

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035118**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.04.29

(21) Номер заявки
201790762

(22) Дата подачи заявки
2017.04.28

(51) Int. Cl. **B01D 53/00** (2006.01)
B01D 53/22 (2006.01)
C01B 23/00 (2006.01)
F25J 3/06 (2006.01)

(54) **СПОСОБ И ПРОМЫШЛЕННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕЛИЯ ИЗ СОДЕРЖАЩЕГО ГЕЛИЙ ИСХОДНОГО ГАЗА**

(31) **16000961.9**

(32) **2016.04.28**

(33) **EP**

(43) **2017.10.31**

(56) RU-U1-122907
RU-U1-122587
RU-C1-2478569
RU-C1-2443461
US-A1-20140243574

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ЛИНДЕ АКЦИЕНГЕЗЕЛЬШАФТ
(DE)**

(72) Изобретатель:
**Келлер Тобиас, Восс Кристиан, Байер
Мартин, Енневайн Франк (DE)**

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Черкас Д.А., Игнатьев А.В., Путинцев
А.И. (RU)**

(57) Изобретение относится к способу получения гелия из содержащего гелий исходного газа (2), включающему следующие стадии: подача (ST1) содержащего гелий исходного газа (2) в блок (3) предварительной очистки, при этом из содержащего гелий исходного газа (2) удаляют нежелательные компоненты посредством способа адсорбции при переменном давлении с помощью блока (3) предварительной очистки с получением предварительно очищенного исходного газа (6); подача (ST2) предварительно очищенного исходного газа (6) в мембранный блок (4), который присоединен ниже по потоку к блоку (3) предварительной очистки и содержит по меньшей мере одну мембрану (8, 15), которая является более легко проницаемой для гелия, чем для по меньшей мере одного другого компонента, присутствующего в предварительно очищенном исходном газе (6); подача (ST3) из мембранного блока (4) находящегося под давлением потока (18) ретентата с низким содержанием гелия, который не прошел через по меньшей мере одну мембрану (8, 15), в блок (3) предварительной очистки и вытеснение (ST4) обогащенного гелием газа посредством находящегося под давлением потока (18) ретентата с низким содержанием гелия из подлежащего регенерации адсорбера (E2B, E3B), в блоке (3) предварительной очистки в уже регенерированный адсорбер (R2, R3) блока (3) предварительной очистки.

035118
B1

035118
B1

Изобретение относится к способу и промышленной установке для получения гелия из содержащего гелий исходного газа.

Гелий имеет большое значение во многих областях применения, но, как правило, он встречается лишь в низкой концентрации, например в природном газе или в продувочных газах из различных производственных процессов. Поскольку гелий является исчерпаемым сырьевым материалом, способы, с помощью которых можно получать или извлекать гелий, приобретают все возрастающее экономическое значение. Перспективными новыми способами являются мембранные способы или мембранные способы в сочетании со способами адсорбции при переменном давлении, которые позволяют обеспечить недорогое и надежное получение гелия высокой чистоты. В данном случае необходимо, чтобы мембраны были защищены от нежелательных компонентов, которые могут отрицательно влиять на эксплуатационные характеристики и срок службы мембран, посредством соответствующей предварительной обработки исходного газа. Нежелательными компонентами являются, например, высшие углеводороды (ВУВ), вода (H_2O), сульфид водорода (H_2S) или диоксид углерода (CO_2).

Обычно предварительную обработку исходного газа, т.е. удаление нежелательных компонентов, осуществляют посредством сложных технологических стадий, например посредством мокрой очистки, адсорбции при переменной температуре, применения криогенного блока или сочетания вышеуказанных способов предварительной обработки. В связи с этим, а также из-за значительных капитальных затрат, для разработки и обеспечения агента мокрой очистки, теплоты для регенерации или охлаждения требуются значительные затраты и неудобства.

В US 2014/0243574 A1 описан способ получения гелия из исходного газа. В данном способе исходный газ направляют на первую ступень мембранной сепарации. Это обеспечивает разделение исходного газа на первый поток пермеата, имеющий высокое содержание гелия и первый поток ретентата. Первый поток пермеата объединяют с третьим потоком пермеата выше по потоку от компрессора и после сжатия направляют на вторую ступень мембранной сепарации. Это обеспечивает разделение сжатого газа на второй поток пермеата и второй поток ретентата. Второй поток ретентата направляют на третью ступень мембранной сепарации, где его разделяют на третий поток пермеата и третий поток ретентата. Затем первый и третий потоки ретентата объединяют, чтобы образовать поток природного газа.

В US 2015/0182908 A1 описан способ разделения газовой смеси, содержащей небольшую долю первого газа и основную долю второго газа. Первую газовую смесь отделяют с помощью первой ступени мембранной сепарации на первый пермеат и первый ретентат. На второй ступени мембранной сепарации вторую газовую смесь разделяют на второй пермеат и второй ретентат, при этом первый газ легче проходит ступени мембранной сепарации по сравнению со вторым газом. Второй пермеат разделяют на первую часть и вторую часть, причем первая часть второго пермеата образует первый газообразный продукт, в котором основную долю составляет первый газ, а второй ретентат образует второй газообразный продукт, в котором основную долю составляет второй газ. Первый пермеат сжимают совместно со второй частью посредством компрессора, чтобы сформировать вторую газовую смесь. Первую газовую смесь получают посредством объединения второго ретентата с исходным газом.

Исходя из уровня техники, одной задачей, решаемой настоящим изобретением, является обеспечение усовершенствованного способа.

Соответственно предложен способ получения гелия из содержащего гелий исходного газа. Способ включает следующие стадии: подачу содержащего гелий исходного газа в блок предварительной очистки, при этом из содержащего гелий исходного газа удаляют нежелательные компоненты посредством способа адсорбции при переменном давлении с помощью блока предварительной очистки с получением предварительно очищенного исходного газа; подачу предварительно очищенного исходного газа в мембранный блок, который присоединен ниже по потоку к блоку предварительной очистки и содержит по меньшей мере одну мембрану, которая является более легко проницаемой для гелия, чем для по меньшей мере одного другого компонента, присутствующего в предварительно очищенном исходном газе; подачу из мембранного блока находящегося под давлением потока ретентата с низким содержанием гелия, который не прошел через по меньшей мере одну мембрану, в блок предварительной очистки, и вытеснение обогащенного гелием газа посредством находящегося под давлением потока ретентата с низким содержанием гелия из подлежащего регенерации адсорбера в блоке предварительной очистки в уже регенерированный адсорбер блока предварительной очистки.

Главным образом, под удалением нежелательных компонентов из содержащего гелий исходного газа при адсорбции при переменном давлении с помощью блока предварительной очистки следует понимать, что нежелательные компоненты полностью или частично удаляют из содержащего гелий исходного газа. Под пермеатом понимают часть потока газа, которая проходит через мембрану, а ретентат представляет собой часть потока газа, которая удерживается мембраной. Исходный газ также называют технологическим газом. Исходный газ предпочтительно имеет высокое давление, например 4 МПа абс. (40 бар абс). Исходный газ, например, может представлять собой природный газ или продувочный газ из другого производственного процесса. Блок предварительной очистки подходит для выполнения способа предварительной очистки адсорбцией при переменном давлении (ПО АПД). Поэтому блок предварительной очистки также называют блоком ПО АПД. Вытеснение обогащенного гелием газа из подлежа-

шего регенерации адсорбера посредством находящегося под давлением потока ретентата с низким содержанием гелия следует понимать так, что обогащенный гелием газ вытесняют из подлежащего регенерации адсорбера с помощью находящегося под давлением потока ретентата с низким содержанием гелия и нагнетают в уже регенерированный адсорбер. Это происходит под высоким давлением потока пермеата с низким содержанием гелия. Обогащенный гелием газ отличается по составу от содержащего гелий исходного газа, благодаря проведению операций сорбции и снижения давления в Е циклах.

В способе адсорбции при переменном давлении (АПД) используют специальные пористые материалы, такие как цеолиты или активированный уголь, в качестве адсорбентов в адсорберах. В данном случае эффект разделения может возникать, исходя из трех различных принципов, а именно разделение может быть основано на равновесной адсорбции, на кинетической адсорбции или на ситовом эффекте (стерическом эффекте). В первом случае один из разделяемых компонентов более сильно адсорбируется, чем другой, в результате чего происходит обогащение менее адсорбируемым компонентом. Во втором случае определенные молекулы проникают в пористую структуру адсорбента быстрее. Если газовая смесь протекает через адсорбент в слое реактора, компоненту, который проникает через поры хуже, требуется меньше времени для обтекания и, следовательно, он быстрее достигает выхода из слоя реактора. В третьем случае адсорбируются только те молекулы, которые имеют меньший диаметр, чем диаметр пор адсорбента. Молекулы, которые имеют больший диаметр, чем диаметр пор адсорбента, проходят через слой адсорбента.

В способе АПД поток исходного газа вводят при повышенном давлении в реактор с неподвижным слоем, заполненный адсорбентом, так что поток протекает через него. При этом нежелательные компоненты адсорбируются из потока исходного газа. На выходе из адсорбера полученный компонент может быть отведен в концентрированной форме. Через некоторое время слой адсорбера очень сильно насыщается и часть нежелательных компонентов также выходит. В этот момент с помощью клапанов процесс переключают так, что входящий поток исходного газа в насыщенный адсорбер прекращают и вместо этого направляют в регенерированный адсорбер, из которого затем получают газообразный продукт. Насыщенный адсорбер подлежит регенерации, прежде чем он снова сможет принимать исходный газ и также формировать газообразный продукт. Адсорбер предпочтительно регенерируют при минимальном давлении, что подразумевает, что в адсорбере, насыщенном при повышенном давлении, необходимо снизить давление перед регенерацией. По мере снижения давления выход целевого компонента возрастает, так что в особенности первую часть снижения давления осуществляют посредством отбора верхнего погона в регенерированный адсорбер. Таким образом, обогащенный гелием газ из насыщенного адсорбера, который находится в верхней области слоя адсорбента насыщенного адсорбера, из-за фронтов и областей концентрации, которые образуются над слоем адсорбента в ходе фазы адсорбции, хранят в регенерированном адсорбере и, следовательно, извлекают. При низком давлении адсорбер регенерируют, и это означает, что адсорбированный газ снова десорбируется и поступает на выход. По меньшей мере два сменяющих друг друга насыщенный и ненасыщенный адсорберы обеспечивают непрерывную работу. Чтобы вытеснить избыток десорбированных нежелательных компонентов из слоя адсорбера, часть целевого компонента обычно используют для продувки.

Посредством использования блока ПО АПД исходный газ предварительно обрабатывают всего за одну технологическую стадию, в результате чего возможно отказаться от применения стандартных и сложных стадий предварительной обработки, например операции мокрой очистки, адсорбции при переменной температуре (АПТ) или использования криогенного блока. Мембраны мембранного блока защищают от заполнения или загрязнения нежелательными компонентами. Посредством использования находящегося под давлением потока ретентата мембранного блока в блоке ПО АПД возможно снизить потери целевого компонента в блоке ПО АПД до минимума, и таким образом, эти потери составляют величину того же порядка, что и в случае вышеуказанных стандартных способов предварительной обработки исходного газа. Более того, посредством использования находящегося под давлением потока ретентата в блоке ПО АПД достигают, по меньшей мере, частичного извлечения целевого компонента, присутствующего в ретентате, и следовательно, дополнительного увеличения общего выхода. Целевой компонент также называют ценным компонентом. Целевой компонент предпочтительно представляет собой гелий.

В одном воплощении первый поток пермеата в мембранный блок подают в устройство Не АПД, с помощью которого первый поток пермеата очищают вплоть до чистоты гелия более 99,0 об. %.

Таким путем возможно достичь особенно высокой чистоты ценного компонента.

В еще одном воплощении находящийся под давлением поток ретентата с низким содержанием гелия имеет давление от 3,5 до 4 МПа абс. (от 35 до 40 бар абс.), предпочтительно от 3,6 до 3,9 МПа абс. (от 36 до 39 бар абс.), еще более предпочтительно 3,7 МПа абс. (37 бар абс.).

В результате этого возможно использование потока ретентата в адсорберах блока предварительной очистки. Можно обойтись без сжатия потока ретентата с помощью дополнительного компрессора. В результате возможно сэкономить расходы. Единицы в бар абс. в данном случае относятся к абсолютному давлению. Предпочтительный диапазон давления исходного газа находится в пределах от 0,5 до 6 МПа абс. (от 5 до 60 бар абс.). Давление потока ретентата, который используют в блоке предварительной очистки при операции ЕВ и для возможного повышения давления с помощью ретентата при операциях R1

и/или R_0 , в принципе должно быть главным образом насколько возможно высоким, т.е. насколько возможно близким по величине к давлению исходного газа (например, 70% от давления исходного газа, предпочтительно 80% от давления исходного газа, более предпочтительно 90% от давления исходного газа). Для возможной регенерации с помощью ретентата, более конкретно, только давление ретентата от 1 до 10% от давления исходного газа является достаточным, поскольку продувку в адсорбере осуществляют при низком давлении, предпочтительно при приблизительно 0,15 МПа абс. (1,5 бар абс.). Более конкретно, давление ретентата также может составлять от 1 до 5%, предпочтительно от 1 до 20% от давления исходного газа.

В другом воплощении находящийся под давлением поток ретентата с низким содержанием гелия представляет собой обогащенный азотом поток или находящийся под давлением поток ретентата с низким содержанием гелия представляет собой обогащенный метаном поток.

Обогащенный азотом поток имеет низкое содержание нежелательных компонентов. Обогащенный азотом поток может поглощать десорбированные нежелательные компоненты из регенерируемого адсорбера. При извлечении гелия из природного газа находящийся под давлением поток ретентата с низким содержанием гелия представляет собой обогащенный метаном поток.

В еще одном воплощении по меньшей мере один другой компонент, присутствующий в предварительно очищенном исходном газе, представляет собой азот.

Более конкретно, мембраны мембранного блока выполнены так, что гелий диффундирует через них легче, чем азот. Предварительно очищенный исходный газ также может включать другие компоненты.

В еще одном воплощении нежелательные компоненты включают диоксид углерода, высшие углеводороды, диоксид серы и/или воду.

Удаление этих нежелательных компонентов предотвращает повреждение и/или ухудшение эксплуатационных характеристик мембран мембранного блока. Это повышает срок службы мембранного блока и снижает затраты на техническое обслуживание.

В еще одном воплощении находящийся под давлением поток ретентата с низким содержанием гелия используют для регенерации адсорбера, подлежащего регенерации, в блоке предварительной очистки, и/или находящийся под давлением поток ретентата с низким содержанием гелия используют для повышения давления в адсорбере, в котором требуется его повысить, в блоке предварительной очистки.

Это обеспечивают в силу того, что поток ретентата является потоком с низким содержанием нежелательных компонентов. Регенерацию или продувку адсорбера предпочтительно осуществляют при низком давлении.

В другом воплощении используют только часть находящегося под давлением потока ретентата с низким содержанием гелия.

Другую часть потока ретентата можно утилизировать термическим способом, например, в частности сжиганием.

В еще одном воплощении вытеснению обогащенного гелием газа посредством находящегося под давлением потока ретентата с низким содержанием гелия предшествует выпуск обогащенного гелием газа из подлежащего регенерации адсорбера в уже регенерированный адсорбер.

В конце адсорбции значительная доля ценного компонента все еще присутствует в подлежащем регенерации адсорбере. Если это вообще возможно, эта доля не должна быть потеряна, но ее следует извлекать, чтобы повысить выход блока ПО АПД. Для этой цели из подлежащего регенерации адсорбера предпочтительно выпускают газ через клапан вверху в уже регенерированный адсорбер и таким образом сохраняют определенную часть целевого компонента, присутствующего в подлежащем регенерации адсорбере, в уже регенерированном адсорбере.

В другом воплощении с помощью мембранного блока на первой ступени мембранной сепарации получают первый находящийся под давлением поток ретентата с низким содержанием гелия и на второй ступени мембранной сепарации из первого находящегося под давлением потока ретентата с низким содержанием гелия получают второй находящийся под давлением поток ретентата с низким содержанием гелия, причем последний подают в блок предварительной очистки.

Мембранный блок может содержать любое количество ступеней мембранной сепарации, например, две. Поток ретентата с каждой ступени мембранной сепарации можно направлять в блок ПО АПД. Например, поток ретентата с последней ступени мембранной сепарации направляют в блок ПО АПД.

В еще одном воплощении первый поток обогащенного гелием пермеата получают на первой ступени мембранной сепарации и подают в устройство Не АПД мембранного блока для отделения потока обогащенного гелием газообразного продукта.

Первый поток пермеата может иметь содержание гелия более 30 об.%. Устройство Не АПД предпочтительно предназначено для разделения первого потока пермеата на поток газообразного продукта высокой чистоты и поток продувочного газа посредством адсорбции при переменном давлении (АПД). Поток газообразного продукта может иметь содержание гелия свыше 99,0 об.%.
В еще одном воплощении первый поток пермеата, обогащенный гелием, перед его подачей в устройство Не АПД сжимают с помощью первого компрессора.

Первый компрессор не является обязательным. Таким путем возможно поднимать уровень давле-

ния первого потока пермеата до величины, достаточной для устройства Не АПД.

В другом воплощении второй поток пермеата, обогащенный гелием, получают на второй ступени мембранной сепарации и подают обратно на первую ступень мембранной сепарации совместно с потоком продувочного газа из устройства Не АПД.

Давление потоков пермеата ниже, чем давление потоков ретентата. Например, каждый из потоков пермеата может иметь давление приблизительно 0,2 МПа абс. (2 бар абс.). Поток продувочного газа устройства Не АПД предпочтительно имеет давление 0,15 МПа абс. (1,5 бар абс.).

В еще одном воплощении второй поток пермеата, обогащенный гелием, и поток продувочного газа из устройства Не АПД совместно сжимают при помощи второго компрессора перед их подачей на первую ступень мембранной сепарации.

Таким путем давление смеси пермеата и продувочного газа вновь поднимают на уровень давления предварительно очищенного потока исходного газа.

Кроме того, предложена промышленная установка, в особенности для выполнения такого способа, для получения гелия из содержащего гелий исходного газа. Промышленная установка включает блок предварительной очистки, предназначенный для удаления нежелательных компонентов из содержащего гелий исходного газа посредством способа адсорбции при переменном давлении, чтобы получить предварительно очищенный исходный газ; мембранный блок, присоединенный ниже по потоку к блоку предварительной очистки и содержащий по меньшей мере одну мембрану, которая является более легко проницаемой для гелия, чем по меньшей мере для одного другого компонента, присутствующего в содержащем гелий исходном газе, чтобы получить находящийся под давлением поток ретентата с низким содержанием гелия, который не прошел через по меньшей мере одну мембрану, при этом блок предварительной очистки включает адсорберы и клапаны, которые выполнены с возможностью переключения так, что обеспечивают возможность вытеснения, посредством находящегося под давлением потока ретентата с низким содержанием гелия, обогащенного гелием газа из подлежащего регенерации адсорбера у уже регенерированный адсорбер.

Воплощения и признаки, описанные для предложенного способа, соответственно применимы к предложенной промышленной установке.

Более конкретно, мембранный блок содержит ступени мембранной сепарации, причем находящийся под давлением поток ретентата с низким содержанием гелия предпочтительно извлекают с последней ступени мембранной сепарации. Блок ПО АПД может содержать множество адсорберов, например от четырех до шестнадцати. Однако в частности, в предпочтительном воплощении блок ПО АПД содержит шесть адсорберов. Адсорберы соединены друг с другом и работают по определенной циклической схеме.

Другие возможные варианты реализации способа и/или промышленной установки также включают сочетания признаков или описанных выше или далее в связи с технологическими примерами воплощений, которые не определены в явной форме. Специалист в данной области техники также может добавить отдельные аспекты в качестве усовершенствования или дополнения к соответствующей базовой форме способа и/или промышленной установки.

Дополнительные преимущественные конфигурации и аспекты способа и/или промышленной установки заявлены в зависимых пунктах формулы изобретения и приведены в примерах реализации способа и/или промышленной установки, приведенных ниже. Способ и/или промышленная установка подробно описаны далее с использованием предпочтительных воплощений со ссылками на прилагаемые чертежи.

На фиг. 1 представлена схема промышленной установки для получения гелия из содержащего гелий исходного газа по одному воплощению;

на фиг. 2 представлена схема блока предварительной очистки по одному воплощению для установки, показанной на фиг. 1;

на фиг. 3 представлена циклическая схема для блока предварительной очистки, показанного на фиг. 2, согласно одному воплощению;

на фиг. 4 представлен профиль давления адсорбера в блоке предварительной очистки, показанном на фиг. 2, согласно одному воплощению и

на фиг. 5 представлена блок-схема способа получения гелия из содержащего гелия исходного газа, согласно одному воплощению.

На чертежах сходные или имеющие одинаковое назначение элементы обозначены одинаковыми номерами позиций, если не указано иное.

На фиг. 1 представлена схема промышленной установки 1. Более конкретно, установка 1 представляет собой установку для получения гелия. С помощью установки 1 возможно получить целевой компонент, например гелий высокой чистоты из исходного газа или потока 2 исходного газа, который находится под высоким давлением и содержит, помимо целевого компонента, по меньшей мере один компонент, который хуже проходит через мембрану, например азот. Более конкретно, поток 2 исходного газа может содержать азот, гелий, высшие углеводороды, воду, сульфид водорода и диоксид углерода. Поток 2 исходного газа может представлять собой поток природного газа. Поток 2 исходного газа может иметь давление 4 МПа абс. (40 бар абс.). Предпочтительный диапазон давления для потока 2 исходного газа составляет от 1 до 6 МПа абс. (от 10 до 60 бар абс.).

Установка 1 содержит блок 3 предварительной очистки для осуществления способа (ПО АПД) предварительной очистки адсорбцией при переменном давлении. Таким образом, блок 3 предварительной очистки, как уже указано выше, также можно называть блоком ПО АПД. Блок 3 предварительной очистки предназначен для предварительной обработки потока 2 исходного газа с целью удаления нежелательных компонентов, например высших углеводородов, воды, сульфида водорода и диоксида углерода, чтобы предварительно обработанный поток 2 исходного газа можно было обрабатывать в мембранном блоке 4 и можно было получать и очищать целевой компонент. С помощью блока 3 предварительной очистки все вышеуказанные нежелательные компоненты отделяют от потока 2 исходного газа. Таким образом, предварительную обработку потока 2 исходного газа осуществляют всего за одну стадию способа. В результате этого возможно отказаться от применения стандартных и сложных стадий предварительной обработки, например, мокрой очистки потока 2 исходного газа, проведения АПТ (адсорбции при переменной температуре) или применения криогенного блока.

В данном случае мембранный блок 4 в особенности предназначен для осуществления мембранного способа или же мембранного способа в сочетании со способом адсорбции при переменном давлении для получения и очистки целевого компонента. Целевой компонент может присутствовать на выходе из мембранного блока 4 в качестве компонента высокого давления или же в качестве компонента низкого давления, в соответствии с тем, выполнен ли мембранный блок 4 в виде только мембранного блока или в виде объединенного мембранного блока и блока адсорбции при переменном давлении. Например, таким образом возможно получить поток 5 газообразного продукта высокой чистоты с содержанием гелия более 99,0 об. %.

Поток 2 исходного газа при высоком давлении направляют в блок 3 предварительной очистки. Как поясняется выше, в этом блоке удаляют нежелательные компоненты. Полученный предварительно очищенный исходный газ или полученный поток 6 предварительно очищенного газа, который может содержать главным образом азот и гелий, затем разделяют на первой ступени 7 мембранной сепарации с помощью мембраны 8 на первый обогащенный гелием пермеат или на первый поток 9 обогащенного гелием пермеата, который содержит, например, азот и гелий с содержанием гелия более 30 об. %, и первый обедненный гелием ретентат или первый поток 10 обедненного гелием ретентата, который также содержит гелий и азот. Ретентат с первой ступени 7 мембранной сепарации может иметь давление приблизительно 3,8 МПа абс. (38 бар абс.). Под пермеатом понимают часть предварительно очищенного потока 6 исходного газа, который проходит через мембрану 8, а под ретентатом понимают часть предварительно очищенного потока 6 исходного газа, который удерживается мембраной 8.

Первый поток 9 обогащенного гелием пермеата сжимают с помощью возможного первого компрессора 11 и подают в устройство 12 Не АПД (адсорбция гелия при переменном давлении). Устройство 12 Не АПД предназначено для разделения первого потока 9 пермеата посредством адсорбции при переменном давлении на поток 5 газообразного продукта высокой чистоты и поток 13 продувочного газа. Блок 4 мембраны включает устройство 12 Не АПД.

На второй ступени 14 мембранной сепарации второй пермеат или второй 16 поток пермеата отделяют от первого потока 10 ретентата с первой ступени 7 мембранной сепарации с помощью мембраны 15. Второй поток 16 пермеата содержит гелий и азот и может иметь давление приблизительно 0,2 МПа абс. (2 бар абс.). Этот второй поток 16 пермеата смешивают с продувочным потоком 13 газа из устройства 12 Не АПД и сжимают с помощью второго компрессора 17 до более высокого давления, например до 3,9 МПа абс. (39 бар абс.). Эту сжатую смесь подают обратно в предварительно очищенный поток 6 исходного газа выше по потоку от первой ступени 7 мембранной сепарации. Второй ретентат с низким содержанием гелия или второй поток 18 ретентата с низким содержанием гелия, содержащий в основном азот, со второй ступени 14 мембранной сепарации выводят из процесса и его можно использовать для повышения чистоты, производительности и выхода по гелию в блоке 3 предварительной очистки или сжигать. Второй поток 18 ретентата может иметь давление приблизительно 3,7 МПа абс. (37 бар абс.). Посредством устранения из потока 2 исходного газа нежелательных компонентов с помощью блока 3 предварительной очистки исключают повреждение мембран 8, 15.

В первую очередь вторая ступень 14 мембранной сепарации в значительной степени является ответственной за выход по гелию в описанном способе. В данном случае большую часть гелия из потока 10 первого ретентата с первой ступени 7 мембранной сепарации отделяют в виде второго потока 16 пермеата и рециркулируют совместно с потоком 13 продувочного газа в устройство 12 Не АПД. Кроме того, выход по гелию блока 3 предварительной очистки, в частности, также имеет существенное значение для выхода по гелию установки 1. Использование второго потока 18 ретентата со второй ступени 14 мембранной сепарации может повысить выход гелия из блока 3 предварительной очистки до весьма высоких значений.

Рециркуляция потока 13 продувочного газа из устройства 12 Не АПД и второго потока 16 пермеата со второй ступени 14 мембранной сепарации приводит к обогащению гелием в контуре. Воплощение мембранного блока 4, показанное на фиг. 1, представлено исключительно для иллюстрации. Также возможно обеспечение более или менее двух ступеней 7, 14 мембранной сепарации. Важно лишь то, что из мембранного блока 4 выходит поток 18 ретентата, который находится под давлением и по существу

очищен от нежелательных компонентов. В то же время эти компоненты в определенных концентрациях, которые являются допустимыми или приемлемыми для мембран 8, 15, могут присутствовать в предварительно очищенном потоке 6 исходного газа. Это означает, что также соответствующие концентрации нежелательных компонентов могут присутствовать во втором потоке 18 ретентата.

Известные способы АПД или же просто АПД для краткости (адсорбция при переменном давлении) приводят к заметным потерям целевого компонента, например гелия. Однако обычно требуется высокий выход целевого компонента. Поэтому для достижения этого в данном случае блок 3 предварительной очистки включает дополнительную стадию способа, которая позволяет обеспечить очень высокий выход целевого компонента. Это означает, что потери целевого компонента снижают до минимума. Дополнительная стадия способа включает использование находящегося под высоким давлением второго потока 18 ретентата с компонентом, который хуже проникает через мембрану, например, азотом, который получен со стороны ретентата второй ступени 14 мембранной сепарации. По меньшей мере часть этого второго потока 18 ретентата используют на дополнительной стадии способа для снижения потерь целевого компонента в блоке 3 предварительной очистки до минимума.

В случае мембранных установок, для которых не требуется высокого выхода целевого компонента, возможно посредством применения данной дополнительной стадии способа и связанного с этим высокого выхода целевого компонента через блок 3 предварительной очистки, реализовать менее затратную мембранную установку, поскольку фактически все потери целевого компонента происходят в мембранной установке.

Второй поток 18 ретентата со второй или последней ступени 14 сепарации содержит определенную часть целевого компонента, а именно ту часть, которая не прошла через мембраны 8, 15 и, следовательно, составляет потери выхода из мембранного блока 4. Второй поток 18 ретентата с последней мембранной ступени 14 используют для дополнительной стадии способа в блоке 3 предварительной обработки, в результате чего, помимо прочего, достигают, по меньшей мере, частичного извлечения целевого компонента, присутствующего во втором потоке 18 ретентата, и следовательно, опять-таки повышают выход установки 1.

Посредством применения блока 3 предварительной очистки предварительную обработку потока 2 исходного газа осуществляют всего за одну стадию способа, что дает возможность обходиться без использования обычных и сложных стадий предварительной обработки. Посредством использования потока 10, 18 ретентата с одной или более ступеней 7, 14 мембранной сепарации в блоке 3 предварительной очистки возможно снизить потери целевого компонента в блоке 3 предварительной очистки до минимума, и таким образом, потери находятся в пределах того же порядка величины, что и в случае известных, хотя и очень сложных и дорогостоящих способов предварительной обработки потока 2 исходного газа, например мокрой очистки, АПТ или применения криогенного блока. К тому же, при использовании второго потока 18 ретентата в блоке 3 предварительной очистки достигают, по меньшей мере, частичного извлечения целевого компонента, присутствующего в ретентате, и следовательно, повышения общего выхода.

Поток отходящих газов или поток 19 нежелательных компонентов, отделенных от потока 2 исходного газа, отводят из блока 3 предварительной очистки. В принципе, возможно использование потока 10, 18 ретентата с каждой ступени 7, 14 мембранной сепарации; не является абсолютной необходимостью использовать второй поток 18 ретентата с последней ступени 14 мембранной сепарации. Кроме того, необязательно использовать весь соответствующий поток 10, 18 ретентата, возможно вместо этого использовать только часть соответствующего потока 10, 18 ретентата.

На фиг. 2 схематически подробно показан такой блок 3 предварительной очистки в одном воплощении, представленном для иллюстрации. Блок 3 предварительной очистки содержит любое требуемое количество адсорберов Адс. 1 - Адс. 6. Например, обеспечивают шесть адсорберов, Адс. 1 - Адс. 6. Однако также возможно обеспечивать от четырех до шестнадцати адсорберов Адс. 1 - Адс. 6 данного типа. С помощью шести адсорберов Адс. 1 - Адс. 6 можно осуществлять так называемый шестислойный способ. Каждый адсорбер из Адс. 1 - Адс. 6 содержит несколько специальных клапанов V1-V6 и V9. Кроме того, блок 3 предварительной очистки содержит группы FV03A, FV03B, FV09A, FV09B, PV05A и PV05B клапанов. Также можно использовать большее или меньшее количество клапанов и групп клапанов, в соответствии с количеством адсорберов Адс. 1 - Адс. 6 и выбранной системой АПД. Кроме того также возможно выполнить группы FV03A, FV03B, FV09A, FV09B, PV05A и PV05B клапанов в виде только одного клапана в каждом случае.

В стандартном способе АПД применяют определенные пористые материалы, такие как цеолиты или активированный уголь в качестве адсорбента в адсорберах.

Усовершенствованный способ ПО АПД, который может быть выполнен с помощью блока 3 предварительной очистки, представленный на фиг. 2, описан далее со ссылками на фиг. 2, 3 и 4.

На фиг. 3 представлена в качестве иллюстрации циклическая схема работы блока 3 предварительной очистки, а на фиг. 4 представлен посредством примера профиль давления первого адсорбера Адс.1.

Как показано на фиг. 3, циклическая схема включает операции АПД, а именно операции АПД А1, А2, Е1, Е2В, Е3В, S1, D1, P1, R3, R2, R1 и R0. Адсорберы Адс. 1 - Адс. 6 также соответственно могут

быть названы A1, A2, E1, E2B, E3B, S1, D1, P1, R3, R2, R1 и R0, в соответствии с операцией АПД, в которой они присутствуют. Как показано на фиг. 3, адсорберы Адс. 1 - Адс. 6 указаны по вертикали, а операции АПД A1, A2, E1, E2B, E3B, S1, D1, P1, R3, R2, R1 и R0 по горизонтали. Кроме того, ниже данной циклической схемы приведено соответствующее время $t_{\text{АПД}}$ для операции АПД в секундах и общее время t_{Ges} для шестислойного способа в секундах. Также на фиг. 3 представлены величины конечного давления $p_{\text{Адс1}} - p_{\text{Адс2}}$, под которым находятся Адс. 1 - Адс. 6 в соответствующих операциях АПД A1, A2, E1, E2B, E3B, S1, D1, P1, R3, R2, R1 и R0, в бар абс. Циклическая схема включает двенадцать циклов T1 - T12. Когда все двенадцать циклов T1 - T12 проведены, по истечении времени t_{Ges} , шестислойный способ начинают сначала, т.е. снова повторяют цикл T1.

Отдельные операции АПД A1, A2, E1, E2B, E3B, S1, D1, P1, R3, R2, R1 и R0 кратко описаны далее. Предпочтительно идентичные операции АПД A1 и A2 включают адсорбцию при высоком давлении. В этом случае поток 2 исходного газа (ценный компонент + нежелательные компоненты) пропускают через соответствующий клапан V1 в соответствующий адсорбер Адс. 1 - Адс. 6. Нежелательные компоненты (т.е. хорошо адсорбируемые компоненты) адсорбируются на адсорбенте, а ценный компонент (т.е. хуже адсорбируемый компонент), в данном случае гелий, и азот выходят из верхней части адсорбера через соответствующий клапан V2 в качестве предварительно очищенного потока 6 исходного газа. Например, адсорбер Адс.1 запускают в операции АПД A1 (см. первую колонку "Цикл T1" на фиг. 3) в цикле T1 и в операции АПД A2 (см. вторую колонку "Цикл T2" на фиг. 3) в цикле T2.

В операции АПД E1/R1 проводят первое выравнивание давления. Операции АПД E1 и R1 всегда осуществляют совместно, и это означает, что два из адсорберов Адс. 1 - Адс. 6 соединены. В конце адсорбции, т.е. после операции АПД A1, A2, значительная часть ценного компонента все еще присутствует в адсорбере, подлежащем регенерации, и эту часть в максимальной возможной степени нельзя потерять, а необходимо извлечь, чтобы повысить выход способа АПД. Для этой цели из адсорбера E1, в случае цикла T1 - адсорбера Адс.6, газ выпускают сверху через клапан V5 в адсорбер R1, в случае цикла T1 - адсорбер Адс.2, и при этом клапан V5 адсорбера R1 - Адс.2 также открыт, и, следовательно, определенную часть ценного компонента, присутствующего в верхней части адсорбера E1 - Адс.6, сохраняют в адсорбере R1 - Адс.2.

В операции АПД E2B/R2 выравнивание давления осуществляют посредством вытеснения объемной фазы. Операции АПД E2B и R2 всегда выполняют совместно, и это означает, что два из адсорберов Адс. 1 - Адс. 6 соединены. После операции АПД E2B/R2 значительная часть целевого компонента все еще присутствует в подлежащем регенерации адсорбере. Если это вообще возможно, эту часть необходимо извлечь полностью, чтобы повысить выход способа АПД. Для этой цели, из адсорбера E2B, в случае цикла T2 - адсорбера Адс.6, газ выпускают сверху через клапан V6 в адсорбер R2, в случае цикла T2 - адсорбер Адс.3, и при этом клапан V6 адсорбера R2 - Адс.3 также открыт, и следовательно, определенную часть ценного компонента, присутствующего в верхней части адсорбера, сохраняют в адсорбере R2 - Адс.3. Данная схема описывает стандартное выравнивание давления (из адсорбера E газ выпускают в адсорбер R), которое также выполняют в известных АПД способах.

Кроме того, в ходе операции E2B/R2 газообразный ретентат (предпочтительно азот) из второго потока 18 ретентата направляют через группы FV09A и FV09B клапанов и клапан V9 снизу в адсорбер E2B - Адс.6 и, следовательно, ценный компонент из адсорбера E2B - Адс.6 нагнетают в адсорбер R2 - Адс.3 и сохраняют в нем. В качестве примера, на фиг. 2 жирной линией с длинными штрихами показано увеличение давления в адсорбере R2 - Адс.5 с помощью адсорбера E2B - Адс.3 и второго потока 18 ретентата.

Операция АПД E3B/R3 аналогична операции АПД E2B/R2 для выравнивания давления посредством вытеснения объемной фазы. Адсорбер E3B в цикле T1 представляет собой адсорбер Адс.5, а адсорбер R3 в цикле T1 представляет собой адсорбер Адс.3. В конце операции АПД E3B очень большую часть ценного компонента, который все еще присутствует в адсорбере E3B - Адс.5 в конце фазы адсорбции, отправляют на хранение из адсорбера E3B - Адс.5 в адсорбер R3 - Адс.3, что позволяет минимизировать потерю ценного компонента и, следовательно, повысить до максимума выход ценного компонента. В данном случае, это не только гелий, который вытесняют из верхней части адсорбера, а также гелий из всего адсорбера. Обычно в конце адсорбции гелий в такой же концентрации, как в исходном газе, находится в нижней области адсорбера, а обогащенный гелием газ, обладающий более высокой концентрацией гелия, находится в верхней части адсорбера.

Операция АПД S1/P1 включает подачу продувочного газа. Из адсорбера S1, в случае цикла T2 - адсорбер Адс.5, газ выпускают сверху через клапан V3 в адсорбер P1, в случае цикла T2 - адсорбер Адс.4, и при этом в адсорбере P1 - Адс. 4 открыты клапаны V3 и V4. Газ, выпускаемый из адсорбера S1 - Адс.5 пропускают через адсорбер P1 - Адс.4 и таким образом продувают, т.е. регенерируют его. При этом нежелательные компоненты десорбируются с поверхности адсорбента и их выпускают совместно с продувочным газом через клапан V4 в поток 19 нежелательных компонентов. Через верх адсорбера P1 - Адс. 4, дополнительно или исключительно, можно подавать газообразный ретентат, в особенности азот, из второго потока 18 ретентата через группы FV03A и FV03B клапанов, чтобы таким образом продувать адсорбер P1 - Адс.4 еще более эффективно. В качестве примера на фиг. 2 жирной сплошной линией показана продувка адсорбера P1 - Адс.6 посредством второго потока 18 ретентата.

Операция АПД D1 (D - сброс) включает выпуск остаточного газа в поток 19 нежелательного компонента. В данном случае газ, оставшийся в адсорбере D1, в случае цикла T1 - адсорбере Адс.4, далее нигде не используют в способе АПД, а выпускают в поток 19 нежелательных компонентов через открытый клапан V4.

Операция АПД R0 представляет собой последний цикл повышения давления. В адсорбере R0, в случае цикла T2 - адсорбере Адс.2, создают высокое давление посредством подачи газообразного продукта АПД из потока 6 предварительно очищенного исходного газа через клапаны PV05A и PV05B и клапан V5 в верхнюю часть адсорбера R0 - Адс.2. Тогда в адсорбере R0 - Адс.2 можно повторно запустить фазу адсорбции и снова проводить цикл АПД. В адсорбере R0, в данном случае, адсорбере Адс.2, также можно повышать давление с помощью газообразного ретентата (азота) из второго потока 18 ретентата, как показано на фиг. 2 линией с короткими жирными штрихами. В данном случае, клапаны PV05A и PV05B должны быть соединены не с потоком 6 предварительного очищенного исходного газа, а со вторым потоком 18 ретентата.

Последний цикл R0 повышения давления также может быть выполнен через другие клапаны, например, через группы FV03A, FV03B, FV09A, FV09B клапанов. Кроме того, последний цикл повышения давления также может быть выполнен с помощью исходного газа через клапан V1.

В качестве иллюстрации на фиг. 4 представлен профиль давления адсорбера Адс.1, при этом по горизонтальной оси отложено время t_{Ges} , а по вертикальной оси - конечное давление $p_{Адс1}$ адсорбера Адс.1 в бар абс. Этот профиль давления соответствует циклам T1-T12 адсорбера Адс.1. Прежде всего, осуществляют операции АПД A1 и A2 при высоком конечном давлении $p_{Адс1}$ 4 МПа абс. (40 бар абс). При этом поток 2 исходного газа очищают от нежелательных компонентов, адсорбирующихся на адсорбенте. После цикла A2 адсорбер Адс.1 полностью насыщен и его необходимо регенерировать.

В следующей операции АПД E1, в которой адсорбер Адс.3 действует в качестве адсорбера R1 (цикл T3 на фиг. 3), осуществляют первое выравнивание давления. Чтобы обеспечить извлечение ценного компонента, все еще присутствующего после операций АПД A1 и A2, газ из адсорбера E1 - Адс.2 отводят сверху через открытые клапаны V5 в адсорбер R1 - Адс.3. В операции АПД E2B из адсорбера Адс.1 газ отводят сверху через открытые клапаны V6 в адсорбер R2 - Адс.4 (цикл T4 на фиг. 3). Кроме того, теперь возможно направлять газообразный ретентат из второго потока 18 ретентата через группы FV09A и FV09B клапанов и через клапан V9 снизу в адсорбер E2B-Адс.1, чтобы нагнетать первую часть ценного компонента, присутствующего в адсорбере E2B - Адс. 1, в адсорбер R2 - Адс.4.

За операцией АПД E2B в цикле T5 следует операция АПД E3B. Здесь адсорбер Адс.5 соответствует адсорберу R3 (цикл T5 на фиг. 3), а адсорбер E3B представляет Адс.1. В конце операции АПД E3B очень большая часть ценного компонента, которая еще присутствовала в адсорбере Адс. 1 в конце фазы адсорбции (операции АПД A1 и A2) сохраняют в адсорберах R - Адс.4 и Адс.5.

В следующей операции АПД S1 из адсорбера S1 - Адс.1 газ выпускают сверху через открытый клапан V5 в адсорбер P1 - Адс.6 (цикл T6 на фиг. 3). При этом клапаны V3 и V4 адсорбера P1 - Адс.6 открыты. Таким образом, адсорбер P1 - Адс.6 продувают и регенерируют с помощью газа из адсорбера S1 - Адс.1. В операции АПД D1 (цикл T7 на фиг. 3) газ, оставшийся в адсорбере D1 - Адс.1, подают через клапан V4 в поток 19 нежелательных компонентов. Как видно из фиг. 4, Адс.1 фактически не находится под давлением окружающей среды.

За операцией АПД D1 следует операция АПД P1 в цикле T8 и, следовательно, регенерация адсорбера Адс.1. При этом из адсорбера S1 - Адс.2 отводят газ сверху через открытые клапаны V3 в адсорбер P1 - Адс.1, у которого при этом открыт клапан V4, чтобы подавать продувочный газ в поток 19 нежелательных компонентов. Кроме того, газообразный ретентат из второго потока 18 ретентата можно подавать дополнительно или исключительно в верхнюю часть адсорбера P1 - Адс.1 через группы FV03A и FV03B клапанов, чтобы еще более эффективно осуществлять продувку.

В следующих операциях АПД R3 и R2 осуществляют выравнивание давления. Здесь Адс.3 представляет собой адсорбер E3B (цикл T9 на фиг. 3), а адсорбер Адс.4 представляет собой адсорбер E2B (цикл T10 на фиг. 3). Из адсорберов E3B - Адс.3 и E2B - Адс.4 последовательно отводят газ сверху посредством открытого клапана V6 в адсорбер R3 - Адс. 1 или R2 - Адс. 1, у которого тогда открыт клапан V6. Газ содержит значительную часть ценного компонента, который необходимо извлечь. Кроме того, в адсорбер E3B - Адс.3 и адсорбер E2B - Адс.4 направляют газообразный ретентат из второго потока 18 ретентата через группы FV09A и FV09B клапанов и через соответствующий клапан V9, посредством чего ценный компонент направляют в адсорбер Адс. 1 и, как показано на фиг. 4, в нем повышают давление. При этом особенно предпочтительно, чтобы второй поток 18 ретентата, во-первых, находился под высоким давлением и, во-вторых, имел низкую концентрацию нежелательных компонентов и содержал в основном азот. Таким образом возможно обойтись без компрессора для повышения давления. Не требуется отделять все количество нежелательных компонентов от исходного газа 2 в блоке 3 предварительной очистки. Более конкретно, проскок нежелательных компонентов в принципе возможен и допустим, если их концентрации не приводят к какому-либо ухудшению работы мембранного блока 4. Таким образом, также возможно присутствие определенной доли нежелательных компонентов в каждом потоке 10, 18 ретентата, особенно во втором потоке 18 ретентата, т.е. в потоке, который используют для блока 3 пред-

варительной очистки.

В следующей операции АПД R1 адсорбер Адс.5 представляет собой адсорбер E1 (цикл T11 на фиг. 3). Из адсорбера E1 - Адс.5, который уже не обладает адсорбционной способностью и, следовательно, все еще содержит значительную часть ценного компонента в верхней части адсорбера, газ отводят в регенерированный адсорбер R1 - Адс.1 через открытые клапаны V5. Ценный компонент из адсорбера E1 - Адс.5 сохраняют в адсорбере R1 - Адс.1.

В цикле T12, при операции АПД R0, в адсорбере Адс.1 создают высокое давление с помощью газообразного продукта АПД из предварительно очищенного потока 6 исходного газа через открытые клапаны PV05A, PV05B и V5. Тогда конечное давление $p_{Адс.1}$, как в начале цикла АПД, снова составляет 4 МПа абс. (40 бар абс.). Затем адсорбер Адс.1 можно снова запускать в фазе адсорбции (цикл T1 на фиг. 3) и снова проводить цикл АПД. В адсорбере R0 - Адс.1 также можно повышать давление с помощью газообразного ретентата из второго потока 18 ретентата.

Способ получения гелия из содержащего гелий исходного газа 2, схематически представленный на фиг. 5, включает стадии ST1 - ST4. На стадии ST1 содержащий гелий исходный газ 2 подают в блок 3 предварительной очистки, где нежелательные компоненты удаляют из содержащего гелий исходного газа 2 посредством способа адсорбции при переменном давлении, осуществляемого в блоке 3 предварительной очистки, чтобы получить предварительно очищенный исходный газ 6. На следующей стадии ST2 предварительно очищенный исходный газ 6 подают в мембранный блок 4, который присоединен ниже по потоку к блоку 3 предварительной очистки и содержит по меньшей мере одну мембрану 8, 15, которая является более легко проницаемой для гелия, чем для по меньшей мере одного другого компонента, присутствующего в предварительно очищенном исходном газе 6, например азота.

На следующей стадии ST3 находящийся под давлением второй поток 18 ретентата, который не прошел через по меньшей мере одну мембрану 8, направляют в блок 3 предварительной очистки. На стадии ST4 с помощью находящегося под давлением потока 18 ретентата обогащенный гелием газ вытесняют из адсорбера E2B, E3B, подлежащего регенерации, в блоке 3 предварительной очистки в уже регенерированный адсорбер R2, R3 блока 3 предварительной очистки.

Посредством вытеснения ценного компонента, присутствующего в уже не обладающих адсорбционной способностью адсорбере E1, адсорбере E2B и адсорбере E3B, в обладающий адсорбционной способностью адсорбер R в операциях АПД E1/R1, E2B/R2 и E3B/R3, возможно получить газообразный продукт с особенно высоким выходом ценного компонента. Посредством применения газообразного ретентата при высоком давлении из второго потока 18 ретентата для вытеснения ценного компонента в адсорбер R и для повышения давления возможно обойтись без компрессора для повышения давления. Кроме того, также возможно извлечь гелий, все еще присутствующий во втором потоке 18 ретентата.

Хотя настоящее изобретение описано с использованием технологических примеров, его возможно модифицировать различными способами.

Список обозначений

- 1 - промышленная установка
- 2 - поток исходного газа/исходный газ
- 3 - блок предварительной очистки
- 4 - мембранный блок
- 5 - поток газообразного продукта
- 6 - поток предварительно очищенного исходного газа/предварительно очищенный исходный газ
- 7 - первая ступень мембранной сепарации
- 8 - мембрана
- 9 - первый поток пермеата/первый пермеат
- 10 - первый поток ретентата/первый ретентат
- 11 - первый компрессор
- 12 - устройство He АПД
- 13 - поток продувочного газа
- 14 - вторая ступень мембранной сепарации
- 15 - мембрана
- 16 - второй поток пермеата/второй пермеат
- 17 - второй компрессор
- 18 - второй поток ретентата/второй ретентат
- 19 - поток нежелательных компонентов
- Адс.1 - адсорбер
- Адс.2 - адсорбер
- Адс.3 - адсорбер
- Адс.4 - адсорбер
- Адс.5 - адсорбер
- Адс.6 - адсорбер
- A1 - операция АПД/адсорбер

A2 - операция АПД/адсорбер
 D1 - операция АПД/адсорбер
 E1 - операция АПД/адсорбер
 E2B - операция АПД/адсорбер
 E3B - операция АПД/адсорбер
 FV03A - группа клапанов
 FV09A - группа клапанов
 FV03B - группа клапанов
 FV09B - группа клапанов
 PV05A - группа клапанов
 PV05B - группа клапанов
 R0 - операция АПД/адсорбер
 R1 - операция АПД/адсорбер
 R2 - операция АПД/адсорбер
 R3 - операция АПД/адсорбер
 $p_{Адс1}$ - конечное давление
 $p_{Адс2}$ - конечное давление
 $p_{Адс3}$ - конечное давление
 $p_{Адс4}$ - конечное давление
 $p_{Адс5}$ - конечное давление
 $p_{Адс6}$ - конечное давление
 P1 АПД - операция АПД/адсорбер
 S1 АПД - операция АПД/адсорбер
 ST1 - стадия
 ST2 - стадия
 ST3 - стадия
 ST4 - стадия
 t_{Ges} время
 $t_{АПД}$ - время
 T1 - цикл
 T2 - цикл
 T3 - цикл
 T4 - цикл
 T5 - цикл
 T6 - цикл
 T7 - цикл
 T8 - цикл
 T9 - цикл
 T10 - цикл
 T11 - цикл
 T12 - цикл
 V1 - клапан
 V2 - клапан
 V3 - клапан
 V4 - клапан
 V5 - клапан
 V6 - клапан
 V7 - клапан
 V8 - клапан
 V9 - клапан

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения гелия из содержащего гелий исходного газа (2), включающий следующие стадии:

подача (ST1) содержащего гелий исходного газа (2) в блок (3) предварительной очистки, при этом из содержащего гелий исходного газа (2) удаляют нежелательные компоненты посредством способа адсорбции при переменном давлении с помощью блока (3) предварительной очистки с получением предварительно очищенного исходного газа (6);

подача (ST2) предварительно очищенного исходного газа (6) в мембранный блок (4), который присоединен ниже по потоку к блоку (3) предварительной очистки и содержит по меньшей мере одну мембрану (8, 15), которая является более легко проницаемой для гелия, чем для по меньшей мере одного

другого компонента, присутствующего в предварительно очищенном исходном газе (6);

подача (ST3) из мембранного блока (4) находящегося под давлением потока (18) ретентата с низким содержанием гелия, который не прошел через по меньшей мере одну мембрану (8, 15), в блок (3) предварительной очистки и

вытеснение (ST4) обогащенного гелием газа посредством находящегося под давлением потока (18) ретентата с низким содержанием гелия из подлежащего регенерации адсорбера (E2B, E3B) в блоке (3) предварительной очистки в уже регенерированный адсорбер (R2, R3) блока (3) предварительной очистки.

2. Способ по п.1, в котором первый поток (9) пермеата в мембранном блоке (4) подают в устройство (12) адсорбции при переменном давлении (He АИД), с помощью которого первый поток (9) пермеата очищают вплоть до чистоты гелия более 99,0 об.%.

3. Способ по п.1 или 2, в котором находящийся под давлением поток (18) ретентата с низким содержанием гелия имеет давление от 3,5 до 4 МПа абс. (от 35 до 40 бар абс.), предпочтительно от 3,6 до 3,9 МПа абс. (от 36 до 39 бар абс.), еще более предпочтительно 3,7 МПа абс. (37 бар абс.).

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором находящийся под давлением поток ретентата (18) с низким содержанием гелия представляет собой обогащенный азотом поток или находящийся под давлением поток ретентата (18) с низким содержанием гелия представляет собой обогащенный метаном поток.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором по меньшей мере одним другим компонентом, присутствующим в предварительно очищенном исходном газе (6), является азот.

6. Способ по любому из пп.1-5, в котором нежелательные компоненты включают диоксид углерода, высшие углеводороды, диоксид серы и/или воду.

7. Способ по любому из пп.1-6, в котором находящийся под давлением поток (18) ретентата с низким содержанием гелия используют для регенерации адсорбера (P1), подлежащего регенерации, в блоке (3) предварительной очистки и/или находящийся под давлением поток (18) ретентата с низким содержанием гелия используют для повышения давления в адсорбере (R0, R1), в котором требуется повысить давление, в блоке (3) предварительной очистки.

8. Способ по любому из пп.1-7, в котором используют только часть находящегося под давлением потока (18) ретентата с низким содержанием гелия.

9. Способ по любому из пп.1-8, в котором вытеснению (ST4) обогащенного гелием газа посредством находящегося под давлением потока (18) ретентата с низким содержанием гелия предшествует выпуск обогащенного гелием газа из подлежащего регенерации адсорбера (E1) в уже регенерированный адсорбер (R1).

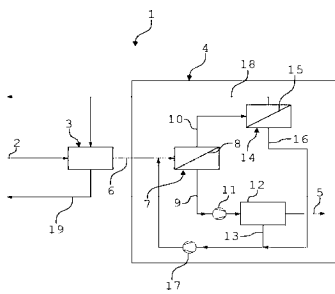
10. Способ по любому из пп.1-9, в котором с помощью мембранного блока (4) на первой ступени (7) мембранной сепарации получают первый находящийся под давлением поток (10) ретентата с низким содержанием гелия и на второй ступени (14) мембранной сепарации из первого находящегося под давлением потока (10) ретентата с низким содержанием гелия получают второй находящийся под давлением поток (18) ретентата с низким содержанием гелия, причем последний подают в блок (3) предварительной очистки.

11. Способ по п.10, в котором первый поток (9) обогащенного гелием пермеата получают на первой ступени (7) мембранной сепарации и подают в устройство (12) He АПД мембранного блока (4) для отделения потока (5) обогащенного гелием газообразного продукта.

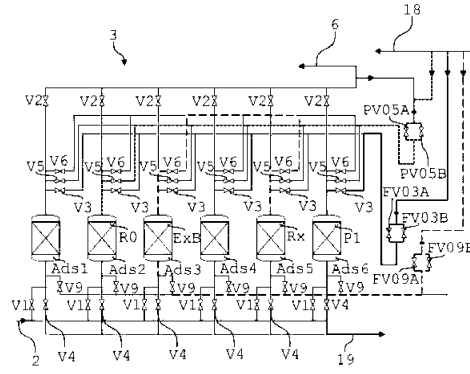
12. Способ по п.11, в котором первый поток (9) обогащенного гелием пермеата перед подачей в устройство (12) He АПД сжимают с помощью первого компрессора (11).

13. Способ по п.11 или 12, в котором второй поток (16) обогащенного гелием пермеата получают на второй ступени (14) мембранной сепарации и подают обратно на первую ступень (7) мембранной сепарации совместно с потоком (13) продувочного газа из устройства (12) He АПД.

14. Способ по п.13, в котором второй поток (16) обогащенного гелием пермеата и поток (13) продувочного газа из устройства (12) He АПД сжимают совместно при помощи второго компрессора (17) перед подачей на первую (7) ступень мембранной сепарации.



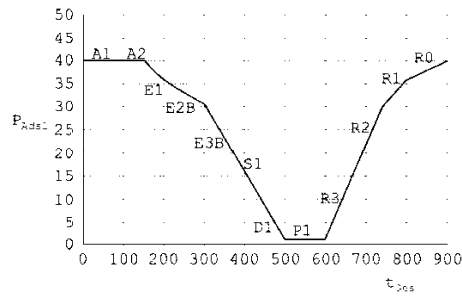
Фиг. 1



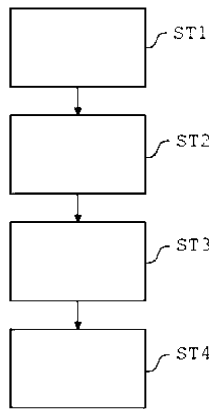
Фиг. 2

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Адс.1	A1	A2	E1	E2B	E3B	S1	D1	P1	R3	R2	R1	R0
Адс.3	R1	R0	A1	A2	E1	E2B	E3B	S1	D1	P1	R3	R2
Адс.2	R3	R2	R1	R0	A1	A2	E1	E2B	E3B	S1	D1	P1
Адс.4	D1	P1	R3	R2	R1	R0	A1	A2	E1	E2B	E3B	S1
Адс.5	E3B	S1	D1	P1	R3	R2	R1	R0	A1	A2	E1	E2B
Адс.6	E1	E2B	E3B	S1	D1	P1	R3	R2	R1	R0	A1	A2
$t_{\text{мщ}}$	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
$t_{\text{сес}}$	50	150	200	300	350	450	500	600	650	750	800	900
$P_{\text{Адс.1}}$	40,0	40,0	36,0	31,0	24,0	10,0	1,5	1,5	12,5	30,5	35,5	40,0
$P_{\text{Адс.2}}$	35,5	40,0	40,0	40,0	36,0	31,0	24,0	10,0	1,5	1,5	12,5	30,5
$P_{\text{Адс.3}}$	12,5	30,5	35,5	40,0	40,0	40,0	36,0	31,0	24,0	10,0	1,5	1,5
$P_{\text{Адс.4}}$	1,5	1,5	12,5	30,5	35,5	40,0	40,0	40,0	36,0	31,0	24,0	10,0
$P_{\text{Адс.5}}$	24,0	10,0	1,5	1,5	12,5	30,5	35,5	40,0	40,0	40,0	36,0	31,0
$P_{\text{Адс.6}}$	36,0	31,0	24,0	10,0	1,5	1,5	12,5	30,5	35,5	40,0	40,0	40,0

Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5