



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122777** (13) **C2**  
(51) МПК (2021.01)  
**B01D 53/047** (2006.01)  
**B01D 53/22** (2006.01)  
**C01B 23/00**

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

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	<b>а 2017 04200</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Келлер Тобіас (DE), Фосс Крістіан (DE), Бауер Мартін (DE), Снневайн Франк (DE)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>27.04.2017</b>	(73) Володілець (володільці):	<b>ЛІНДЕ АКЦІЕНГЕЗЕЛЬШАФТ, Klosterhofstrasse 1, 80331 Munchen, Germany (DE)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	<b>07.01.2021</b>	(74) Представник:	<b>Крилова Надія Іванівна, реєстр. №30</b>
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>16000961.9</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>DE 102007022963 A1, 20.11.2008 CA 2183832 A1, 22.02.1997 EP 0945163 A1, 29.09.1999 WO 03011434 A1, 13.02.2003 WO 2013098024 A1, 04.07.2013 US 2005217479 A1, 06.10.2005 US 4690695 A, 01.09.1987 US 4717407 A, 05.01.1988</b>
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>28.04.2016</b>		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	<b>EP</b>		
(41) Публікація відомостей про заявку:	<b>10.11.2017, Бюл.№ 21</b>		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	<b>06.01.2021, Бюл.№ 1</b>		

## (54) СПОСІБ ТА ПРОМИСЛОВА УСТАНОВКА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ГЕЛІЮ З ГЕЛІЙВМІСНОГО СІРОВИННОГО ГАЗУ

### (57) Реферат:

Спосіб та обладнання для отримання гелію з гелійвмісного сировинного газу. Винахід стосується способу отримання гелію з гелійвмісного сировинного газу (2), який полягає у: подаванні (ST1) гелійвмісного сировинного газу (2) у попередньо очисний пристрій (3) з усуненням небажаних компонентів з гелійвмісного сировинного газу (2) у процесі адсорбції із змінним тиском, здійсненому за допомогою попередньо очисного пристрою (3) з метою отримання попередньо очищеного сировинного газу (6); подаванні (ST2) попередньо очищеного сировинного газу (6) до мембранного блока (4), який розташовано за попередньо очисним пристроєм (3), та такого, що має принаймні одну мембрану (8, 15), яка є більш проникною для гелію, ніж для принаймні одного додаткового компонента, присутнього у попередньо очищеному сировинному газі (6); подаванні (ST3) стисненого потоку ретентату з низьким вмістом гелію (18), який не пройшов принаймні через одну мембрану (8, 15) з мембранного блока (4) до попередньо очисного пристрою (3); та витісненні (ST4) газу з високим вмістом гелію за допомогою стисненого потоку ретентату з низьким вмістом гелію (18) з відновлюваного адсорбера (E2B, E3B) у попередньо очисному пристрої (3) до вже відновленого адсорбера (R2, R3) в цьому пристрої. Винахід забезпечує збільшення продуктивності способу та установки отримання гелію.

UA 122777 C2

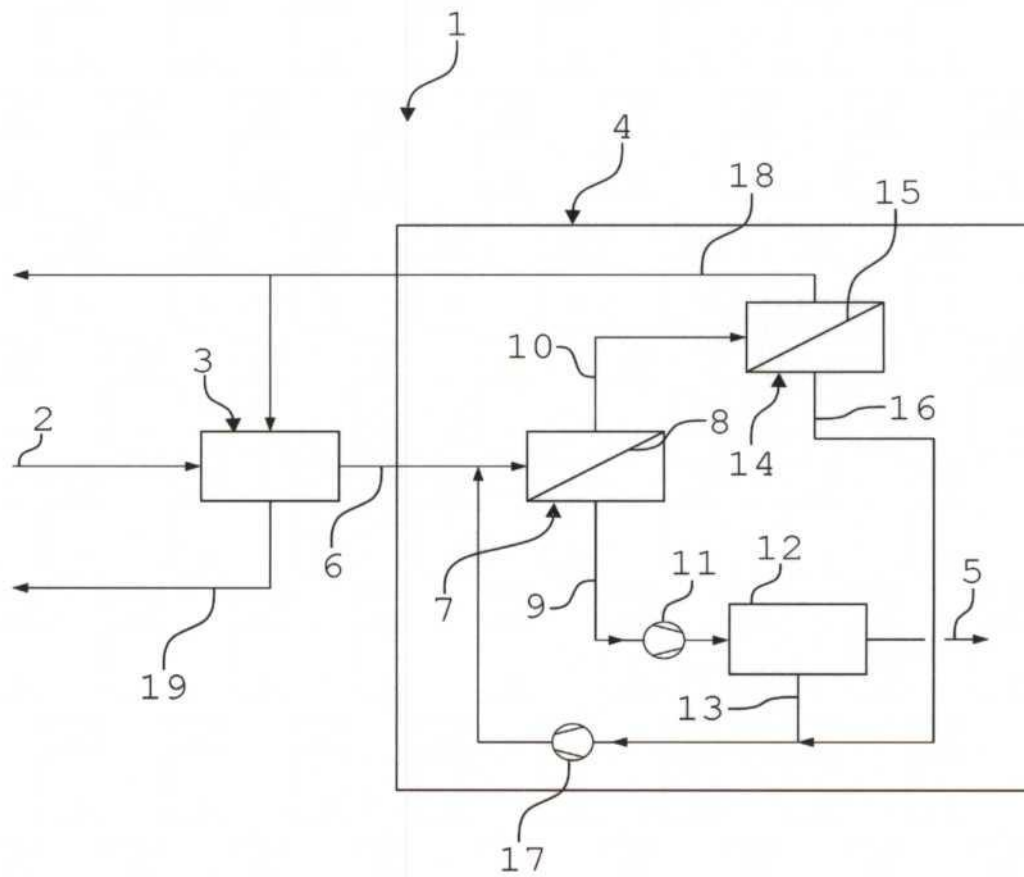


Fig. 1

Винахід стосується способу та промислової установки для отримання гелію із гелійвмісного сировинного газу.

Застосування гелію має велике значення у багатьох галузях, але звичайно цей газ є в наявності лише за низькою концентрацією, наприклад у вигляді природного газу або продувочних газів, отриманих за допомогою різних способів. Слід зазначити, що способи отримання або відновлення гелію мають зростаюче економічне значення через те, що цей газ є кінцевим сировинним матеріалом. Перспективними новими способами є способи мембранного розділення газів або способи, які поєднують мембранне розділення з адсорбцією із змінним тиском, які дають змогу дешево та надійно отримати добре очищений гелій. Мембрани для такого застосування повинні бути захищені від небажаних компонентів, які можуть негативно вплинути на їх експлуатаційні характеристики та термін служби, тому потрібно здійснити відповідну попередню обробку газу, який надходить. Такими небажаними компонентами є, наприклад, вищі вуглеводні (ННС), вода (H<sub>2</sub>O), сірководень (H<sub>2</sub>S) або вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>).

Звичайно попередню обробку сировинного газу, тобто усунення небажаних компонентів здійснюють за допомогою складних операцій, наприклад, скрубінгового очищення газу, адсорбції з коливанням температури, застосування криогенної установки або поєднують вищезазначені способи попередньої обробки. В цьому контексті, а також з точки зору значних капітальних витрат слід зазначити, що обробка та постачання засобу очищення газу, а також нагрівання у разі регенерації або охолодження пов'язані з залученням значного рівня витрат та незручністю.

В Патенті США US 2014/0243574 A1 надано опис способу отримання гелію з сировинного газу. В цьому способі сировинний газ спочатку піддають першій операції мембранного розділення, яка полягає у розділенні сировинного газу на перший потік пермеату, який містить велику частку гелію та на перший потік ретентату. Цей перший потік пермеату об'єднують з третім потоком пермеату вище компресора та, після стиснення, отриманий потік піддають другій операції мембранного розділення, яка полягає у розділенні стиснутого газу на другий потік пермеату та другий потік ретентату. Цей другий потік ретентату піддають третій операції мембранного розділення, яка полягає у розділенні цього потоку на третій потік пермеату та третій потік ретентату. Потім перший та третій потоки ретентату об'єднують для утворення потоку природного газу.

В Патенті США US 2015/0182908 A1 надано опис способу розділення суміші газів, яка містить малу частку першого газу та основну частку другого газу. Спочатку здійснюють першу операцію мембранного розділення, яка полягає у розділенні першої суміші газів на перший пермеат та перший ретентат. Друга операція мембранного розділення полягає у розділенні другої суміші газів на другий пермеат та другий ретентат з полегшенням, порівняно з другим газом, отриманням пермеату першого газу із застосуванням операцій мембранного розділення. Другий пермеат розділяють на першу та другу частини та перша частина другого пермеату утворює газ першого отриманого газу, головну частку якого складає перший газ, а другий ретентат утворює газ другого отриманого газу, головну частку якого складає другий газ. Далі з метою утворення другої газової суміші здійснюють стиснення першого пермеату разом з другою частиною газу за допомогою компресора. Першу газову суміш отримують шляхом поєднання другого ретентату з первинним газом.

На цьому тлі, однією задачею, яку вирішує цей винахід, є надання покращеного способу.

Відповідно винаходом запропоновано спосіб отримання гелію з гелійвмісного сировинного газу. Цей спосіб полягає у застосуванні наступних операцій: подавання гелійвмісного сировинного газу у попередньо очисний пристрій з усунення небажаних компонентів з гелійвмісного сировинного газу за допомогою процесу адсорбції із змінним тиском із застосуванням попередньо очисного пристрою з метою отримання попередньо очищеного сировинного газу; подавання попередньо очищеного сировинного газу до мембранного блока, розташованого за попередньо очисним пристроєм та обладнаного принаймні однією мембраною, яка є більш легко проникною для гелію, ніж для принаймні одного іншого додаткового компонента, присутнього у попередньо очищеному сировинному газі; подавання потоку стисненого ретентату з низьким вмістом гелію, який не пройшов принаймні крізь одну мембрану з мембранного блока до установки для попереднього очищення; та у витісненні газу з високим вмістом гелію з допомогою стисненого потоку ретентату з низьким вмістом гелію з відновлюваного адсорбера в пристрої для попереднього очищення до вже відновленого адсорбера в цьому ж пристрої.

Під усуненням небажаних компонентів з гелійвмісного сировинного газу під час процесу адсорбції із змінним тиском, здійсненого за допомогою попередньо очисного пристрою, слід, в першу чергу, розуміти повне або часткове усунення небажаних компонентів з гелійвмісного сировинного газу. Під пермеатом слід розуміти частину газового потоку, яка перетинає

мембрану та під ретентатом слід розуміти частину газового потоку, яка залишається на мембрані. Сировинний газ також може бути позначено, як технологічний газ. Переважно сировинний газ має великий тиск, який складає, наприклад, 40 бар. Сировинний газ може, наприклад, бути природним газом або продувочним газом, який є продуктом іншого способу отримання. Попередньо очисний пристрій є прийнятним для застосування способу попереднього очищення шляхом адсорбції із змінним тиском (PP PSA), тому його також може бути позначено, як пристрій для PP PSA. Під витісненням газу з високим вмістом гелію з відновлюваного абсорбера з допомогою стисненого потоку ретентату з низьким вмістом гелію слід розуміти витіснення газу з високим вмістом гелію з відновлюваного абсорбера за допомогою стисненого потоку ретентату з низьким вмістом гелію та витіснення цього газу у вже відновлений абсорбер, яке відбувається під дією великого тиску потоку ретентату з низьким вмістом гелію. Газ з високим вмістом гелію відрізняється від гелійвмісного сировинного газу через сорбційні операції та зниження тиску в Е-циклах композиції.

У разі застосування способу адсорбції із змінним тиском (PSA), в абсорберах як адсорбенти застосовують специфічні пористі матеріали, як-то цеоліти або активоване вугілля. В цьому разі ефект відокремлення може бути наслідком трьох різних факторів, а саме це може бути відокремлення на основі рівноважної адсорбції, відокремлення на основі кінетичних характеристик адсорбції або відокремлення на основі ефекту сита (стеричного ефекту). У першому випадку, один з призначених для розділення компонентів сильніше всмоктується, ніж другий, в результаті чого відбувається збагачення менш поглиненого компонента в газовій фазі. У другому випадку, особливі молекули швидше проникають у пористу структуру адсорбенту. Якщо газова суміш надходить крізь адсорбент у шар всередині реактора, то компоненту, який буде гірше проходити крізь пори, буде потрібно менше часу для обтікання, отже він швидше з'явиться на виході з цього шару. У третьому випадку всмоктуються лише молекули, які мають менший діаметр, ніж діаметр пор адсорбенту. Молекули, які мають більший діаметр, ніж діаметр пор адсорбенту проходять крізь його шар без затримки.

У разі застосування способу PSA, сировинний потік газу подають з підвищеним тиском у заповнений адсорбентом реактор з нерухомим шаром таким чином, щоб цей потік протікав крізь нього, внаслідок чого відбувається адсорбція небажаних компонентів цього сировинного потоку. Продукт на виході абсорбера може бути вилучено у концентрованій формі. З часом шар абсорбера стає дуже суттєво насиченим та в ньому також може бути присутньою частина небажаних компонентів. В цей момент з допомогою клапанів процес перемикають таким чином, щоб призупинити приплив газу до завантаженого абсорбера та замість цього спрямувати його до відновленого абсорбера, який потім сам виробляє газоподібний продукт. Навантажений абсорбер повинен бути відновленим перед тим, коли він зможе знову приймати сировинний газ, отже, знову виробляти газоподібний продукт. Відновлення (регенерацію) абсорбера переважно здійснюють з мінімальним тиском, що означає, що навантажений під підвищеним тиском абсорбер перед відновленням повинен знаходитися в декомпресованому стані. При зниженні тиску вихід компонента кінцевого отримуваного газу збільшується, оскільки певна перша частка цього зниження тиску здійснює вплив на верхню частину відновленого абсорбера. Таким чином газ з високим вмістом гелію від завантаженого абсорбера, тобто газ, який знаходиться у верхній ділянці шару адсорбенту у завантаженому абсорбері, зберігається у відновленому абсорбері через концентрацію фронтальних поверхонь та ділянок, які утворюються вище шару абсорбенту протягом фази адсорбції та отже, сам є відновленим. У разі низького тиску відновлення абсорбера свідчить про десорбцію поглиненого газу, який можна отримати на виході. Принаймні два абсорбери, які по черзі завантажують та розвантажують, створюють можливість безперервної роботи. Для виведення десорбованих небажаних компонентів із шару абсорбера частину компонента кінцевого отримуваного газу звичайно застосовують для продувки.

З допомогою пристрою для PP PSA сировинний газ попередньо обробляють із застосуванням способу з лише однією операцією, в результаті чого можна відмовитися від застосування стандартних та складних операцій попередньої обробки, наприклад промивання газу рідиною, адсорбції зі змінною температурою (TSA) або застосування криогенних установок. Мембрани мембранного блока також є захищеними від навантаження або забруднення небажаними компонентами. Застосування стисненого потоку ретентату, який проходить крізь мембранний блок пристрою для PP PSA, надало можливість скоротити до мінімуму витрати компонента кінцевого отримуваного газу, які виникають при його проходженні крізь цей пристрій, отже вони знаходяться в межах того ж порядку, як і для стандартних вищезазначених способів попередньої обробки сировинного газу. Крім того, застосування стисненого потоку ретентату у пристрої для PP PSA призводить до принаймні часткового відновлення компонента

кінцевого отриманого газу, присутнього у ретентаті таким чином призводить до додаткового збільшення досягнутого загального виходу. Цей компонент кінцевого отриманого газу також може бути позначено, як цінний компонент та цим компонентом отриманого газу переважно є гелій.

5 В одному втіленні перший потік пермеату подають до мембранного блока пристрою для адсорбції із змінним тиском гелію (He PSA), з допомогою якого здійснюють очищення першого потоку пермеату до досягнення ступеня чистоти гелію, об'ємна частка якого перевищує 99,0 відсотків.

Цим також можливо досягнути дуже високих рівнів чистоти цінного компонента.

10 У додатковому втіленні стиснений потік ретентату з низьким вмістом гелію має тиск 35-40 бар, переважно 36-39 бар, більш переважно 37 бар.

В результаті цього стає можливим застосування потоку ретентату в адсорберах попередньо очисного пристрою. Стискання потоку ретентату за допомогою додаткового компресора є необов'язковим та в результаті стає можливим певне збереження витрат. Одиниця "бар" тут має відношення до абсолютного тиску. Бажаний діапазон тиску сировинного газу складає 5-60 15 бар. Тиск застосованого у пристрої для попереднього очищення потоку ретентату для операції EB та для вибіркового збільшення тиску з ретентатом в операціях R1 та/або R0 в принципі повинен бути максимально високим, тобто він повинен бути якомога ближчим до тиску сировинного газу (наприклад 70 % від тиску сировинного газу, переважно 80 % від тиску сировинного газу, більш переважно 90 % від тиску сировинного газу). Зокрема слід зазначити, 20 що для вибіркового відновлення з ретентату буде достатньо лише 1-10 % тиску ретентату від тиску сировинного газу, оскільки продування в адсорбері здійснюють з низьким тиском, який переважно складає приблизно 1,5 бар. Зокрема тиск ретентату також може складати 1-5 %, переважно 1-20 % від тиску сировинного газу.

25 У додатковому втіленні стиснений потік ретентату з низьким вмістом гелію є потоком з великим вмістом азоту або стиснений потік ретентату з низьким вмістом гелію має великий вміст метану.

Такий потік з великим вмістом азоту має мало небажаних компонентів. Цей потік великим вмістом азоту здатен до поглинання небажаних компонентів, які з'являються на призначеному 30 для відновлення адсорбері за рахунок десорбції. У разі відновлення гелію з природного газу стиснений потік ретентату з низьким вмістом гелію має великий вміст метану.

У додатковому втіленні принаймні одним додатковим компонентом присутнім у попередньо очищеному сировинному газі є азот.

Зокрема мембрани мембранного блока розробляють таким чином, щоб гелій швидше, ніж азот проходив крізь них шляхом дифузії. Попередньо очищений сировинний газ також може містити додаткові компоненти. 35

У додатковому втіленні небажані компоненти включають вуглекислий газ, вищі вуглеводні, діоксид сірки та/або воду.

Усунення цих небажаних компонентів попереджає виникнення пошкодження та/або 40 зниження продуктивності мембран мембранного блока, що збільшує його строк дії та зменшує експлуатаційні витрати.

У додатковому втіленні стиснений потік ретентату з низьким вмістом гелію застосовано для відновлення призначеного для регенерації адсорбера у пристрої для попереднього очищення та/або стиснений потік ретентату з низьким вмістом гелію застосовано для збільшення тиску у 45 призначеному для цього адсорбері у пристрої для попереднього очищення.

На підставі цього це дозволяє потоку ретентату бути потоком з низьким вмістом небажаних компонентів. Відновлення або продування адсорбера переважно здійснюють з низьким тиском.

У додатковому втіленні застосовують лише частину стисненого потоку ретентату з низьким вмістом гелію.

50 Додаткову частину потоку пермеату може бути застосовано термічним шляхом, наприклад, особливо шляхом його спалювання.

У додатковому втіленні витіснення газу з високим вмістом гелію з допомогою стисненого потоку ретентату з низьким вмістом гелію передувє вивільненню газу з високим вмістом гелію з відновлюваного адсорбера до вже відновленого адсорбера.

55 В кінці адсорбції в призначеному для відновлення адсорбері все ще залишається значна частина цінного компонента. Якщо це взагалі можливо, ця частка не повинна бути втрачена, але вона повинна бути відновлена, щоб збільшити вихід пристрою для PP PSA. З цією метою через верхній клапан відновлюваного адсорбера з нього переважно вивільнюють газ у відновлений адсорбер та таким чином певну частину цінного компонента, присутню у 60 призначеному для відновлення адсорбері, зберігають у вже відновленому адсорбері.

У додатковому втіленні перший стиснений потік ретентату з низьким вмістом гелію отримують з першого стисненого потоку ретентату з низьким вмістом гелію протягом першої операції мембранного розділення за допомогою мембранного блока та другий стиснений потік ретентату з низьким вмістом гелію, отримують протягом другої операції мембранного розділення з допомогою мембранного блока та він надходить до установка для попереднього очищення.

Мембранний блок може мати будь-яку кількість операцій мембранного розділення, наприклад дві операції. Потік ретентату після кожної операції мембранного розділення може бути подано до пристрою для PP PSA-очищення. Наприклад, до пристрою для PP PSA-очищення надходить потік ретентату після останньої операції мембранного розділення.

У додатковому втіленні отриманий в результаті першої операції мембранного розділення перший потік пермеату з великим вмістом гелію подають до мембранного блока пристрою для PSA-очищення гелію для відокремлення газового потоку отримуваного газу з великим вмістом гелію.

Перший потік пермеату може мати вміст гелію, об'ємна частка якого складає більш, ніж 30 відсотків. Пристрій для PSA-очищення гелію переважно налаштовують для відокремлення першого потоку пермеату з отриманням газового потоку отримуваного газу з великим ступенем чистоти та потоку продувочного газу з допомогою адсорбції із змінним тиском гелію (He PSA). Отриманий газовий потік отримуваного газу може мати вміст гелію, об'ємна частка якого перевищує 99,0 відсотків.

У додатковому втіленні перший потік пермеату з великим вмістом гелію перед подаванням у пристрій для PSA-очищення гелію стискають з допомогою першого компресора.

Застосування першого компресора є вибірковим. Таким чином існує можливість підняти рівень тиску першого потоку пермеату до величини, прийнятної для застосування у пристрої для PSA-очищення гелію.

У додатковому втіленні другий потік пермеату з великим вмістом гелію отримують в результаті другої операції мембранного розділення та повертають його назад до першої операції мембранного розділення разом з потоком продувочного газу з пристрою для PSA-очищення гелію.

Тиск потоків пермеату є нижчим, ніж тиск потоків ретентату. Наприклад, кожен з потоків пермеату може мати тиск приблизно у 2 бар. Потік продувочного газу у пристрої для PSA-очищення гелію переважно має тиск у 1,5 бар.

У додатковому втіленні другий потік пермеату з великим вмістом гелію та потік продувочного газу з пристрою для PSA-очищення гелію стискають разом з допомогою другого компресора перед подаванням до першої операції мембранного розділення.

Таким чином тиск суміші пермеату та продувочного газу може бути знову збільшено до рівня тиску попередньо очищеного потоку сировинного газу.

Також, особливо для застосування зазначеного способу, запропонована промислова установка для отримання гелію з гелійвмісного сировинного газу, яке включає попередньо очисний пристрій, пристосований для відокремлення небажаних компонентів від гелійвмісного сировинного газу за допомогою процесу адсорбції із змінним тиском з метою отримання попередньо очищеного сировинного газу, мембранний блок, розташований за попередньо очисним пристроєм та обладнаний принаймні однією мембраною, яка є більш легко проникною для гелію, ніж для принаймні одного додаткового компонента, присутнього у попередньо очищеному сировинному газі, та призначений для отримання стисненого потоку ретентату з низьким вмістом гелію, який не проходить через принаймні одну мембрану, причому цей попередньо очисний пристрій має кілька адсорберів та кілька клапанів, які можна перемкнути таким чином, що з допомогою стисненого потоку ретентату з низьким вмістом гелію надасть змогу перемістити газ з високим вмістом відновлюваного з відновлюваного адсорбера до вже відновленого адсорбера.

Втілення та конструктивні особливості, описані для запропонованого способу відповідно є застосованими для запропонованої промислової установки.

Зокрема, зазначений мембранний блок має низку операцій мембранного розділення, в яких стиснений потік ретентату з низьким вмістом гелію буде переважно відсмоктуватися після проходження останньої операції мембранного розділення. Пристрій для PP PSA-очищення може мати багато, наприклад, 4-16 адсорберів, однак у особливо бажаному втіленні він має шість адсорберів. Ці адсорбери є поєднаними між собою та працюють за визначеною циклічною схемою.

Можливі додаткові втілення цього способу та/або промислової установки також включають комбінації описаних вище або надалі застосовних до робочих прикладів втілень та

конструктивних особливостей, які не було зазначено в явному вигляді. Фахівець в цій галузі буде також в змозі додавати індивідуальні аспекти, як покращення або доповнення до відповідної основної форми цього способу та/або промислової установки.

Додаткові корисні конфігурації та аспекти цього способу та/або промислової установки є предметом, обумовленим наведеною тут Формулою Винаходу та робочими прикладами цього способу та/або промислової установки. Цей спосіб та/або промислова установка далі буде більш детально висвітлено з допомогою бажаних втілень та з посиланням на прикладені креслення.

На Фіг. 1 показано схематичний вигляд втілення промислової установки для отримання гелію з гелійвмісного сировинного газу;

На Фіг. 2 показано схематичний вигляд втілення попередньо очисного пристрою для промислової установки відповідно за Фіг. 1;

На Фіг. 3 показано втілення циклічної схеми попередньо очисного пристрою відповідно за Фіг. 2;

На Фіг. 4 показано втілення профілю тиску в адсорбері попередньо очисного пристрою відповідно за Фіг. 2; та

На Фіг. 5 показано схематичну блок-діаграму втілення способу отримання гелію з гелійвмісного сировинного газу.

Якщо не зазначено іншого, то наведеним на цих фігурах елементам, які є ідентичними або мають однакову функцію, надано ті ж самі посилальні номери.

На Фіг. 1 наведено схематичний вигляд промислової установки 1. Докладно кажучи, установка 1 є пристосованою для отримання гелію та з її допомогою стає можливим отримання дуже чистого компонента кінцевого отриманого газу, наприклад гелію, з сировинного газу або з потоку сировинного газу 2, який знаходиться під великим тиском та окрім компонента кінцевого отриманого газу також містить принаймні один компонент, який має меншу проникність крізь мембрану, наприклад азот. Докладно кажучи, сировинний потік газу 2 може містити азот, гелій, вищі вуглеводні, воду, сірководень та вуглекислий газ. Сировинний потік газу 2 може бути потоком природного газу та його тиск може складати 40 бар. Бажаний діапазон тиску для сировинного потоку газу 2 складає 10-60 бар.

Установка 1 містить попередньо очисний пристрій 3 для здійснення способу попереднього очищення шляхом адсорбції із змінним тиском (PP PSA). Отже, як вже було зазначено, цей пристрій також можна позначити, як пристрій для PP PSA-очищення. Попередньо очисний пристрій 3 встановлюють для попередньої обробки потоку сировинного газу 2 з метою усунення небажаних компонентів, наприклад, вищих вуглеводнів, води, сірководню та вуглекислого газу, завдяки чому може бути здійснено обробку попередньо обробленого потоку сировинного газу 2 у мембранному блоці 4 та може бути отримано та очищено потрібний компонент кінцевого отриманого газу. З допомогою цього попередньо очисного пристрою 3 здійснюють усунення всіх вищезгаданих небажаних компонентів від потоку сировинного газу 2, отже спосіб цієї попередньої обробки потоку сировинного газу 2 полягає у застосуванні лише однієї операції, в результаті чого стає можливим обійтися без застосування стандартних та складних операцій попередньої обробки, наприклад промивання потоку сировинного газу 2, адсорбції з коливаннями температури (TSA) або застосування криогенної установки.

Мембранний блок 4 в цьому разі є особливо налаштованим для втілення мембранного способу або, в іншому випадку, для втілення об'єднаного мембранного способу та способу адсорбції із змінним тиском з кінцевою метою отримання та очищення компонента кінцевого отриманого газу. Цей компонент кінцевого отриманого газу може бути присутнім на виході мембранного блока 4 у вигляді компонента, який знаходиться під великим тиском або, в іншому випадку, під низьким тиском, залежно від конфігурації мембранного блока 4 або як виключно мембранний блок або як пристрій для об'єднаного мембранного очищення та адсорбції із змінним тиском. Наприклад, таким чином стає можливим отримання газового потоку дуже чистого отриманого газу 5, об'ємна частка гелію в якому складає більш ніж 99,0 відсотків.

Потік сировинного газу 2 під великим тиском спрямовують до попередньо очисного пристрою 3, в якому, як було зазначено, відбувається відокремлення небажаних компонентів. Відокремлення складових отриманого попередньо очищеного сировинного газу або отриманого потоку попередньо очищеного сировинного газу 6, який може містити суттєву кількість азоту та гелію здійснюють із застосуванням першої операції мембранного розділення 7 за допомогою мембрани 8, внаслідок чого отримують збагачений гелієм перший пермеат або збагачений гелієм перший потік пермеату 9, який містить, наприклад, азот та гелій, об'ємна частка якого перевищує 30 відсотків та бідний на гелій перший ретентат або бідний на гелій перший потік ретентату 10, який також містить гелій та азот. Отриманий внаслідок першої операції

мембранного розділення 7 ретентат може мати тиск приблизно у 38 бар. Під пермеатом слід розуміти частину потоку попередньо очищеного сировинного газу 6, який проходить крізь мембрану 8 та під ретентатом слід розуміти частину попередньо очищеного потоку сировинного газу 6, який утримується мембраною 8.

5       Стискання збагаченого гелієм першого потоку пермеату 9 вибірково здійснюють з допомогою першого компресору 11 та цей потік подають на пристрій для PSA-очищення гелію 12 (тобто пристрій для адсорбції із змінним тиском гелію). Цей пристрій налаштовують для розділення першого потоку пермеату 9 шляхом адсорбції із змінним тиском на газовий потік високої чистоти отриманого газу 5 та потік продувочного газу 13. Цей пристрій для PSA-очищення гелію 12 входить до складу мембранного блока 4.

10       У другій операції мембранного розділення 14 здійснюють відокремлення другого пермеату або другого потоку пермеату 16 від отриманого з допомогою першої операції мембранного розділення 7 першого потоку ретентату 10 з допомогою мембрани 15. Другий потік пермеату 16 містить гелій та азот та може мати тиск приблизно у 2 бар. Цей другий потік пермеату 16 є змішаним з потоком продувочного газу 13 від пристрою 12 для очищення гелію способом адсорбції із змінним тиском та стиснутим з допомогою другого компресора 17 з більшим тиском, наприклад 39 бар. Цю стиснуту суміш знову подають у потік попередньо очищеного сировинного газу 6 перед початком першої операції мембранного розділення 7. Далі з цього процесу усувають другий ретентат з низьким вмістом гелію або другий потік ретентату 18 з низьким вмістом гелію, який містить суттєву кількість азоту від другої операції мембранного розділення 14 та який може бути спалено або застосовано для збільшення чистоти, об'єму та виходу гелію в обладнанні для попереднього очищення 3. Цей другий потік ретентату 18 може мати тиск приблизно у 37 бар. За рахунок вивільнення потоку сировинного газу 2 від небажаних компонентів з допомогою попереднього очисного пристрою 3 виключається ризик пошкодження мембран 8 та 15.

25       По-перше, слід зазначити, що друга операція мембранного розділення 14 сприяє отриманню суттєвого рівня виходу гелію із застосуванням описаного способу. В цьому разі відбувається відокремлення більшої кількості гелію з першого потоку ретентату 10 від першої операції мембранного розділення 7 у вигляді другого потоку пермеату 16 та його повторне застосування разом з потоком продувочного газу 13 у пристрої 12 для очищення гелію способом адсорбції із змінним тиском. Крім того, вихід гелію з попереднього очисного пристрою 3 також має вирішальне значення для виходу гелію з пристрою 1. Застосування другого потоку ретентату 18 від другої операції мембранного розділення 14 може підняти вихід гелію з попереднього очисного пристрою 3 до дуже великих значень.

30       Повторне застосування потоку продувочного газу 13 з пристрою 12 для очищення гелію способом адсорбції із змінним тиском та другого потоку пермеату 16 з другої операції мембранного розділення 14 призводить до збагачення гелію в обізі. Наведене на Фіг. 1 втілення мембранного блока 4 здійснено лише з ілюстративною метою. Також можливим є впровадження більше або менше двох операцій мембранного розділення 7 та 14. Важливо лише те, що мембранний блок 4 постачає потік ретентату 18, який знаходиться під великим тиском та є суттєво вільним від небажаних компонентів. В той саме час певні концентрації, які є можливими або прийнятними для мембран 8 та 15 можуть бути присутніми у попередньо очищеному потоці сировинного газу 6, тобто існує можливість присутності прийнятних концентрацій небажаних компонентів у другому потоці ретентату 18.

45       Застосування відомих способів PSA, стисло позначених, як PSA (тобто способи адсорбції із змінним тиском) призводить до виникнення значних втрат компонента кінцевого отриманого газу, наприклад гелію. Однак, як правило, потрібно досягти високих виходів компонента кінцевого отриманого газу, тому в даному випадку застосовують попередньо очисний пристрій 3, налаштований до здійснення додаткової операції, яка дозволяє отримати дуже великий вихід компонента кінцевого отриманого газу, що означає мінімізацію втрат цього компонента. Ця додаткова операція полягає у застосуванні дуже стисненого другого потоку ретентату 18 компонента з гіршим проникненням, наприклад азоту, отриманого на боці ретентату другої операції мембранного розділення 14. В цій додатковій операції застосовують принаймні частину цього другого потоку ретентату 18 з метою мінімізації втрат компонента кінцевого отриманого газу за допомогою попереднього очисного пристрою 3.

55       У випадку варіантів мембранної установки, які не потребують великого виходу компонента отриманого газу з допомогою цієї додаткової операції із застосуванням попереднього очисного пристрою 3 та пов'язаного з нею дуже великого виходу компонента кінцевого отриманого газу стає можливим застосування цієї мембранної установки з меншими витратами, оскільки



практично всі втрати компонента кінцевого отриманого газу можуть відбуватися крізь мембранну установку.

Другий потік ретентату 18 від другої або останньої операції мембранного розділення 14 містить певну частку компонента кінцевого отриманого газу, тобто ту частку, яку не було відокремлено з допомогою мембран 8, 15 що таким чином є втратою виходу, отриманого з мембранного блока 4. Другий потік ретентату 18 від останньої операції мембранного розділення 14 слід застосовувати для зазначеної додаткової операції у пристрої для попереднього очищення 3, в результаті чого можна досягнути принаймні часткового відновлення присутнього у другому потоці ретентату 18 компонента кінцевого отриманого газу додаткового збільшення загальної продуктивності установки 1.

За допомогою попередньо очисного пристрою 3 стає можливим здійснити попередню обробку потоку сировинного газу 2 із застосуванням способу з однією операцією, яка дозволяє обійтися без застосування звичайних та складних операцій попередньої обробки. Із застосуванням потоку ретентату 10, 18, отриманого в результаті однієї або кількох операцій мембранного розділення 7 та 14 у пристрої для попереднього очищення 3 стає можливим зменшити до мінімуму втрати компонента кінцевого отриманого газу у пристрої для попереднього очищення 3, отже вони знаходяться в тих саме межах, що й в разі застосування відомих, проте дуже складних та дорогих способів попередньої обробки потоку сировинного газу 2, наприклад промивання, TSA або застосування криогенної установки. Крім того, застосовуючи другий потік ретентату 18 у пристрої для попереднього очищення 3, досягають принаймні часткового відновлення присутнього у ретентаті компонента кінцевого отриманого газу, отже досягають збільшення загального виходу отриманого газу.

Відкидання потоку газу, який відходить або відокремлений від потоку сировинного газу 2 потоку небажаних компонентів 19, здійснюють осторонь від попередньо очисного пристрою 3. В принципі можливим є застосування потоку ретентату 10, 18, отриманого з кожної операції мембранного розділення 7, 14; та застосування другого потоку ретентату 18 від останньої операції мембранного розділення 14 не є вкрай необхідним. Крім того, також не є необхідним застосування всього відповідного потоку ретентату 10, 18; замість цього, можливо застосування лише частини відповідного потоку ретентату 10, 18.

На Фіг. 2 наведено схематичний детальний вигляд ілюстративного втілення такого попередньо очисного пристрою 3. Ця установка для попереднього очищення 3 має будь-яку бажану кількість адсорберів Ads1-Ads6, наприклад, може бути застосовано шість адсорберів Ads1-Ads6, хоча також можливо й застосування 4-16 адсорберів Ads1-Ads6 такого типу. За допомогою шести адсорберів Ads1-Ads6 можливо здійснення процесу, який має назву "шестишарового". Кожен адсорбер Ads1-Ads6 має кілька спеціалізованих клапанів V1-V6 та V9 та, крім того, попередньо очисний пристрій 3 також містить групи клапанів FV03A, FV03B, FV09A, FV09B, PV05A та PV05B. Також є можливим застосування більшої або меншої кількості клапанів та груп клапанів в залежності від кількості адсорберів Ads1-Ads6 та вибраної системи PSA-очищення. До того ж також можливо застосування груп клапанів FV03A, FV03B, FV09A, FV09B, PV05A та PV05B з лише одиничним клапаном у кожному разі.

У стандартному способі PSA-очищення як адсорбенти в адсорберах застосовують специфічні пористі матеріали, як-то цеоліти або активоване вугілля.

Покращений спосіб PP PSA-очищення, який може бути здійснено за допомогою наведеної на Фіг. 2 схеми попередньо очисного пристрою 3 пояснено нижче з посиланням на Фіг. 2, Фіг. 3 та Фіг. 4. На Фіг. 3 показано ілюстративну схему робочого циклу попередньо очисного пристрою 3 та на Фіг. 4 показано приклад профілю тиску першого адсорбера Ads1.

Як наведено на Фіг. 3, схема циклу містить численні послідовності PSA, а саме послідовності PSA A1, A2, E1, E2B, E3B, S1, D1, P1, R3, R2, R1 та R0. Адсорбери Ads1-Ads6 також відповідно може бути позначено, як A1, A2, E1, E2B, E3B, S1, D1, P1, R3, R2, R1 та R0, відповідно по послідовностям PSA, в яких вони є присутніми. Адсорбери Ads1-Ads6 на Фіг. 3 накреслено у вертикальному напрямку та послідовності PSA A1, A2, E1, E2B, E3B, S1, D1, P1, R3, R2, R1 та R0 накреслено у горизонтальному напрямку. Крім того, нижче цієї схеми циклу на графіку позначено відповідний час  $t_{PSA}$  для послідовності PSA (в секундах) та загальний час  $t_{Ges}$  для 6-шарового процесу (в секундах). Також на Фіг. 3 наведено існуючі в адсорберах Ads1-Ads6 у відповідних послідовностях PSA A1, A2, E1, E2B, E3B, S1, D1, P1, R3, R2, R1 та R0 показники кінцевого тиску  $p_{Ads1}$ - $p_{Ads6}$  (в барах). Ця схема циклу містить 12 циклів T1-T12. Після закінчення всіх 12 циклів T1-T12 в точці часу  $t_{Ges}$ , 6-шаровий процес починається знову з циклу T1.

Надалі буде стисло висвітлено про окремі послідовності PSA A1, A2, E1, E2B, E3B, S1, D1, P1, R3, R2, R1 та R0. Кожна з переважно тотожних послідовностей PSA A1 та A2 передбачає застосування адсорбції під великим тиском. В цьому разі потік сировинного газу 2 (цінний

компонент та небажані компоненти) тече крізь відповідний клапан V1 у відповідному адсорбері Ads1 до Ads6. Небажані компоненти (тобто компоненти, які добре всмоктуються) поглинаються адсорбентом та цінний компонент (тобто компонент з гіршою адсорбцією), в цьому випадку гелій, та азот потрапляє до передньої частини адсорбера з допомогою відповідного клапана V2 у вигляді попередньо очищеного потоку сировинного газу 6. Наприклад, адсорбер Ads1 працює з послідовністю PSA A1 (див. першу колонку "Цикл T1" на Фіг. 3) в циклі T1 та з послідовністю PSA A2 (див. другу колонку "Цикл T2" на Фіг. 3) в циклі T2.

В послідовності PSA E1/R1 здійснюють перше вирівнювання тиску. Виконання послідовностей PSA E1 та R1 завжди здійснюють разом, що означає, що ці два адсорбери з адсорберів Ads1-Ads6 є зв'язаними. Наприкінці адсорбції, тобто після послідовності PSA A1, A2, значна частка цінного компонента все ще зберігається у призначеному для відновлення адсорбері та ця частка не повинна бути втраченою, тому, наскільки це можливо, її треба відновити з метою збільшення виходу способу PSA-очищення. З цією метою адсорбер E1 (адсорбер Ads6 у випадку циклу T1) вивільнює газ крізь розташований у верхній частині клапан V5 до адсорбера R1 (адсорбер Ads2 у випадку циклу T1) та адсорбер R1 також має власний відкритий клапан V5, отже зберігає певну частку цінного компонента, присутнього у верхній частині адсорбера E1 Ads6 у адсорбері R1 Ads2.

Вирівнювання тиску в послідовності PSA E2B/R2 здійснюють з витісненням об'ємної фази. Виконання послідовностей PSA E2B та R2 завжди здійснюють разом, що означає, що ці два адсорбери з адсорберів Ads1-Ads6 є зв'язаними. Після виконання послідовності PSA E1/R1, значна частка цінного компонента все ще зберігається у призначеному для відновлення адсорбері та ця частка не повинна бути втраченою, тому, наскільки це можливо, її треба відновити з метою збільшення виходу способу PSA-очищення. З цією метою адсорбер E2B (адсорбер Ads6 у випадку циклу T2) вивільнює газ крізь розташований у верхній частині клапан V6 до адсорбера R2 (адсорбер Ads3 у випадку циклу T2) та адсорбер R2 також має власний відкритий клапан V6, отже зберігає певну частку цінного компонента, присутнього у верхній частині адсорбера у адсорбері R2 Ads3. Як приклад, на Фіг. 2 показано збільшення тиску у адсорбері R2 Ads5 за допомогою адсорбера E2B Ads3 та другого потоку ретентату 18 (лінія довгих напівжирних рисок).

Послідовність PSA E3B/R3 є тотожною послідовності PSA E2B/R2 відносно вирівнювання тиску з витісненням об'ємної фази. Адсорбер E3B в циклі T1 є адсорбером Ads5 та адсорбер R3 в циклі T1 є адсорбером Ads3. Наприкінці виконання послідовності PSA E3B дуже велика частка цінного компонента, яка все ще знаходиться в адсорбері Ads5 E3B в кінці фази адсорбції залишається збереженою від адсорбера Ads5 E3B в адсорбері Ads3 R3, що мінімізує втрати цінного компонента та робить максимальним його вихід. Це стосується не тільки гелію, переміщеного лише з верхньої частини адсорбера, але й гелію з усього адсорбера. Як правило, в кінці адсорбції, сировинний газ з гелієм сконцентровано в нижній частині адсорбера та збагачений гелієм газ має найвищу концентрацію гелію у верхній частині адсорбера.

Послідовність PSA S1/P1 полягає у наданні продувочного газу. Адсорбер S1 (адсорбер Ads5 у випадку циклу T2) вивільнює газ крізь розташований у верхній частині клапан V3 до адсорбера P1 (адсорбер Ads4 у випадку циклу T2) та цей адсорбер P1 Ads4 має відкриті клапани V3 та V4. Вивільнений адсорбером S1 Ads5 газ продувається крізь адсорбер P1 Ads4, таким чином відновлюючи його. Також там виникає десорбція небажаних компонентів з поверхні адсорбенту та їх вивільнення разом з продувочним газом крізь клапан V4 в потоці небажаних компонентів 19. Вибірково у верхній частині адсорбера P1 Ads4 можливо здійснити подавання утримуваного газу, зокрема азоту, від другого потоку ретентату 18 додатково або виключно крізь групи клапанів FV03A та FV03B, отже таким чином продування адсорбера P1 Ads4 буде навіть більш ефективним. Як приклад, див. наведене на Фіг. 2 продування адсорбера P1 Ads6 за допомогою другого потоку ретентату 18 (позначено напівжирною безперервною лінією).

Послідовність PSA D1 (D=скидання) описує вивільнення залишкового газу в потік небажаного компонента 19. В цьому разі, позосталий газ далі не застосовують для способу PSA у адсорбері D1 (адсорбер Ads4 у випадку циклу T1), але він вивільнюється в потоці небажаних компонентів 19 крізь відкритий клапан V4.

Послідовність PSA R0 описує останній цикл збільшення тиску. Адсорбер R0 (адсорбер Ads2 у випадку циклу T2) є стисненим під великим тиском газовим продуктом PSA-очищення з попереднього потоку сировинного газу 6, який надходить через клапани PV05A та PV05B та клапан V5, розташований у верхній частині адсорбера Ads2 R0. Потім адсорбер Ads2 R0 може знову почати фазу адсорбції та знову приймати участь у циклі PSA-очищення. Вибірково, як наведено на Фіг. 2 (позначено короткими напівжирними рисочками), адсорбер R0, тобто в цьому разі адсорбер Ads2 також може бути стиснено утримуваним газом (азот) з другого потоку

ретентату 18. В цьому разі клапани PV05A та PV05B будуть доступними не для попереднього очищеного потоку сировинного газу 6, а для другого потоку ретентату 18. Останній цикл збільшення тиску R0 також може бути здійснено з допомогою інших клапанів, наприклад крізь групи клапанів FV03A, FV03B, FV09A, FV09B. Додатково слід зазначити, що останній цикл збільшення тиску також може бути здійснено з сировинним газом крізь клапан V1.

Ілюстративне зображення профілю тиску наведено на Фіг. 4, в якому на горизонтальній осі нанесено показники часу  $t_{Ges}$  та на вертикальній осі нанесено показники кінцевого тиску  $p_{Ads1}$  адсорбера Ads1 (бар). Цей профіль тиску відповідає циклом T1-T12 адсорбера Ads1. Перш за все слід зазначити, що послідовності PSA A1 та A2 здійснюються з великим кінцевим тиском  $p_{Ads1}$  у 40 бар. В цьому разі потік сировинного газу 2 вивільнюється від небажаних компонентів, які всмоктуються адсорбентом. Після проходження циклу A2, адсорбер Ads1 є повністю завантаженим та потребує відновлення.

У наступній послідовності PSA E1, в якій адсорбер Ads3 діє, як адсорбер R1 (цикл T3 на Фіг. 3) здійснюють перше вирівнювання тиску. Для того, щоб мати можливість відновлення цінного компонента, присутнього після здійснення послідовностей PSA A1 та A2, адсорбер Ads1 E1 вивільнює газ крізь відкриті клапани V5 у верхню частину до адсорбера Ads3 R1. В послідовності PSA E2B, вивільнення газу з адсорбера Ads1 здійснюють за допомогою відкритих клапанів V6 у верхню частину до адсорбера Ads 4 R2 (цикл T4 на Фіг. 3). Додатково слід зазначити, що зараз існує можливість спрямовувати утримуваний газ від другого потоку ретентату 18 крізь групи клапанів FV09A та FV09B та крізь клапан V9 в нижній частині в адсорбер Ads1 E2B з метою витіснення присутньої в адсорбері Ads1 E2B першої частини цінного компонента у адсорбер Ads4 R2.

Послідовність PSA E2B здійснюють в циклі T5 перед виконанням послідовності PSA E3B. В цьому разі адсорбер Ads5 є відповідним адсорбером R3 (цикл T5 на Фіг. 3) адсорбера Ads1 E3B. Наприкінці послідовності PSA E3B здійснюють збереження в R-адсорберах Ads4 та Ads5 дуже великої частки цінного компонента, яка залишається присутньою в адсорбері Ads1 в кінці фази адсорбції (послідовності PSA A1 та A2).

В наступній послідовності PSA S1 адсорбер Ads1 S1 вивільнює газ з допомогою відкритого клапану V5 у верхню частину до адсорбера Ads6 P1 (цикл T6 на Фіг. 3), який в цьому процесі має відкриті клапани V3 та V4. Таким чином здійснюють продування адсорбера Ads6 P1 та його відновлення з газом, який надходить від адсорбера Ads1 S1. В послідовності PSA D1 (цикл T7 на Фіг. 3), позосталий газ у адсорбері Ads1 D1 надходить крізь клапан V4 до потоку небажаного компонента 19. Як видно на Фіг. 4, адсорбер Ads1 в цей час практично має тиск навколишнього середовища.

Після послідовності PSA D1 в циклі T8 здійснюють послідовність PSA P1, відповідно відновлюючи адсорбер Ads1. В цьому разі здійснюють вивільнення газу з адсорбера Ads2 S1 з допомогою відкритих клапанів V3 у верхню частину до адсорбера Ads1 P1, який в цьому процесі має відкритий клапан V4, з метою подавання продувочного газу до потоку небажаного компонента 19. Додатково слід зазначити можливість додаткового або виключного постачання утримуваного газу від другого потоку ретентату 18 у верхню частину адсорбера Ads1 P1 крізь групи клапанів FV03A та FV03B з метою його більш ефективного продування.

Вирівнювання тиску здійснюють в наступних послідовностях PSA R3 та R2. В цьому разі адсорбером Ads3 є адсорбер E3B (цикл T9 на Фіг. 3) та адсорбером Ads4 є адсорбер E2B (цикл T10 на Фіг. 3). Кожен з адсорберів Ads3 E3B та Ads4 E2B успішно вивільнює газ за допомогою відкритого клапану V6 у верхню частину адсорбера Ads1 R3 або R2, який також, в свою чергу, має відкритий клапан V6. Цей газ містить значну частину відновлюваного цінного компонента. Крім того, утримуваний газ від другого потоку ретентату 18 спрямовують крізь групи клапанів FV09A та FV09B та відповідний клапан V9 у адсорбері Ads3 E3B та адсорбері Ads4 E2B, внаслідок чого здійснюють подавання цінного компонента в адсорбер Ads1 та, як наведено на Фіг. 4, в цьому разі досягають збільшення тиску. Особливо корисним в цьому процесі є те, що другий потік ретентату 18, по-перше, подають під великим тиском та, по-друге, він має низький рівень небажаних компонентів та головним чином містить азот, отже в цьому разі можна обійтися без компресора для підвищення тиску. Небажані компоненти не потребують повного відокремлення від сировинного газу 2 у пристрої для попереднього очищення 3. Докладно кажучи, ріст концентрації небажаних компонентів в принципі є можливим та допустимим у разі, якщо їх концентрація не призводить до будь-якого погіршення мембранного блока 4. Отже, також можливо знехтувати присутністю певної частки небажаних компонентів в кожному з потоків ретентату 10, 18, особливо в другому потоці ретентату 18, тобто в потоці, застосованому для попереднього очисного пристрою 3.

Адсорбер Ads5 в наступній послідовності PSA R1 є адсорбером E1 (цикл T11 на Фіг. 3). Адсорбер Ads5 E1, який більш не має здатності до адсорбції, отже зберігає у верхній частині значну частку цінного компонента, вивільнює газ до відновленого адсорбера R1 Ads1 з допомогою відкритих клапанів V5. Цінний компонент з адсорбера Ads5 E1 зберігається в адсорбері Ads1 R1.

У циклі T12, адсорбер Ads1 в послідовності PSA R0 знаходиться під великим тиском з газовим продуктом PSA від попередньо очищеного потоку сировинного газу 6, який надходить з допомогою відкритих клапанів PV05A, PV05B та V5, в якому тоді величина кінцевого тиску  $p_{Ads1}$  є такою ж, як на початку циклу PSA-очищення та знову складає 40 бар. Потім адсорбер Ads1 може знову бути застосовано для початку фази адсорбції (цикл T1 на Фіг. 3) та знову приймати участь в циклі PSA-очищення. Вибірково адсорбер Ads1 R0 також може бути стиснено з утримуванням газом від другого потоку ретентату 18.

Схематично наведений на Фіг. 5 спосіб отримання гелію з гелійвмісного сировинного газу 2 полягає у застосуванні кількох операцій ST1-ST4. В операції ST1 сировинний газ, який містить гелій 2 подають до попередньо очисного пристрою 3 з усуненням з допомогою цієї пристрою з нього небажаних компонентів шляхом процесу адсорбції із змінним тиском з отриманням попередньо очищеного сировинного газу 6. У наступній операції ST2 попередньо очищений сировинний газ 6 подають до мембранного блока 4, розташованого за попередньо очисним пристроєм 3, який має принаймні одну мембрану 8, 15, яка є більш легко проникною для гелію, ніж для принаймні одного додаткового компонента, присутнього у попередньо очищеному сировинному газі 6, наприклад, азоту.

У додатковій операції ST3, стиснений другий потік ретентату 18, який не пройшов принаймні через одну мембрану 8, спрямовують до попередньо очисного пристрою 3. У операції ST4, газ з високим вмістом гелію з допомогою стисненого потоку ретентату 18 переміщують від адсорбера E2B, E3B, який підлягає відновленню у пристрої для попереднього очищення 3, до вже відновленого адсорбера R2, R3 у складі того ж пристрою.

Завдяки переміщенню цінного компонента, присутнього у вже позбавленому адсорбційних властивостей адсорбері E1, E2B та E3B, до здатного до адсорбції адсорбера R в послідовності PSA E1/R1, E2B/R2 та E3B/R3 стає можливим отримання газового отриманого газу з особливо великим виходом цінного компонента. Завдяки застосуванню утримуваного газу під великим тиском з другого потоку ретентату 18 для витіснення цінного компонента до адсорбера R та збільшення тиску стає можливим уникнути застосування компресора для підвищення цього тиску. Додатково слід зазначити, що також можливо отримання тієї кількості гелію, яка залишається в другому потоці ретентату 18.

Хоча винахід описано із застосуванням робочих прикладів, його також можна різним чином модифікувати.

Посилання на застосовані позначки

1 - промислова установка

2 - потік сировинного газу/сировинний газ

3 - попередньо очисний пристрій

4 - мембранний блок

5 - потік газового отриманого газу

6 - потік попередньо очищеного сировинного газу/попередньо очищений сировинний газ

7 - перша операція мембранного розділення

8 - мембрана

9 - перший потік пермеату/перший пермеат

10 - перший потік ретентату/перший ретентат

11 - перший компресор

12 - пристрій для очищення гелію способом адсорбції із змінним тиском (так званий "пристрій для PSA-очищення гелію")

13 - потік продувочного газу

14 - друга операція мембранного розділення

15 - мембрана

16 - другий потік пермеату/другий пермеат

17 - другий компресор

18 - другий потік ретентату/другий ретентат

19 - потік небажаного компонента Ads1 адсорбер

Ads2 - адсорбер

Ads3 - адсорбер

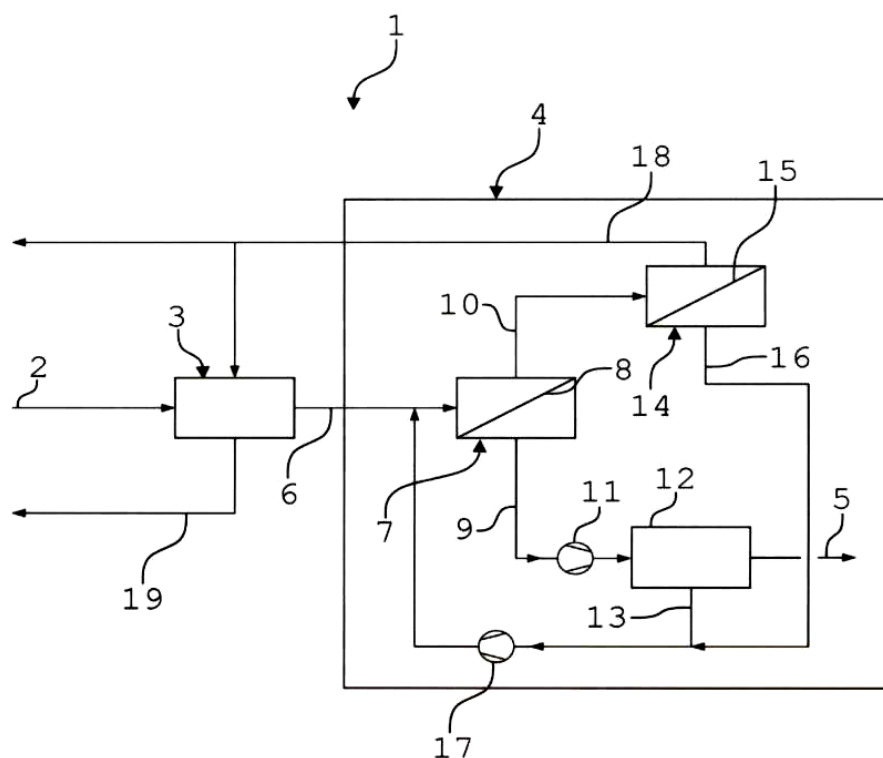
Ads4 - адсорбер

	Ads5 - адсорбер
	Ads6 - адсорбер
	A1 - послідовність PSA/адсорбер
	A2 - послідовність PSA/адсорбер
5	D1 - послідовність PSA/адсорбер
	E1 - послідовність PSA/адсорбер
	E2B - послідовність PSA/адсорбер
	E3B - послідовність PSA/адсорбер
	FV03A - група клапанів
10	FV09A - група клапанів
	FV03B - група клапанів
	FV09B - група клапанів
	PV05A - група клапанів
	PV05B - група клапанів
15	R0 - послідовність PSA/адсорбер
	R1 - послідовність PSA/адсорбер
	R2 - послідовність PSA/адсорбер
	R3 - послідовність PSA/адсорбер
	$p_{Ads1}$ - кінцевий тиск
20	$p_{Ads2}$ - кінцевий тиск
	$p_{AdS3}$ - кінцевий тиск
	$p_{Ads4}$ - кінцевий тиск
	$p_{Ads5}$ - кінцевий тиск
	$p_{Ads6}$ - кінцевий тиск
25	P1 - послідовність PSA/адсорбер
	S1 - послідовність PSA/адсорбер
	ST1 - операція
	ST2 - операція
	ST3 - операція
30	ST4 - операція
	$t_{Ges}$ - час
	$t_{PSA}$ - час
	T1 - цикл
	T2 - цикл
35	T3 - цикл
	T4 - цикл
	T5 - цикл
	T6 - цикл
	T7 - цикл
40	T8 - цикл
	T9 - цикл
	T10 - цикл
	T11 - цикл
	T12 - цикл
45	V1 - клапан
	V2 - клапан
	V3 - клапан
	V4 - клапан
	V5 - клапан
50	V6 - клапан
	V9 – клапан

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб отримання гелію із гелійвмісного сировинного газу (2), який полягає у:  
подаванні (ST1) гелійвмісного сировинного газу (2) у попередньо очисний пристрій (3) з  
5 усуненням небажаних компонентів із гелійвмісного сировинного газу (2) в процесі адсорбції із  
змінним тиском за допомогою попередньо очисного пристрою (3) з метою отримання  
попередньо очищеного сировинного газу (6);  
подаванні (ST2) попередньо очищеного сировинного газу (6) до мембранного блока (4), частини  
розташованого за попередньо очисним пристроєм (3), та такого, що має принаймні одну  
10 мембрану (8, 15), яка є більш проникною для гелію, ніж для принаймні одного додаткового  
компонента, присутнього в попередньо очищеному сировинному газі (6);  
подаванні (ST3) стисненого потоку (18) ретентату з низьким вмістом гелію, який не пройшов  
крізь принаймні одну мембрану (8, 15) з мембранного блока (4) до попередньо очисного  
пристрою (3) для попереднього очищення; та  
15 витісненні (ST4) газу з високим вмістом гелію з допомогою стисненого потоку (18) ретентату з  
низьким вмістом гелію з відновлюваного адсорбера (E2B, E3B) попередньо очисного пристрою  
(3) у вже відновлений адсорбер (R2, R3) попередньо очисного пристрою (3).
2. Спосіб за п. 1, в якому перший потік (9) пермеату подають до пристрою (12) мембранного  
блока (4) для очищення гелію способом адсорбції із змінним тиском, з допомогою якого перший  
20 потік (9) пермеату очищують до отримання чистого гелію, об'ємна частка якого перевищує  
99,0 %.
3. Спосіб за п. 1 або 2, в якому стиснений потік (18) ретентату з низьким вмістом гелію має тиск  
35-40 бар, переважно 36-39 бар, більш переважно 37 бар.
4. Спосіб за будь-яким з пп. 1-3, в якому стиснений потік (18) ретентату з низьким вмістом гелію  
25 є потоком, багатим на азот, або в якому стиснений потік (18) ретентату з низьким вмістом гелію  
є потоком, багатим на метан.
5. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, в якому принаймні одним додатковим компонентом, присутнім у  
попередньо очищеному сировинному газі (6), є азот.
6. Спосіб за будь-яким з пп. 1-5, в якому небажані компоненти включають діоксид вуглецю, вищі  
30 вуглеводні, діоксид сірки та/або воду.
7. Спосіб за будь-яким з пп. 1-6, в якому стиснений потік (18) ретентату з низьким вмістом гелію  
застосовано для відновлення відновлюваного адсорбера (P1) у попередньо очисному пристрої  
(3), та/або в якому стиснений потік (18) ретентату з низьким вмістом гелію застосовано для  
збільшення тиску в стиснуваному адсорбері (R0, R1) попередньо очисного пристрою (3).
- 35 8. Спосіб за будь-яким з пп. 1-7, в якому застосовують лише частину стисненого потоку (18)  
ретентату з низьким вмістом гелію.
9. Спосіб за будь-яким з пп. 1-8, в якому витіснення (ST4) газу з високим вмістом гелію за  
допомогою стисненого потоку (18) ретентату з низьким вмістом гелію передус вивільненню газу  
з високим вмістом гелію з відновлюваного адсорбера (E1) до вже відновленого адсорбера (R1).
- 40 10. Спосіб за будь-яким з пп. 1-9, в якому перший стиснений потік (10) ретентату з низьким  
вмістом гелію отримують з першого стисненого потоку (10) ретентату з низьким вмістом гелію з  
допомогою мембранного блока (4) з першої операції (7) мембранного розділення, та другого  
стисненого потоку (18) ретентату з низьким вмістом гелію з другої операції (14) мембранного  
розділення, причому останній постачають в попередньо очисний пристрій (3).
- 45 11. Спосіб за п. 10, в якому перший потік (9) пермеату з великим вмістом гелію отримують з  
першої операції (7) мембранного розділення, та його подають у пристрій (12) для очищення  
гелію способом адсорбції із змінним тиском мембранного блока (4) для відокремлення потоку  
(5) отриманого газу з великим вмістом гелію.
12. Спосіб за п. 11, в якому перший потік (9) пермеату з великим вмістом гелію, перед  
50 надходженням у пристрій (12) для очищення гелію способом адсорбції із змінним тиском,  
стискають за допомогою першого компресора (11).
13. Спосіб за п. 11 або 12, в якому другий потік (16) пермеату з великим вмістом гелію  
отримують з другої операції (14) мембранного розділення та знову повертають до першої  
операції (7) мембранного розділення разом з потоком (13) продувочного газу з пристрою (12)  
55 для очищення гелію способом адсорбції із змінним тиском.
14. Спосіб за п. 13, в якому другий потік (16) пермеату з великим вмістом гелію та потік (13)  
продувочного газу з пристрою (12) для очищення гелію способом адсорбції із змінним тиском є  
стиснутими разом за допомогою другого компресора (17) перед надходженням до першої  
операції (7) мембранного розділення.

15. Промислова установка (1), особливо для здійснення способу за будь-яким з пп. 1-14 для отримання гелію із гелійвмісного сировинного газу (2), яка містить попередньо очисний пристрій (3), налаштований для відокремлення небажаних компонентів від гелійвмісного сировинного газу (2), з допомогою процесу адсорбції із змінним тиском з метою отримання попередньо очищеного сировинного газу (6), мембранний блок (4), який розташований за попередньо очищеним пристроєм (3), та такий, що містить принаймні одну мембрану (8, 15), яка є більш проникною для гелію, ніж для принаймні одного додаткового компонента, присутнього у попередньо очищеному сировинному газі (6), з метою отримання стисненого потоку (18) ретентату з низьким вмістом гелію, який не пройшов принаймні через одну мембрану (8,15), причому попередньо очисний пристрій (3) містить кілька адсорберів (Ads1-Ads6) та кілька груп клапанів (FV09A, FV09B, V6, V9), які виконано з можливістю перемикавання таким чином, що за допомогою стисненого потоку (18) ретентату з низьким вмістом гелію можливо витіснити газ з високим вмістом гелію з відновлюваного адсорбера (E2B, E3B) до вже відновленого адсорбера (R2, R3).



Фіг. 1

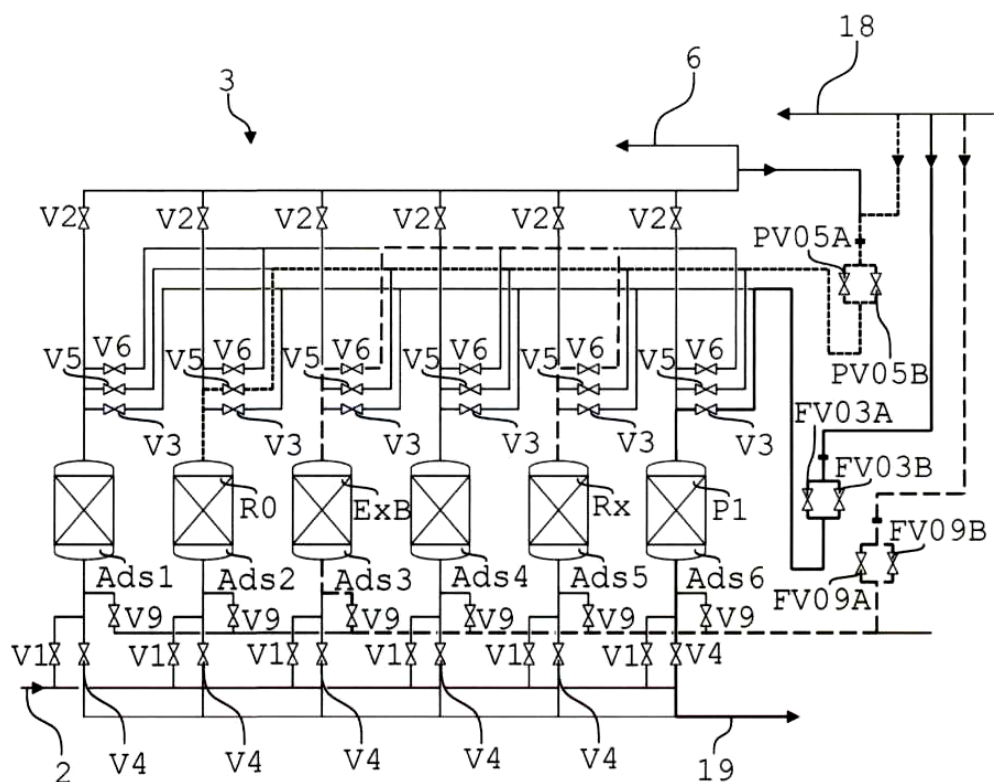
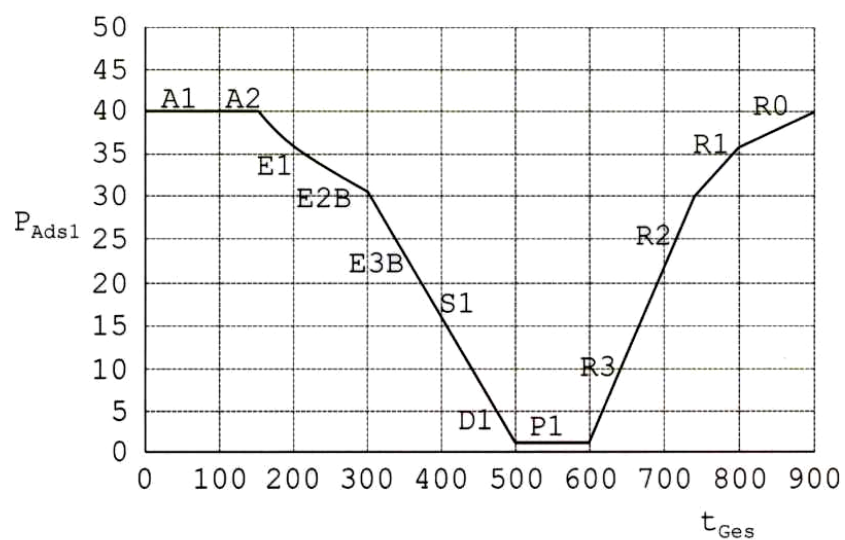


Fig. 2

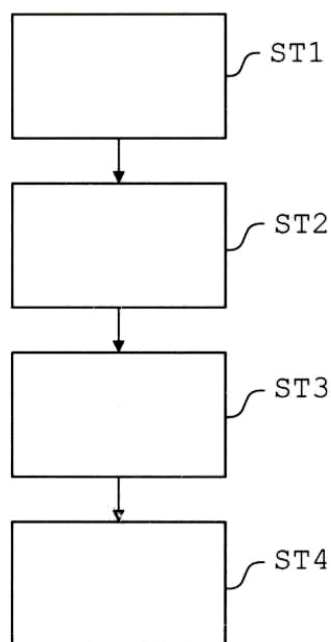
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Ads1	A1	A2	E1	E2B	E3B	S1	D1	P1	R3	R2	R1	R0
Ads2	R1	R0	A1	A2	E1	E2B	E3B	S1	D1	P1	R3	R2
Ads3	R3	R2	R1	R0	A1	A2	E1	E2B	E3B	S1	D1	P1
Ads4	D1	P1	R3	R2	R1	R0	A1	A2	E1	E2B	E3B	S1
Ads5	E3B	S1	D1	P1	R3	R2	R1	R0	A1	A2	E1	E2B
Ads6	E1	E2B	E3B	S1	D1	P1	R3	R2	R1	R0	A1	A2
$t_{PSA}$	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
$t_{GES}$	50	150	200	300	350	450	500	600	650	750	800	900
$P_{Ads1}$	40.0	40.0	36.0	31.0	24.0	10.0	1.5	1.5	12.5	30.5	35.5	40.0
$P_{Ads2}$	35.5	40.0	40.0	40.0	36.0	31.0	24.0	10.0	1.5	1.5	12.5	30.5
$P_{Ads3}$	12.5	30.5	35.5	40.0	40.0	40.0	36.0	31.0	24.0	10.0	1.5	1.5
$P_{Ads4}$	1.5	1.5	12.5	30.5	35.5	40.0	40.0	40.0	36.0	31.0	24.0	10.0
$P_{Ads5}$	24.0	10.0	1.5	1.5	12.5	30.5	35.5	40.0	40.0	40.0	36.0	31.0
$P_{Ads6}$	36.0	31.0	24.0	10.0	1.5	1.5	12.5	30.5	35.5	40.0	40.0	40.0

Fig. 3





Фіг. 4



Фіг. 5