменьшать количество воды в потоке  $\text{CO}_2$ , выходящем после конденсатора, поскольку присутствие воды в более высоком количестве будет приводить к повышению затрат на компрессию, связанных с хранением  $\text{CO}_2$ -продукта; если не удалять конденсат во входном потоке, более значительное количество конденсата должно будет удаляться на промежуточных охладителях компрессоров. Количество пара, остающееся в выходящем потоке, отправляемом на хранение, будет зависеть от самой низкой температуры подходящего охладителя и размера установленного конденсатора. Определение таких параметров в любом конкретном случае основано на экономической оценке относительных затрат на ком-

прессию (капитальных и эксплуатационных), температуру охладителя (например, будет ли применяться окружающий воздух, охлажденная вода или хладагент) и капитальных затрат на теплообменник.

При корректном проектировании конденсатор также должен быть способен отделять потоки жидкости и пара. Однако для отделения потоков жидкости и пара до того, как поток пара пройдет к  $\text{CO}_2$ -газодувке 225, 227, может потребоваться барабанный сепаратор или узел подобного типа.

$\text{CO}_2$ -газодувка 225, 227 может представлять собой жидкостно-кольцевой насос. Если будет выбран такой тип агрегата, то он сможет обрабатывать жидкий конденсат во входящем потоке, и конденсат будет удаляться из жидкостно-кольцевой системы и отправляться в хранилище конденсата. Если агрегат типа жидкостно-кольцевого насоса не применяется, то могут потребоваться дополнительные стадии, чтобы обеспечить входящий в газодувку поток пара, не содержащий значительного количества жидкости. Следовательно, выбор типа агрегата, применяемого в качестве  $\text{CO}_2$ -газодувки, может влиять на конструкцию оборудования, расположенного выше по технологической цепочке.

Когда стадия регенерации завершается, все клапаны закрываются и при этом обе камеры изолируются. Чтобы осуществить последующее охлаждение камеры и слоя, в которой только что завершились высвобождение  $\text{CO}_2$  и стадия регенерации сорбента, и предварительный нагрев другой камеры и слоя, которые находятся при температуре окружающей среды, применяют следующие стадии.

Открывают изолирующий клапан 126 между камерами.

Включают вакуумный насос 230, 330, связанный со слоем, в условиях окружающей среды.

Действие вакуумного насоса заключается в вытягивании пара (сначала находящегося, например, при атмосферном давлении и приблизительно  $100^\circ\text{C}$ ) из камеры, в которой завершилось получение  $\text{CO}_2$  и регенерация слоя ("горячая" камера), в камеру, находящуюся при температуре окружающей среды. Более низкое давление будет способствовать охлаждению горячей камеры регенерации и регенерированного слоя до температуры, по существу, более низкой, чем первоначальная температура после регенерации, т.е. приблизительно равная  $100^\circ\text{C}$ , благодаря уменьшению парциального давления пара, которое уменьшает температуру конденсации пара. Поскольку пар вытягивается из "горячей" камеры и слоя, такой пар начнет нагревать вторую камеру и слой (сначала находящиеся при температуре окружающей среды) благодаря конденсации пара на стенках камеры и внутри каналов слоя сорбента. Поскольку работа вакуумного насоса продолжается, давление в обеих камерах снижается и доходит до конечного давления (приблизительно 0,2 бар (абсолютного давления) в настоящем примере). На данном этапе обе камеры и их монолиты будут находиться приблизительно при одинаковой температуре (приблизительно  $60^\circ\text{C}$  в настоящем примере). При этом "горячий" слой охладится до температуры, благодаря которой, когда такой слой вернется в воздушный поток для дополнительной адсорбции  $\text{CO}_2$ , сорбент не будет деактивироваться в какой-либо значительной степени из-за присутствия кислорода в воздухе. Одновременно слой, сначала находившийся при температуре окружающей среды, будет обеспечен значительной долей тепла, необходимого для увеличения его температуры приблизительно до  $100^\circ\text{C}$ , для выделения  $\text{CO}_2$  и регенерации сорбента. Конечное давление, до которого будут доводиться объединенные камеры, определяется температурными ограничениями, связанными с деактивацией сорбента в присутствии кислорода.

После того, как достигнут указанный уровень давления в обеих камерах 25, 27, работа вакуумного насоса 230, 330 прекращается, изолирующий клапан 126 между камерами закрывается, и регенерированный слой возвращается к атмосферному давлению.

Охлажденный слой возвращается в узел кольцеобразного направляющего устройства, где узел поворачивается до тех пор, пока следующий слой не займет положение, соответствующее входу в камеру, и затем вращение прекращается.

Вторую камеру и слой во второй камере 25, 27, которые были предварительно нагреты приблизительно до  $60^\circ\text{C}$ , тем временем обеспечивают паром атмосферного давления и нагревают до  $100^\circ\text{C}$  для удаления  $\text{CO}_2$  и регенерации сорбента.  $\text{CO}_2$ , пар и инертные газы удаляют с помощью вакуумной  $\text{CO}_2$ -газодувки 225, 227, связанной с данной камерой (см. текст выше и фиг. 6).

Затем процесс повторяется многократно с поочередно меняющимися камерами регенерации 25, 27.

Возможно, что для каждой пары камер регенерации можно применять только одну  $\text{CO}_2$ -газодувку и один вакуумный насос для  $\text{CO}_2$ ; отдельную газодувку и насос для каждой камеры; или можно применять централизованную систему, т.е. единый вакуумный насос 230, 330 для  $\text{CO}_2$  и единую  $\text{CO}_2$ -газодувку 225, 227 для обслуживания многочисленных пар системы.

На фиг. 1 и 2 показана принципиальная механическая конструкция, при которой в каждой системе имеется два десятигранника, и в которой слои поднимаются в камеры или опускаются из камер, расположенных выше кольцеобразной системы направляющего устройства и закрепленных на консольной металлоконструкции. На фиг. 3 и 4 показана аналогичная концепция за исключением того, что камеры расположены ниже уровня грунта в отдельном углублении, и монолиты спускаются в камеры. Также целесообразно иметь камеру на уровне грунта и просто поворачивать каждый слой до вхождения в герметичный контакт с камерой, в связи с тем, что кольцо поворачивается и затем останавливается, когда слой герметично закрывается в камере регенерации.

На фиг. 7А показана принципиальная конструкция системы вспомогательного вентиляторного оборудования в виде канальных вытяжных вентиляторов. Вертикальные стенки 38, примыкающие к каждо-

му торцу слоев, расположены в радиальном направлении внутрь от вентиляторов (на фиг. 7А показана только одна такая стенка) вдоль поверхностного уплотнения 136, где стенки соприкасаются с торцом слоев, плюс верхняя и нижняя поверхности 36, 37, показанные на сечении и тянущиеся между вертикальными стенками, будут предотвращать байпасирование воздуха около слоев 21, 22 с помощью вентиляторов 26, остающихся в фиксированном положении. Предпочтительно каждая из стенок 38 и верхняя 36 и нижняя 37 поверхности снабжены эластомерным буфером 136, который не может контактировать с передней стороной слоя 22, но который может прижиматься вплотную к торцам слоя, когда слой 21 полностью повернулся в положение для улавливания воздуха.

На фиг. 7В показана принципиальная конструкция, где вентиляторы 326 вращаются вместе со связанными с ними монолитами 21. Для такой конструкции могут потребоваться опорные устройства для вентиляторов, чтобы быть частью кольцеобразной вращающейся системы, которые могут повышать мощность, необходимую для вращения монолитов, в частности в начальный пусковой момент, необходимый, чтобы начать вращение. Такой выбор мог бы дать возможность исключить байпасирование воздуха около слоя, поскольку уплотнения могут быть постоянными и не должны перемещаться.

На фиг. 8А, 8В и 9 показана принципиальная схема размещения вентиляторов 326 и газосборников 425, которые можно использовать даже для распределения воздуха через монолиты с применением двух вентиляторов на слой, когда высота слоев составляет 10 м.

Механические операции, которые будут необходимы для позиционирования системы, гарантирующие, что монолиты будут перемещаться в камеры и из камер с необходимой точностью, включают в себя.

Вращение двух комплектов узлов для переноса слоев по кольцеобразному направляющему устройству на опорном устройстве.

Точное размещение положения, где монолиты должны останавливаться с возможностью обеспечивать свободное перемещение монолитов в камеры регенерации и из камер регенерации, и входить в герметизирующие контакты и выходить из герметизирующих контактов со стенками для распределения воздуха и уплотнениями, если вентиляторы являются стационарными.

Удаление слоя из узла для переноса слоев, введение слоя в камеру регенерации, удаление слоя из камеры и повторная установка слоя на узле кольцеобразного направляющего устройства, при этом слой должен перемещаться вертикально. Когда камера регенерации находится на уровне грунта, в удалении слоя может не быть необходимости.

Монолиты спроектированы таким образом, чтобы между монолитами и внутренностями камеры и между слоем и опорным устройством для вентилятора находился воздухонепроницаемый уплотнитель, когда они находятся в положениях, где через слой проходит воздух. На фиг. 10 показана принципиальная конструкция системы конусного уплотнения "бок о бок", которое будет герметизировать слой, находящийся в заданных положениях либо в верхней камере регенерации (фиг. 10А), либо в нижней камере регенерации (фиг. 10В). На фиг. 10С представлен вид вертикального разреза.

Две системы уплотнителей, каждый из которых соответствует каналу 150 в камере регенерации, устанавливают вплотную ("бок о бок") на каждой опорной раме. Один канал находится в камере, и другой канал находится на узле кольцеобразного направляющего устройства, где расположен слой для удаления CO<sub>2</sub> из потока воздуха.

Каждый из каналов 150, в которых будут проходить уплотнители, также является конусообразным. Когда применяемый уплотнитель вставляется сверху, он сужен в верхней части по сравнению с каналом, который является широким в нижней части по сравнению с уплотнителем. Это приводит к способности уплотнителя вставляться в канал, по которому он будет скользить и герметизировать канал. Канал, по которому скользит уплотнитель, также является конусообразным, чтобы соответствовать конусности уплотнителя. Поскольку слой поднимается, зазор между каналом и уплотнителем уменьшается. Такая операция постепенно центрирует слой в заданном месте, и при этом также постепенно уменьшается зазор между уплотнителем и каналом. При полностью поднятом слое уплотнитель и канал имеют одинаковую ширину сверху донизу, уплотнитель герметично прилегает к каналу, создавая уплотнение, и слой расположен в точно заданном положении.

Когда уплотнитель вставляется внизу, применяют другой тип уплотнителя, который сужается в нижней части и который позволяет вставлять уплотнитель в конусообразный канал (который шире по сравнению с уплотнителем и имеет такую же конусность, как уплотнитель в более низком положении), по которому он будет скользить и герметизировать канал. Что касается операции уплотнения в направлении вверх, зазор между уплотнителем и конусообразным каналом будет уменьшаться, поскольку слой перемещается в заданное положение и центрируется в камере, создавая необходимое уплотнение. Кроме того, также имеется уплотнение, сосредоточенное между нижней частью слоя и нижней частью камеры регенерации, расположенной выше направляющего устройства, и между верхней частью слоя и верхней частью камеры регенерации, когда камера находится ниже направляющего устройства, как на фиг. 3 и 4. Когда камера регенерации находится на уровне грунта, как на фиг. 11-12, для уплотнения используют торцы или стороны слоя.

При проектировании подъемной системы для вертикального перемещения слоя либо вверх, либо

вниз, приблизительный период времени, требуемый для вертикального перемещения слоя между направляющим устройством и камерой, в случае монолитов с массой приблизительно 10000 фунтов и с размерами 5×10×1 м составляет от 30 до 120 с. Чем короче такой период времени, тем больше гибкость параметров процесса обработки, что отвечает требованиям усовершенствования способа. По указанным причинам камера регенерации на уровне грунта имеет некоторые преимущества.

#### 4.1. Характеристики сорбента и толщина слоя.

Следует понимать, что конкретные размеры и другие числовые параметры, изложенные выше, основаны на применении в качестве сорбента общеизвестного в настоящее время полиэтиленамина ("PEA"). По мере того, как будут реализовываться улучшенные сорбенты, которые способны адсорбировать более быстро и/или менее чувствительны к воздействию кислорода при повышенных температурах, могут меняться, например габаритные размеры и температуры эксплуатации, а также число слоев на одну камеру регенерации и скорость перемещения слоев по направляющему устройству.

В настоящее время перепад давления на протяжении слоя сорбента (который обычно представляет собой подложку из пористого диоксида кремния или глинозема с PEI, находящимся на ее поверхности) предпочтительно ограничивается 1 дюймом вод.ст. (H<sub>2</sub>O) и заданной в настоящее время структурой слоя сорбента; и поверхностная скорость воздуха, применяемая при проектировании (2,5 м/с в канале для свободного движения) приводит к описанной глубине (в направлении потока воздуха) слоя. Это, в свою очередь, влияет на глубину камеры. Предполагаемый перепад давления, пористость слоя, размер каналов, поверхностная скорость воздуха могут меняться в связи с изменениями сорбента и/или подложки, что в комплексе с эксплуатационными качествами сорбента может приводить к другой предпочтительной глубине слоя. Одну из усовершенствованных систем обеспечивают путем применения подложки, образованной из диоксида кремния с глиноземным покрытием и полимером на основе первичного амина, таким как поли(аллил)амин или одно из его производных, нанесенным на их поверхности.

#### 4.2. Минимальное проектное давление в камерах регенерации.

Наиболее значительно влияние выбранного минимального проектного давления будет сказываться на стоимости камер, применяемых для нагревания монолитных сорбентов. Минимальное проектное давление выбирают, исходя из возможности обеспечения такой температуры конденсации пара (парциального давления пара в камере при минимальном проектном давлении), чтобы слой охлаждался ниже температуры, при которой происходит значительная деактивация сорбента, когда он подвергается воздействию кислорода в воздушном потоке. Чем ниже давление, тем толще слой сорбента и тяжелее структуры, необходимые для упрочнения камеры. При использовании первичного полиамина, такого как поли(аллил)амин, который обычно доступен в настоящее время, предпочтительно требуется, чтобы камера с минимальным проектным давлением 0,2 бар (абсолютного давления) была большой, тяжелой и с дорогими по цене элементами оборудования даже в случае слоя с размерами приблизительно 3×5×1 м. В агрегате промышленного масштаба было бы желательно иметь слой большего размера. Однако поскольку с увеличением размера слоя повышается его масса и стоимость камеры, будет увеличиваться зависимость мощности (не линейная) от размеров камеры. Кроме того, более высокое минимальное проектное давление могло бы позволить вторичное использование тепловой энергии в большем количестве, поскольку "холодную" камеру можно нагревать до более высокой температуры, и для этого может потребоваться меньше пара атмосферного давления. Таким образом, возможность применения более высокого минимального проектного давления (т.е. выше 0,2 бар абсолютного давления) могла бы дать значительные преимущества, если применять сорбент, который не будет деактивироваться при более высокой температуре.

#### 4.3. Конструкционные материалы для камеры.

Когда камера регенерации сконструирована из углеродистой стали и нержавеющей стали, это приводит к структуре, которая является тяжелой и дорогой по цене. Другие конструкционные материалы включают в себя, например, углеродное волокно (или другой искусственный материал), которое могло бы обеспечить сокращение затрат, а также сокращение веса конструкции.

#### 4.4. Распределение воздуха внутри и снаружи монолитов.

Необходимо, чтобы поток воздуха через монолиты был по возможности равномерным. В таком контексте полезно применение канальных вытяжных вентиляторов с подходящим образом спроектированными газосборниками, чтобы направлять поток воздуха, и их применяют, например, с установками для охлаждения воздуха, работающими на основе продуктов нефтехимической переработки.

Второй фактор, связанный с распределением воздуха, включает в себя скорость выхода воздуха из кольца монолитов в десятигранной системе. В зависимости от отношения высоты слоя к его ширине скорость воздуха в струе воздуха, поднимающейся из круглого отверстия, образованного сверху относительно монолитов, может быть высокой и должна учитываться в конструкции газосборников.

#### 4.5. Применение одного выпускного газосборника с возможностью вторичного использования энергии.

Понятно, что если размер монолитов уменьшать, существует возможность использования одного очень большого канального вентилятора, установленного горизонтально в круглом отверстии сверху

относительно монолитов. Он позволил бы протягивать воздух через монолиты и затем перемещать весь воздух вертикально за пределы узла. Газосборник мог бы находиться над вентилятором, чтобы направлять воздух и предотвращать рециркуляцию. Кроме того, выпускной газосборник можно спроектировать так, чтобы до некоторой степени обеспечить вторичное использование энергии с применением небольшого сжатия и затем расширения, как это осуществляется в башнях охлаждения с размещением обычного вентилятора и газосборника. Если количество перемещаемого воздуха становится слишком большим, то такой вариант не может применяться на практике.

4.6. Применение центральной  $\text{CO}_2$ -газодувки и установки для конденсации (пара) и количество конденсаторов, необходимое перед  $\text{CO}_2$ -газодувкой.

В существующей в настоящее время конструкции конденсатор 240 расположен до  $\text{CO}_2$ -газодувки 225. Он удаляет воду и уменьшает паровую нагрузку на газодувку. Альтернативно можно применять одну центральную установку для конденсации (пара); которая могла бы обрабатывать все потоки готового  $\text{CO}_2$ -продукта из всех единичных элементов в многочисленных парах системы. Это могло бы уменьшить сложность систем и снизить затраты. Однако издержками такого выбора может быть то, что каждая  $\text{CO}_2$ -газодувка должна быть спроектирована для обработки потока влажного пара с более высокой пропускной способностью. Следует проводить оценку каждой системы с целью определения наиболее экономически целесообразного выбора.

4.7. Применение центрального вакуумного насоса для удаления  $\text{CO}_2$ .

Во время сброса давления в системе и переноса тепла из "горячей" камеры регенерации в "холодную" камеру регенерации, применяют вакуумный насос 230 для удаления  $\text{CO}_2$ . В приведенной предпочтительной конструкции вакуумный насос соединен с каждой камерой регенерации. При определенных обстоятельствах один вакуумный насос для удаления  $\text{CO}_2$  может обслуживать обе камеры в двухкольцевой системе. Кроме того, можно применять один большой вакуумный насос для удаления  $\text{CO}_2$ , обслуживающий несколько систем. Уменьшение числа вакуумных насосов должно снижать капитальные затраты, связанные с системой.

Предпочтительно применение насоса жидкостно-кольцевого типа, как представляется, может быть выгодным, поскольку любой образующийся конденсат будет находиться в жидкостно-кольцевой системе и более легко удаляться.

4.8. Удаление слоя/замена сорбента.

Монолиты с сорбентом будут эксплуатироваться в течение всего процесса. Это может включать в себя работы по техническому обслуживанию систем для перемещения слоя (как вращательного, так и вертикального перемещения), замену сорбента, профилактический осмотр и т.д. Такие работы можно проводить в отношении монолитов в рабочем положении, или они могут потребовать удаления монолитов из узла. Удаление монолитов обеспечивают путем установки второй подъемной системы, которая может затем выводить монолиты из направляющего устройства для доступа к ним. Альтернативно монолиты могут быть спроектированы с возможностью удаления с применением подъемного крана. Возможны другие варианты выбора.

С учетом вышеизложенного описания можно полагать, что для специалистов в данной области техники станут очевидными различные другие способы функционирования систем с множеством слоев для удаления диоксида углерода из газовой смеси в соответствии с принципами данной заявки, включая применение многих общеизвестных стадий и компонентов, которые хорошо известны или станут хорошо известными и могут применяться при осуществлении настоящего изобретения не сами по себе, а как часть изобретения. Объем настоящего изобретения должен определяться только в соответствии с объемом следующей формулы изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система для удаления диоксида углерода из смеси газов, содержащей диоксид углерода, причем смесь газов, содержащая диоксид углерода, выбирается из группы, состоящей из окружающего воздуха и смесей с большой по объему частью окружающего воздуха и с менее значительной по объему частью топочного газа, система содержит:

две группы отдельных структур для удаления диоксида углерода, причем каждая отдельная структура для удаления диоксида углерода в каждой группе содержит пористую твердую подложку, поддерживаемую структурой для удаления, причем каждая пористая подложка содержит сорбент, поддерживаемый ее поверхностями; при этом сорбент способен адсорбировать или связывать диоксид углерода для удаления диоксида углерода из смеси газов; замкнутую непрерывную ленточную опору для каждой группы структур для удаления диоксида углерода; и герметизируемую камеру регенерации в одном месте вдоль каждой из замкнутых ленточных опор, причем каждая замкнутая непрерывная ленточная опора и группа отдельных структур для удаления диоксида углерода, поддерживаемая на ней, расположены таким образом, чтобы обеспечивать перемещение отдельных структур для удаления диоксида углерода каждой группы по замкнутой петле относительно герметизируемой камеры регенерации и обеспечивать воздействие потоком смеси газов, содержащей диоксид углерода, на отдельные структуры для удаления

диоксида углерода и при перемещении вблизи герметизируемой камеры регенерации она перемещается в герметизируемую камеру регенерации, в которой структура для удаления диоксида углерода может быть герметично расположена; при этом герметизируемая камера регенерации дополнительно содержит герметизируемую трубу, соединяющую камеру регенерации с источником технологического пара, и трубу, соединенную с откачивающим насосом для удаления газов из камеры регенерации; причем каждая из структур для удаления диоксида углерода поддерживает пористые подложки в положении вдоль замкнутой ленточной опоры за пределами камеры регенерации, чтобы подложка подвергалась воздействию потока смеси газов, содержащей диоксид углерода, для удаления  $\text{CO}_2$  из смеси газов;

число структур для удаления диоксида углерода относительно числа камер регенерации определяется непосредственно отношением времени адсорбции (для удаления  $\text{CO}_2$  из смеси газов) к времени регенерации (для выделения  $\text{CO}_2$  из сорбента на пористой подложке); причем время адсорбции представляет собой время, необходимое для адсорбции  $\text{CO}_2$  из смеси газов на сорбенте от базового уровня до желательного уровня на сорбенте, и время регенерации представляет собой время выделения  $\text{CO}_2$  от желательного уровня обратно к базовому уровню на сорбенте, так что отношение между числом герметизируемых камер регенерации и числом структур для удаления диоксида углерода может быть легко определено.

2. Система по п.1, в которой каждая из двух групп структур для удаления диоксида углерода содержит одну камеру регенерации и от пяти до десяти структур для удаления диоксида углерода.

3. Система по п.1, в которой каждая из камер регенерации и структур для удаления диоксида углерода дополнительно содержит взаимодействующие между собой уплотнители для текучих сред, так что когда структура для удаления диоксида углерода удерживается в камере регенерации, образуются непроницаемые для текучих сред уплотнители.

4. Система по п.1, дополнительно содержащая герметизируемое соединение по текучей среде между каждой камерой регенерации и откачивающим насосом для уменьшения атмосферного давления внутри герметизируемой камеры регенерации после того, как структура для удаления диоксида углерода герметизирована в камере регенерации.

5. Система по п.4, дополнительно содержащая герметизируемое соединение по текучей среде между каждой из камер регенерации и источником технологического горячего пара для каждой камеры регенерации; и герметизируемое соединение по текучей среде между каждой камерой регенерации и камерой для сбора  $\text{CO}_2$ .

6. Система по п.1, в которой камера регенерации для каждой группы структур для удаления диоксида углерода расположена на другом по вертикали уровне, чем структуры для удаления диоксида углерода, дополнительно содержащая подъемное устройство для вертикального перемещения структуры для удаления диоксида углерода из непрерывной ленты в герметизируемое положение в камере регенерации и из указанного положения в камере регенерации и обратно к непрерывной ленточной опоре.

7. Система по п.2, которая дополнительно содержит вентиляторы для всасывания воздуха окружающей среды для подмешивания в топочный газ с высокой концентрацией  $\text{CO}_2$  для создания потока смеси газов, содержащей диоксид углерода, через каждую из структур для удаления диоксида углерода, чтобы обеспечить сорбенту возможность адсорбировать  $\text{CO}_2$  из смеси газов.

8. Система по п.1, дополнительно содержащая герметизируемую трубу для текучей среды между двумя камерами регенерации, и при этом вращательное перемещение каждой из двух групп структур для удаления диоксида углерода смещено таким образом, что структура для удаления диоксида углерода входит в одну из камер регенерации после начала регенерации структуры для удаления диоксида углерода в другой камере регенерации.

9. Система по п.7, в которой вентиляторы являются стационарными и размещены в положениях, направленных радиально внутрь непрерывной ленточной опоры таким образом, что когда одна из структур для удаления диоксида углерода в группе структур для удаления диоксида углерода находится в камере регенерации для такой группы, каждая из других структур для удаления диоксида углерода находится в герметичном положении с одним из вентиляторов, чтобы принимать поток смеси газов, содержащей диоксид углерода.

10. Система по п.7, в которой вентиляторы расположены в радиальном направлении внутрь направляющего устройства в виде замкнутой кривой и каждый из вентиляторов прикреплен к одной из структур для удаления диоксида углерода так, чтобы перемещаться по замкнутой кривой вместе со своей структурой для удаления диоксида углерода.

11. Способ удаления диоксида углерода из смеси газов, содержащей диоксид углерода, с использованием системы по п.1, причем смесь газов, содержащая диоксид углерода, выбирается из группы, состоящей из окружающего воздуха и смесей с большой по объему частью окружающего воздуха и с менее значительной по объему частью топочного газа, способ содержит этапы, на которых:

перемещают каждую из по меньшей мере двух групп структур для удаления диоксида углерода по одной из по меньшей мере двух замкнутых непрерывных петель, при этом подвергаясь потоку смеси газов, содержащей диоксид углерода, причем каждая структура для удаления диоксида углерода в каждой группе содержит пористую твердую подложку, поддерживаемую структурой, причем каждая пористая

подложка содержит сорбент, поддерживаемый на ее поверхностях, причем сорбент способен адсорбировать или связывать диоксид углерода для удаления диоксида углерода из смеси газов;

герметично размещают структуры для удаления диоксида углерода в герметизируемой камере регенерации, расположенной в одном месте вдоль каждой из непрерывных петель таким образом, что когда структура для удаления диоксида углерода герметично расположена в герметизируемой камере регенерации, сорбированный на сорбенте диоксид углерода выделяется из сорбента и улавливается, и сорбент регенерируется;

каждая из структур для удаления диоксида углерода, поддерживающая пористые подложки на замкнутой непрерывной петле, расположена в таком положении, чтобы сорбент подвергался воздействию потока смесей газов, содержащих диоксид углерода, при температуре окружающей среды для обеспечения удаления  $\text{CO}_2$  из смеси газов сорбентом, и когда структура для удаления диоксида углерода размещена в камере регенерации, сорбент подвергают обработке технологическим теплом при температуре менее  $130^\circ\text{C}$  для выделения  $\text{CO}_2$  из сорбента; число структур для удаления диоксида углерода относительно числа камер регенерации определяют непосредственно отношением времени адсорбции (для удаления  $\text{CO}_2$  из смеси газов путем адсорбции на пористой подложке) к времени регенерации (для выделения  $\text{CO}_2$  из сорбента на пористой подложке), причем время адсорбции представляет собой время, необходимое для адсорбции  $\text{CO}_2$  из смеси газов на сорбенте от базового уровня до желательного уровня на сорбенте, а время регенерации представляет собой время, необходимое для выделения  $\text{CO}_2$  от желательного уровня на сорбенте обратно до базового уровня на сорбенте.

12. Способ по п.11, в котором каждая из двух групп структур для удаления диоксида углерода содержит от пяти до десяти структур для удаления диоксида углерода, и при этом две камеры регенерации размещены смежно друг с другом.

13. Способ по п.12, дополнительно содержащий снижение атмосферного давления в герметизируемой камере регенерации после того, как структура для удаления диоксида углерода герметично расположена в камере регенерации, но до нагрева сорбента технологическим теплом.

14. Способ по п.13, причем сорбент нагревается технологическим теплом за счет пропускания технологического горячего пара при температуре не более  $130^\circ\text{C}$  в камеру регенерации после снижения в камере регенерации атмосферного давления для выделения  $\text{CO}_2$ ; и пропускание выделенного  $\text{CO}_2$  из камеры регенерации в камеру сбора  $\text{CO}_2$ .

15. Способ по п.11, в котором камера регенерации для каждой группы структур для удаления диоксида углерода расположена на другом по вертикали уровне, чем непрерывная ленточная структура, и дополнительно содержащий вертикальное перемещение структуры для удаления диоксида углерода в герметизируемое положение в камере регенерации и из герметизируемого положения в камере регенерации.

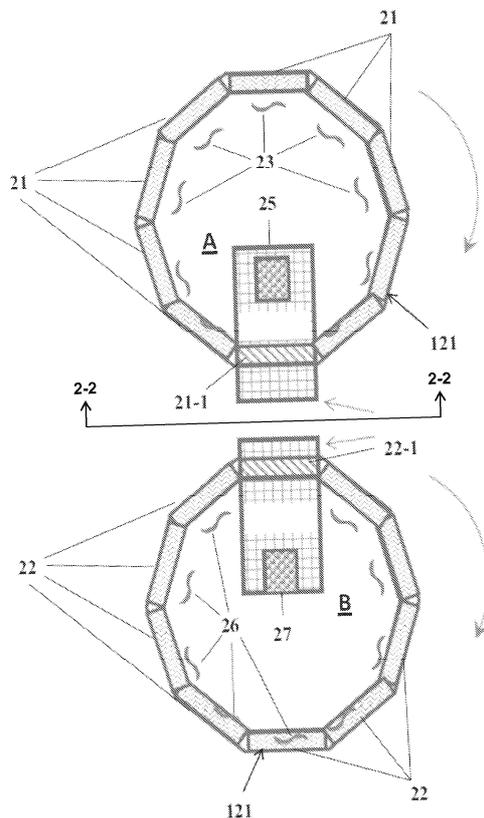
16. Способ по п.13, в котором перемещение каждой из двух групп структур для удаления диоксида углерода смещается таким образом, что структура для удаления диоксида углерода входит во вторую из камер регенерации после начала регенерации структуры для удаления диоксида углерода в первой камере регенерации.

17. Способ по п.16, дополнительно содержащий снижение атмосферного давления во второй камере регенерации до заданного давления; открытие герметизированного соединения между двумя камерами регенерации после завершения указанной регенерации структуры для удаления диоксида углерода в первой камере регенерации таким образом, чтобы выводить пар, оставшийся в первой камере регенерации, для предварительного нагрева второй камеры регенерации и охлаждения структуры для удаления диоксида углерода в первой камере регенерации; и возвращение охлажденной структуры для удаления диоксида углерода из первой камеры регенерации снова на непрерывное ленточное устройство, и возобновление такого цикла, поскольку структуры для удаления диоксида углерода перемещаются по непрерывному ленточному устройству и циклически возвращаются в камеру регенерации.

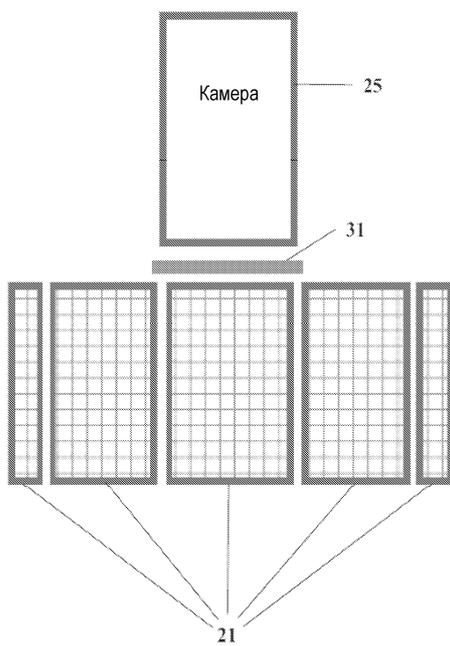
18. Способ по п.17, в котором пар, входящий в каждую камеру регенерации, находится при температуре не более чем приблизительно  $120^\circ\text{C}$ .

19. Способ по п.18, в котором вторую камеру регенерации предварительно нагревают до температуры не более чем приблизительно  $60^\circ\text{C}$ , и первую камеру регенерации охлаждают до температуры ниже температуры, при которой сорбент подвергается деактивации при контакте с кислородом.

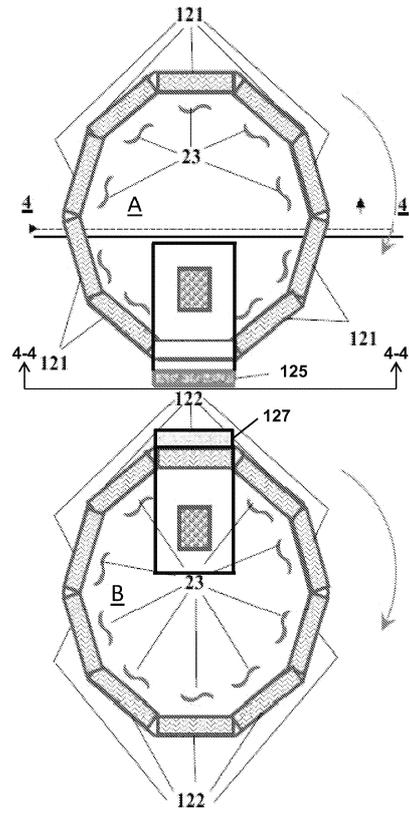
20. Способ по п.14, в котором сорбент представляет собой полимер на основе первичного амина.



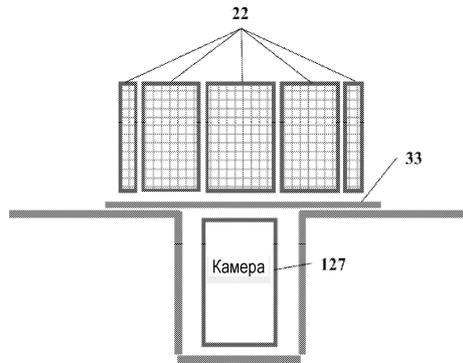
Фиг. 1



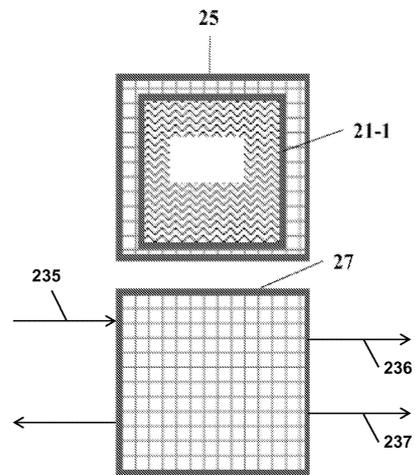
Фиг. 2



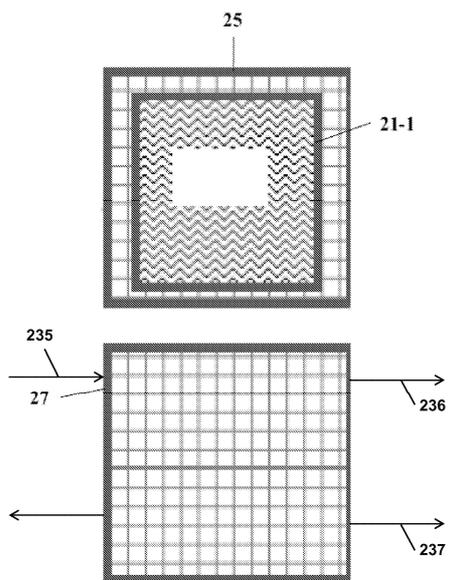
Фиг. 3



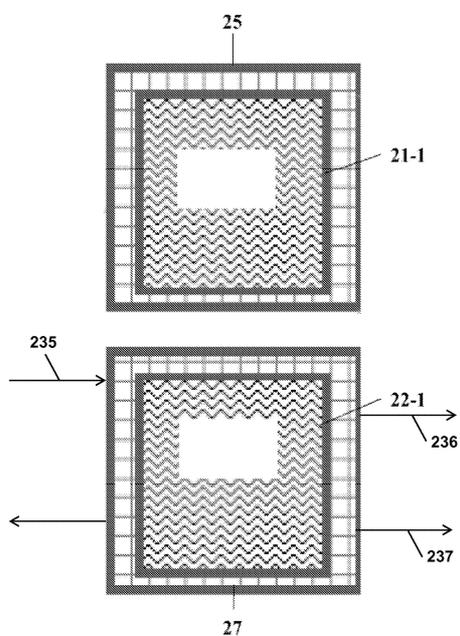
Фиг. 4



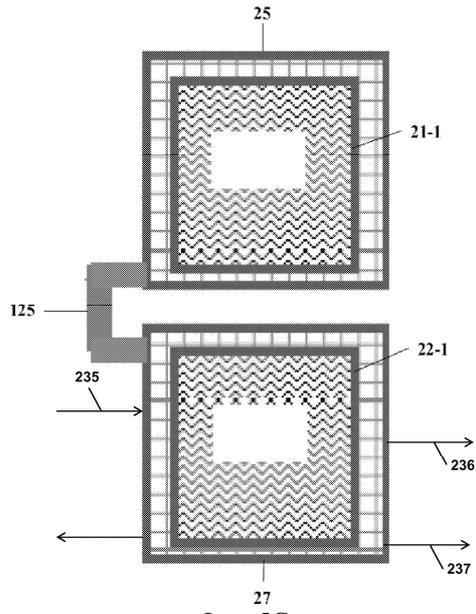
Фиг. 5



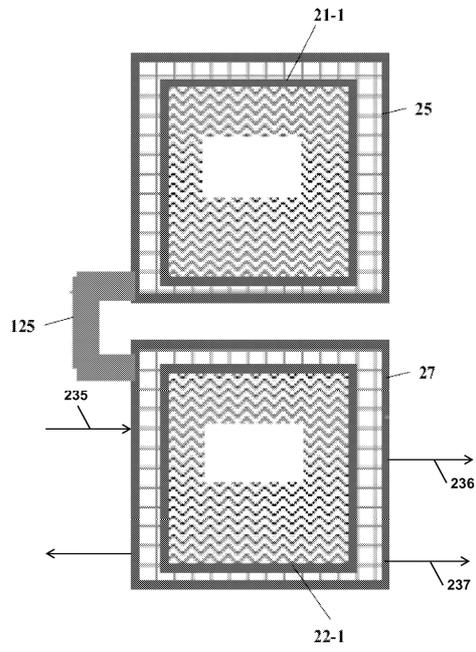
Фиг. 5А



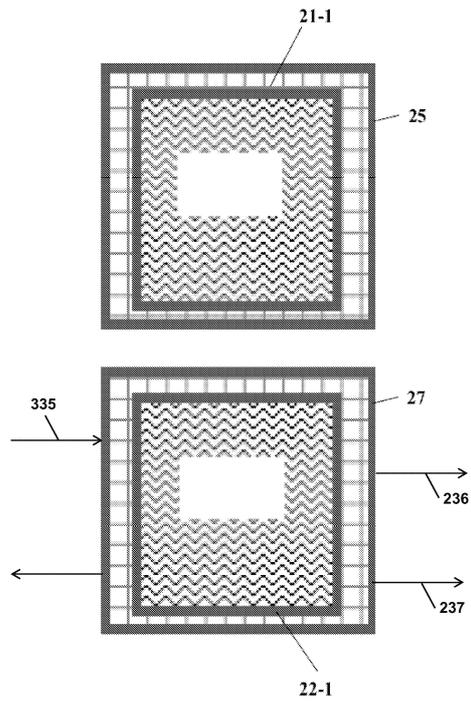
Фиг. 5В



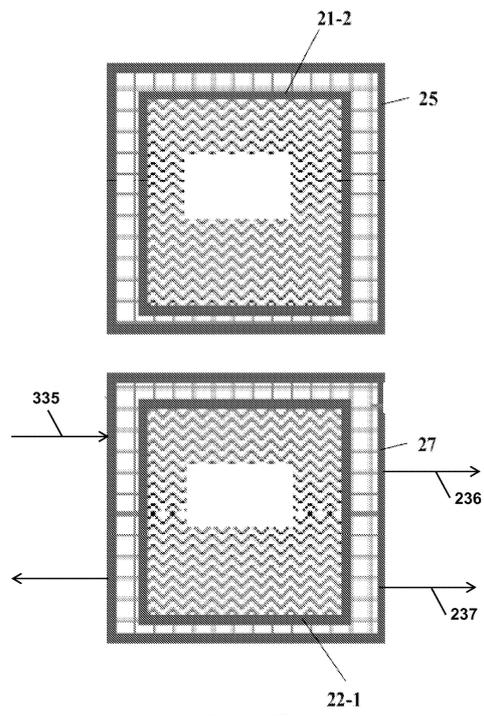
Фиг. 5С



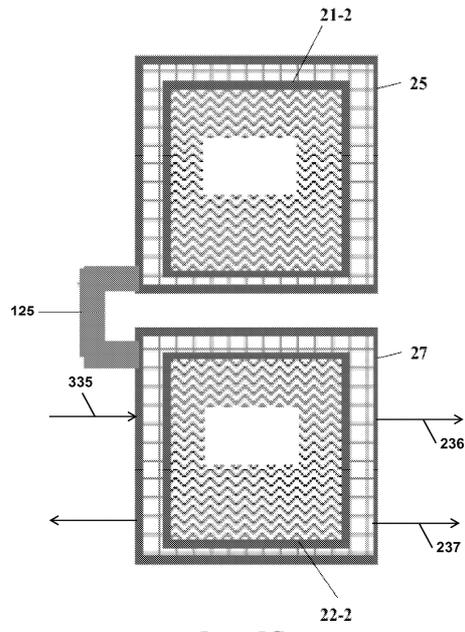
Фиг. 5D



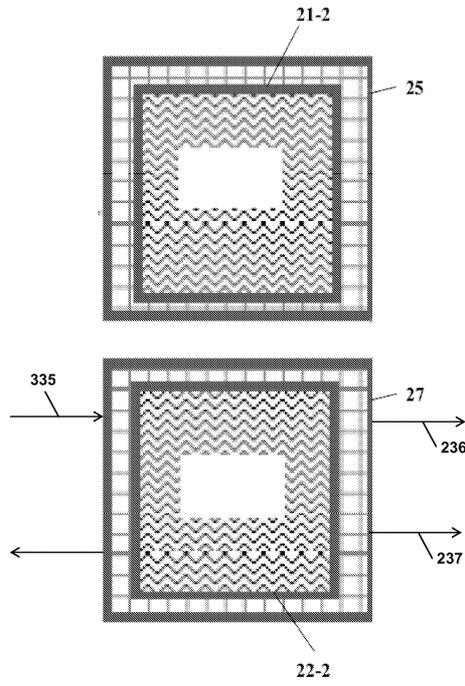
Фиг. 5Е



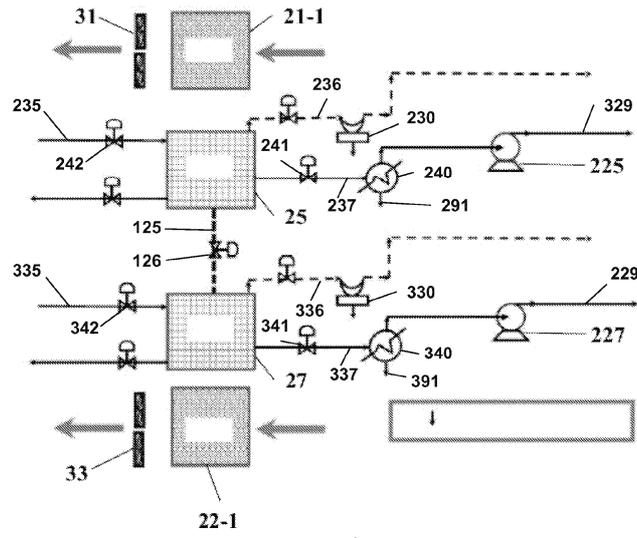
Фиг. 5F



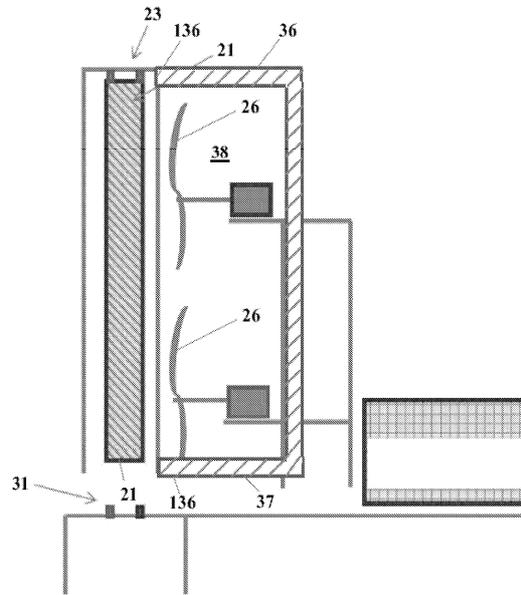
Фиг. 5G



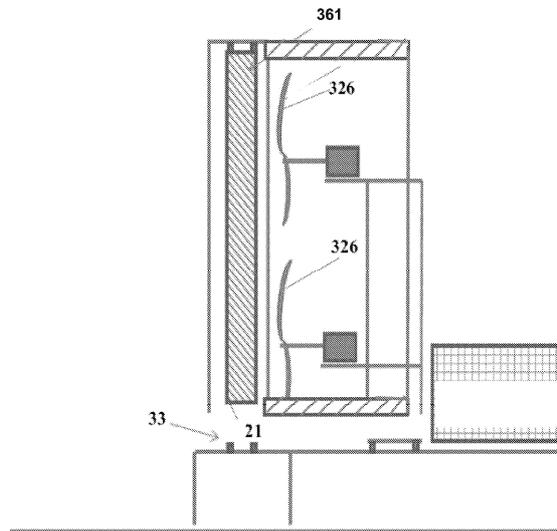
Фиг. 5H



Фиг. 6

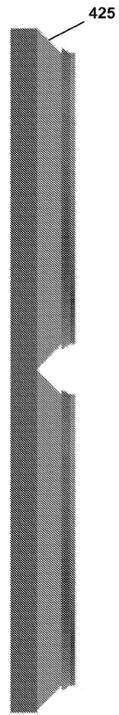


Фиг. 7А

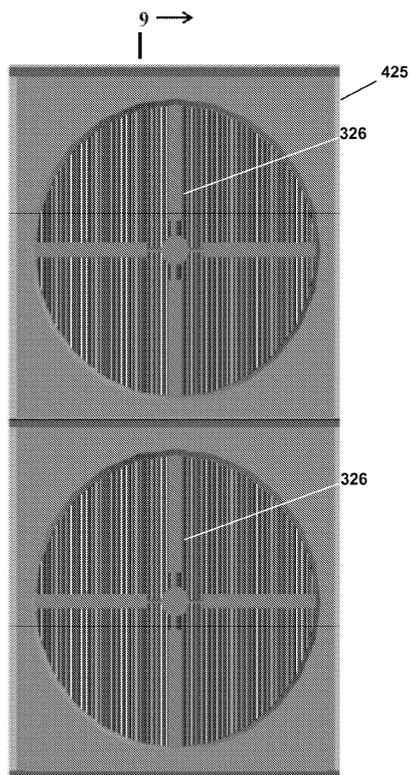


Фиг. 7В

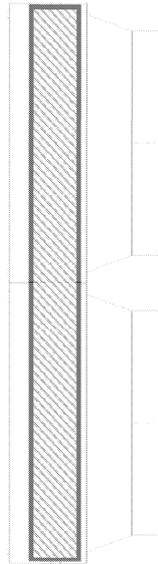
040334



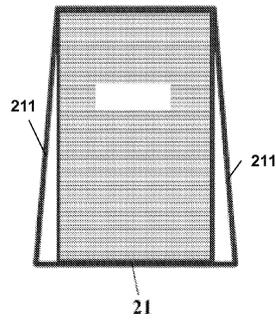
Фиг. 8А



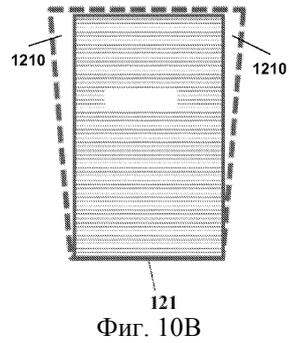
Фиг. 8В



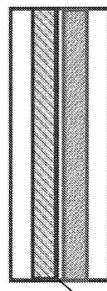
Фиг. 9



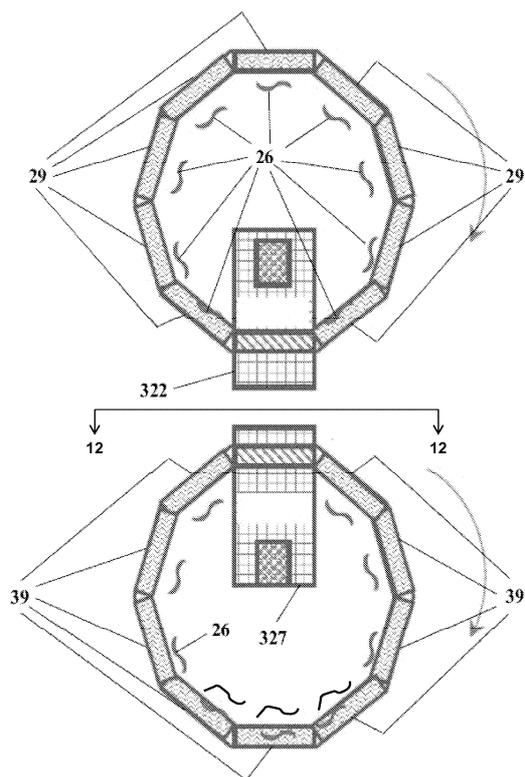
Фиг. 10А



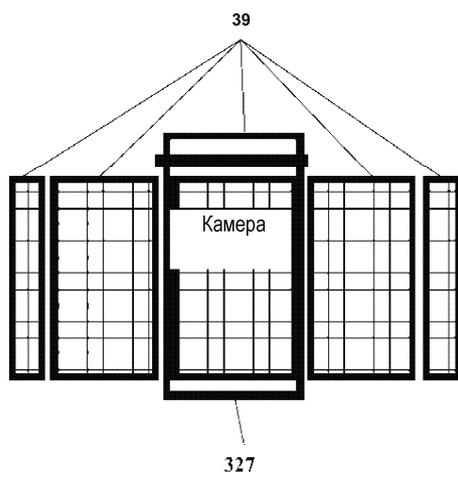
Фиг. 10В



Фиг. 10С



Фиг. 11



Фиг. 12

