



УКРАЇНА

(19) **UA**
(51) МПК(11) **115467**(13) **C2**

C10L 3/10 (2006.01)
B01D 53/02 (2006.01)
B01D 53/04 (2006.01)
B01J 20/28 (2006.01)
B01J 20/34 (2006.01)
C01B 32/30 (2017.01)
C07C 7/12 (2006.01)
C07C 9/04 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

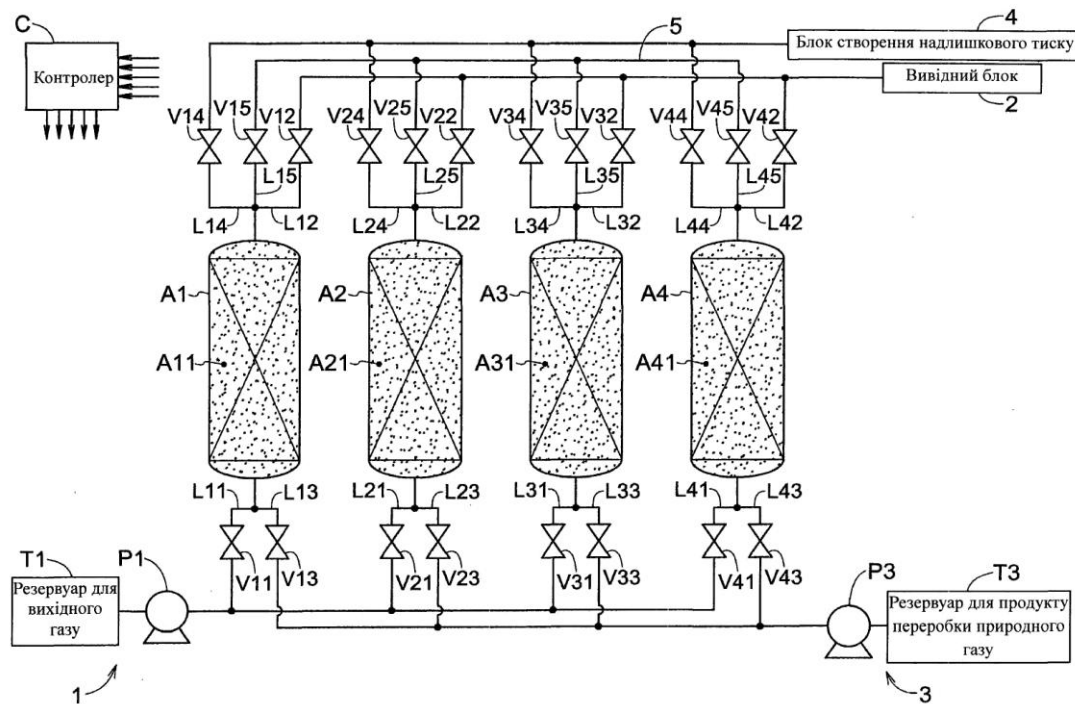
(21) Номер заявки: а 2015 08765	(72) Винахідник(и): Кавасіма Сьота (JP), Утакі Такахіса (JP)
(22) Дата подання заявки: 27.02.2014	(73) Власник(и): ОСАКА ГЕС КО., ЛТД., 1-2, Hiranomachi 4-chome, Chuo-ku, Osaka-shi, Osaka 5410046, Japan (JP)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.11.2017	(74) Представник: Дубинський Михайло Ілліч, реєстр. №70
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 2013-041898	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: JP 55012295 B1, 01.04.1980 WO 2011118406 A1, 29.09.2011 JP 2006501996 A, 19.01.2006
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 04.03.2013	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: JP	
(41) Публікація відомостей про заявку: 25.02.2016, Бюл.№ 4	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.11.2017, Бюл.№ 21	
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: РСТ/JP2014/054844, 27.02.2014	

(54) СПОСІБ КОНЦЕНТРУВАННЯ ГАЗУ МЕТАНУ**(57) Реферат:**

Концентрування метану додатково поліпшується, якщо газ метан концентрується з застосуванням PSA. У разі забезпечення адсорбційних колон (з A1 по A4), заповнених адсорбентами (з AH по A41), які адсорбують газ метан у шахтному газі, та виконання циклу PSA для кожної з адсорбційних колон (з A1 по A4) кілька різних станів внутрішнього тиску адсорбційної колони (з A1 по A4) встановлюють як стан проміжного тиску. Як етап вирівнювання тиску (скидання тиску) виконують первісний етап вирівнювання тиску (скидання тиску) передачі газу в одній з адсорбційних колон (з A1 по A4), яка перебуває у стані високого тиску, до верхньої частини іншої з адсорбційних колон (з A1 по A4), яка перебуває у стані проміжного тиску, при тиску, нижчому за тиск верхньої частини однієї з адсорбційних колон (з A1 по A4), для приведення тиску в одній з адсорбційних колон (з A1 по A4) у стан проміжного тиску на стороні високого тиску, та кінцевий етап вирівнювання тиску (скидання тиску) передачі газу в одній з адсорбційних колон (з A1 по A4) тобто, у стані проміжного тиску на стороні

UA 115467 C2

високого тиску при тиску, вищому за стан низького тиску, до іншої з адсорбційних колон (з A1 по A4), яка перебуває у стані низького тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон (з A1 по A4) у стан проміжного тиску на стороні низького тиску.



Галузь винаходу

Даний винахід стосується способу концентрування газу метану, який включає:

забезпечення чотирьох або більшої кількості адсорбційних колон, кожна з яких заповнюється адсорбентом, який адсорбує газ метан; та

5 виконання для кожної з адсорбційних колон циклу PSA (адсорбції при змінному тиску – Pressure Swing Adsorption) з повторенням у такому порядку:

адсорбційний етап приймання газу метану, що подається у стані високого тиску, наближеного до атмосферного тиску, та адсорбування газу метану на адсорбент;

10 етап вирівнювання тиску (скидання тиску) передачі газу в адсорбційній колоні, в якій закінчився адсорбційний етап, і яка перебуває у стані високого тиску, до іншої адсорбційної колони у стані низького тиску для приведення внутрішнього простору адсорбційної колони у стан проміжного тиску;

етап декомпресії, після зниження внутрішнього тиску колони на етапі вирівнювання тиску (скидання тиску), з подальшою декомпресією адсорбенту до стану низького тиску для десорбування газу метану, адсорбованого на адсорбент, та видобування цього газу метану;

15 етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), після закінчення етапу декомпресії, з прийманням газу від іншої адсорбційної колони, яка перебуває у стані більш високого тиску, для приведення внутрішнього простору адсорбційної колони у стан проміжного тиску; та

20 етап створення надлишкового тиску, після підвищення внутрішнього тиску колони на етапі вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), з подальшою подачею стиснутого газу до адсорбційної колони для повторного приведення адсорбенту у стан високого тиску, що забезпечує можливість вибіркового адсорбування газу метану.

Рівень техніки

25 У разі ефективного використання горючого газу необхідно відокремити газ, такий, як повітря, від вихідного газу, який містить горючий газ, і концентрувати горючий газ до належного діапазону концентрації. Пропонувалися різні подібні пристрої та способи концентрування горючого газу, і пропонувалися винаходи, згідно з якими газ (так званий шахтний газ), який утворюється у вугільній шахті у формі метановмісного газу, використовується як вихідний газ, повітря (яке здебільшого містить азот, кисень та діоксид вуглецю) відокремлюють від вихідного газу шляхом застосування адсорбенту і газ метан концентрують для використання.

30 Більш конкретно у Патентному документі 1 пропонується винахід пристрою та способу концентрування газу метану. Згідно з винаходом, завдяки застосуванню природного цеоліту, який має набагато нижчу швидкість адсорбції газу метану порівняно з азотом, як адсорбенту (тобто, при застосуванні адсорбента, який переважно адсорбує азот, кисень та діоксид вуглецю до газу метану), шахтний газ вводять в адсорбційну колону, заповнену адсорбентом, за допомогою компресора або іншого подібного пристрою до досягнення заданого тиску. Потім азот, кисень та діоксид вуглецю, які містяться у шахтному газі, адсорбуються першими у передній частині (нижній частині) адсорбційної колони, та газ метан, швидкість адсорбції якого є низькою, адсорбується у задній частині (верхній частині) адсорбційної колони. Крім того, газ метан вивільнюється з верхньої частини адсорбційної колони, доки не досягає атмосферного тиску.

45 Таким чином, повітря може бути відокремлене від шахтного газу як вихідного газу шляхом застосування адсорбенту, газ метан може бути концентрований, і концентрований газ метан може застосовуватись як паливо або з іншою подібною метою.

Тобто, як цикл PSA, передбачається конфігурація, оснащена контрольним засобом для послідовного виконання етапу адсорбції горючого газу подачі вихідного газу до адсорбційної колони за допомогою засобу подачі та випускання і випускання відпрацьованого газу з адсорбційної колони та етапу десорбції горючого газу збирання горючого газу, десорбованого збиральним засобом.

50 Крім того, як такий цикл PSA, розглядається виконання етапу вирівнювання тиску передачі газу в адсорбційній колоні, в якій закінчився адсорбційний етап, і яка перебуває у стані високого тиску, до іншої адсорбційної колони у стані низького тиску для приведення внутрішнього простору адсорбційної колони у стан проміжного тиску та етапу вирівнювання тиску приймання, після закінчення етапу декомпресії, газу з іншої адсорбційної колони, яка перебуває у стані більш високого тиску, для приведення внутрішнього простору адсорбційної колони у стан проміжного тиску, що поліпшує ефективність енергії, яка вимагається для створення надлишкового тиску та скидання тиску в адсорбційних колонах, та підвищення швидкості видобування газу, який підлягає концентруванню.

Слід зазначити, що згідно з даним винаходом, з пари адсорбційних колон, у яких виконуються етапи вирівнювання тиску, етап вирівнювання тиску, який виконується адсорбційною колоною, внутрішній тиск якої знижується шляхом передачі газу до іншої колони, називається етапом вирівнювання тиску (скидання тиску), а етап вирівнювання тиску, який виконується адсорбційною колоною, внутрішній тиск якої збільшується шляхом приймання газу з іншої колони, називається етапом вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску).

Крім того, у Патентному документі 2 також розкривається спосіб концентрування газу гелію, який включає:

забезпечення чотирьох адсорбційних колон, кожна з яких заповнюється адсорбентом, який адсорбує газ метан та азот; та

у разі виконання для кожної з адсорбційних колон циклу PSA при виконанні:

адсорбційного етапу приймання поданого газу метану, що містить гелій, адсорбування газу метану на адсорбент та видобування газу гелію;

етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) передачі газу в адсорбційній колоні, в якій закінчився адсорбційний етап, і яка перебуває у стані високого тиску, до іншої адсорбційної колони у стані низького тиску для приведення внутрішнього простору адсорбційної колони у стан проміжного тиску;

етапу декомпресії, після зниження внутрішнього тиску колони на етапі вирівнювання тиску (скидання тиску), з подальшою декомпресією адсорбенту до стану низького тиску для десорбування газу метану, адсорбованого на адсорбент;

етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) приймання, після закінчення етапу декомпресії, газу з іншої адсорбційної колони, яка перебуває у стані більш високого тиску, для приведення внутрішнього простору адсорбційної колони у стан проміжного тиску; та

етапу створення надлишкового тиску, після підвищення внутрішнього тиску колони на етапі вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), з подальшою подачею стиснутого газу до адсорбційної колони для повторного приведення адсорбенту у стан високого тиску, що забезпечує можливість вибіркового адсорбування газу метану,

два різні стани тиску внутрішнього тиску адсорбційної колони встановлюють як стан проміжного тиску,

спосіб включає, як етап вирівнювання тиску (скидання тиску),

первісний етап вирівнювання тиску (скидання тиску) передачі газу в одній з адсорбційних колон, яка перебуває у стані високого тиску, до іншої з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску, при тиску, нижчому за тиск однієї з адсорбційних колон, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні високого тиску та

кінцевий етап вирівнювання тиску (скидання тиску) передачі газу в одній з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску на стороні високого тиску, при тиску, вищому за стан низького тиску, до іншої з адсорбційних колон, яка перебуває у стані низького тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні низького тиску, і

етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) включає:

первісний етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) приймання газу в одній з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску на стороні високого тиску, до іншої з адсорбційних колон, яка перебуває у стані низького тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні низького тиску; та

кінцевий етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) приймання до однієї з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску на стороні низького тиску, газу в іншій з адсорбційних колон, яка перебуває у стані високого тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні високого тиску.

Документи існуючого рівня техніки

Патентні документи

Патентний документ 1: JP S58-198591A

Патентний документ 2: JP H02-503553W (зокрема, ФІГ. 3)

Опис винаходу

Проблема, яку розв'язує винахід

Хоча технологія, розкрита у Патентному документі 2, є технологією видобування газу гелію, який не є адсорбованим на адсорбент, вона також являє собою технологію видобування газу метану, адсорбованого на етапі декомпресії. Таким чином, можна зрозуміти, що ця технологія може бути застосована як спосіб концентрування газу метану, який міститься у шахтному газі, незалежно від того, чи міститься гелій у шахтному газі.

Однак вищеописана технологія являє собою технологію видобування газу гелію, який не був адсорбований на адсорбент, і, таким чином, зовсім не враховуються швидкість видобування або концентрація метану, що видобувається, у разі видобування метану, адсорбованого на адсорбент. Зокрема, стосовно того, яким чином має застосовуватися технологія, розкрита у

Патентному документі 2, для поліпшення концентрації метану, що видобувається, важко знайти прийнятні умови у простий спосіб, оскільки зв'язок між концентрацією метану, що видобувається, та різними параметрами, такими, як робочі умови, є зовсім невідомим. Крім того, немає певності стосовно того, чи є ця технологія дійсно прийнятною.

Таким чином, з врахуванням вищеописаних ситуацій мета даного винаходу полягає у забезпеченні способу концентрування газу метану, який дозволяє додатково вдосконалити концентрування метану, коли газ метан концентрується шляхом застосування PSA.

Засоби розв'язання проблеми

(Конфігурація 1)

Характерна особливість способу концентрування газу метану згідно з даним винаходом для досягнення вищеописаної мети полягає у способі концентрування газу метану, який включає:

забезпечення чотирьох або більшої кількості адсорбційних колон, кожна з яких заповнюється адсорбентом, який адсорбує газ метан у метановмісному газі; та

виконання для кожної з адсорбційних колон циклу PSA з повторенням у такому порядку:

адсорбційний етап приймання метановмісного газу, що подається у стані високого тиску, наближеного до атмосферного тиску, з нижньої частини адсорбційної колони, адсорбування газу метану на адсорбент та вивільнення відхідного газу, який здебільшого складається з повітря з верхньої частини адсорбційної колони;

етап вирівнювання тиску (скидання тиску) передачі газу в адсорбційній колоні, в якій закінчився адсорбційний етап, і яка перебуває у стані високого тиску, до іншої адсорбційної колони у стані низького тиску для приведення внутрішнього простору адсорбційної колони у стан проміжного тиску;

етап декомпресії, після зниження внутрішнього тиску колони на етапі вирівнювання тиску (скидання тиску), з подальшою декомпресією адсорбенту до стану низького тиску для десорбування газу метану, адсорбованого на адсорбент, та видобування вищезгаданого газу метану з нижньої частини адсорбційної колони;

етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) приймання, після закінчення етапу декомпресії, газу з іншої адсорбційної колони, яка перебуває у стані більш високого тиску, для приведення внутрішнього простору адсорбційної колони у стан проміжного тиску; та

етап створення надлишкового тиску, після підвищення внутрішнього тиску колони на етапі вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), з подальшою подачею стиснутого повітря до адсорбційної колони з верхньої частини адсорбційної колони для повторного приведення адсорбенту у стан високого тиску, що забезпечує можливість вибіркового адсорбування газу метану,

причому адсорбент має

властивість вибіркового адсорбування газу метану, який міститься у повітрі у стані високого тиску, наближеного до атмосферного тиску, та десорбування адсорбованого газу метану у стані низького тиску та

властивість переважного десорбування повітря при десорбуванні газу метану,

множину різних станів внутрішнього тиску адсорбційної колони встановлюють як стан проміжного тиску,

спосіб включає, як етап вирівнювання тиску (скидання тиску),

первісний етап вирівнювання тиску (скидання тиску) передачі газу в одній з адсорбційних колон, яка перебуває у стані високого тиску, до іншої з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску, при тиску, нижчому за тиск однієї з адсорбційних колон, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні високого тиску та

кінцевий етап вирівнювання тиску (скидання тиску) передачі газу в одній з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску на стороні високого тиску, при тиску, вищому за стан низького тиску, до іншої з адсорбційних колон, яка перебуває у стані низького тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні низького тиску,

етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) включає:

первісний етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) приймання газу в одній з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску на стороні високого тиску, до іншої з адсорбційних колон, яка перебуває у стані низького тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні низького тиску; та

кінцевий етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) приймання до однієї з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску на стороні низького тиску, газу в іншій з адсорбційних колон, яка перебуває у стані високого тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні високого тиску, і

5 газ переносять з однієї з адсорбційних колон, у якій виконується етап вирівнювання тиску (скидання тиску), до іншої з адсорбційних колон, у якій виконується етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), з верхньої частини однієї з адсорбційних колон до верхньої частини іншої з адсорбційних колон.

(Функціонування та ефект 1)

10 Оскільки вищеописана конфігурація включає базову конфігурацію вищеописаного традиційного пристрій для концентрування горючого газу, існує можливість концентрування газу метану шляхом адсорбування газу метану на адсорбційній колоні та послідовного виконання адсорбційного етапу та десорбційного етапу.

У вищеописаній конфігурації адсорбент має властивість вибіркового адсорбування газу метану, який міститься у повітрі у стані високого тиску, наближеного до атмосферного тиску, та десорбування адсорбованого газу метану у стані низького тиску, і має властивість переважного десорбування газу, відмінного від газу метану, при десорбуванні газу метану у стані низького тиску. Тобто, адсорбент має властивість, яка полягає в тому, що повітря починає десорбуватися переважно щодо газу метану на початковому етапі після початку десорбції при десорбуванні газу метану, але швидкість десорбції газу метану збільшується у процесі операції десорбції.

20 Відповідно, коли первісний етап вирівнювання тиску (скидання тиску) здійснюють після адсорбційного етапу, серед газів, які подаються до адсорбційної колони, газ у просторі, який не є заповненим адсорбентом всередині адсорбційної колони, та газ, який не був адсорбований на адсорбент, переважно випускаються першими з адсорбційної колони. У цьому плані, оскільки газ метан подається до адсорбційної колони з її нижньої частини, і відхідний газ вивільнюється з адсорбційної колони з її верхньої частини, концентрація метану, адсорбованого на адсорбент в адсорбційній колоні, збільшується у напрямку нижньої частини і зменшується у напрямку верхньої частини. Таким чином, коли всередині адсорбційної колони під час етапу вирівнювання тиску тиск скидається настільки, що газ, який уже був адсорбований на адсорбент, вивільнюється, повітря, яке міститься у газах, адсорбованих на адсорбент, переважно вивільнюється з адсорбенту завдяки властивості адсорбенту. Відповідно, на первісному етапі вирівнювання тиску (скидання тиску) газ, який має особливо низький вміст метану, випускається з адсорбційної колони, в якій закінчився адсорбційний етап, а після цього газ, який має високу концентрацію метану, поступово випускається.

35 Тобто, газ, який вивільнюється з адсорбційної колони, має низьку концентрацію метану на ранній стадії, і його концентрація збільшується при повторенні етапу вирівнювання тиску (скидання тиску).

Крім того, на стадії виконання кінцевого етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) після виконання етапу вирівнювання тиску (скидання тиску), газ, який має ще вищий вміст метану, випускається завдяки властивості адсорбенту, і, таким чином, чистота метану, адсорбованого на адсорбент в адсорбційній колоні, збільшується.

Крім того, коли газ переміщується з адсорбційної колони, в якій виконується етап вирівнювання тиску (скидання тиску), до іншої адсорбційної колони, в якій виконується етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), з верхньої частини адсорбційної колони до верхньої частини іншої, градієнт концентрації метану, адсорбованого на адсорбент в адсорбційній колоні, підтримується у стані, в якому концентрація метану збільшується у напрямку верхньої частини і зменшується у напрямку нижньої частини.

Відповідно, видобуванню висококонцентрованого газу метану сприяє виконання етапу декомпресії видобування газу метану з нижньої частини адсорбційної колони після етапу вирівнювання тиску (скидання тиску).

50 На етапі вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), наприклад, на первісному етапі вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), адсорбційна колона приймає газ з іншої адсорбційної колони, в якій виконується кінцевий етап вирівнювання тиску (скидання тиску). Відповідно, адсорбційна колона приймає газ, який має високу концентрацію метану на початкових прогонах етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), які виконують у кілька стадій, і концентрація метану у прийнятому газі зменшується щоразу, коли виконується етап вирівнювання тиску.

Потім, оскільки газ переноситься з верхньої частини адсорбційної колони до верхньої частини іншої адсорбційної колони, газ, який підвищив внутрішній тиск адсорбційної колони, зазвичай створює градієнт концентрації, при якому концентрація метану зменшується у

напрямку верхньої частини і збільшується у напрямку нижньої частини для адсорбенту в адсорбційній колоні.

Відповідно, через виконання етапу створення надлишкового тиску після етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), з наступним початком адсорбційного етапу, градієнт концентрації метану в адсорбційній колоні не може бути легко зруйнований, що дозволяє видобувати газ метан, який надходить до адсорбційної колоні, таким чином, щоб концентрація метану збільшувалась у напрямку нижньої частини, а також сприяти підтриманню високої концентрації видобутого газу метану.

Відповідно, концентрування газу метану завдяки вищеписаній конфігурації дозволило видобувати газ метан з іще вищою концентрацією.

У разі лише одноразового виконання етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) внутрішній тиск адсорбційної колоні після етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) по суті досягає лише середнього показника між найвищим тиском та найнижчим тиском цієї адсорбційної колоні. Однак після кінцевого етапу вирівнювання тиску (скидання тиску), виконаного після багатьох прогонів етапу вирівнювання тиску, внутрішній тиск адсорбційної колоні може бути додатково знижений порівняно з по суті середнім показником між найвищим тиском та найнижчим тиском цієї адсорбційної колоні.

У даному разі найвищим тиском є тиск адсорбції газу під час адсорбційного етапу, а найнижчим тиском є тиск десорбції газу під час етапу декомпресії. Кожен адсорбент має унікальні характерні значення цих двох показників тиску. Після цього потужність (диференціальний тиск), який вимагається для десорбування метану з адсорбенту під час етапу декомпресії, відповідає різниці тиску між низьким тиском після кінцевого етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) та вищезгаданим найнижчим тиском.

Це явище може бути описане на конкретному прикладі. У разі лише одноразового виконання етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) диференціальний тиск, який має бути знижений на етапі декомпресії, становить приблизно $1/2$ від різниці між найвищим тиском та найнижчим тиском. Однак у разі виконання первісного етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) та кінцевого етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) етап вирівнювання тиску виконують двічі, і, таким чином, диференціальний тиск, який має бути знижений на етапі декомпресії, становить приблизно $1/3$ від різниці між найвищим тиском та найнижчим тиском. У разі подальшого виконання етапу вирівнювання тиску етап вирівнювання тиску виконують n разів, і диференціальний тиск, який має бути знижений на етапі декомпресії, становить приблизно $1/(n+1)$ від різниці між найвищим тиском та найнижчим тиском.

Тобто, чим більше разів виконується етап вирівнювання тиску, тим нижчим може бути навантаження при виконанні етапу декомпресії.

Слід зазначити, що збільшення кількості разів виконання етапу вирівнювання тиску призводить до збільшення складності етапів та подовження загальної тривалості етапів, а також зменшує ефект зниження навантаження на етапі декомпресії через збільшення кількості разів виконання етапу вирівнювання тиску. Відповідно, доцільним є виконання етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) двічі, на початковій та кінцевій стадіях, або тричі, на початковій, середній та на кінцевій стадіях.

В результаті вищеписаний спосіб концентрування газу метану дозволяє знижувати диференціальний тиск для кожного з багатьох разів вирівнювання тиску та знижувати навантаження при виконанні етапу декомпресії, водночас підтримуючи належний градієнт концентрації газу метану в адсорбційній колоні, а отже, підтримуючи високу концентрацію метану, що видобувається.

(Конфігурація 2)

Крім того, в оптимальному варіанті у разі, якщо етап вирівнювання тиску (скидання тиску) складається з первісного етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) та кінцевого етапу вирівнювання тиску (скидання тиску), і етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) складається з первісного етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) та кінцевого етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску),

газ, який випускається з верхньої частини однієї з адсорбційних колон на первісному етапі вирівнювання тиску (скидання тиску) подається до верхньої частини іншої з адсорбційних колон, у якій виконується кінцеве вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), і

газ, який випускається з верхньої частини однієї з адсорбційних колон на кінцевому етапі вирівнювання тиску (скидання тиску), подається до іншої з адсорбційних колон, у якій виконується первісний етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску).

(Функціонування та ефект 2)

У конкретній конфігурації для підтримання належного градієнта концентрації газу метану в адсорбційній колоні, газ переносять з однієї з адсорбційних колон, у якій виконується етап вирівнювання тиску (скидання тиску), до іншої з адсорбційних колон, у якій виконується етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), з верхньої частини однієї з адсорбційних колон до верхньої частини іншої з адсорбційних колон. При виконанні етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) та етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) у дві стадії було виявлено, що у разі, коли

газ, який випускається з верхньої частини однієї з адсорбційних колон на первісному етапі вирівнювання тиску (скидання тиску) подається до верхньої частини іншої з адсорбційних колон, у якій виконується кінцеве вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), і

газ, який випускається з верхньої частини однієї з адсорбційних колон на кінцевому етапі вирівнювання тиску (скидання тиску) подається до іншої з адсорбційних колон, у якій виконується первісний етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), градієнт концентрації газу метану в адсорбційній колоні може належним чином регулюватися без переривання. Через описані нижче експериментальні результати також було виявлено, що вищезазначене може поліпшувати чистоту очищеного газу метану без значного зменшення швидкості видобування.

Тобто, було виявлено, що у разі виконання етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) та етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) у дві стадії переміщення газу на обох етапах вирівнювання тиску демонструє наближене до 10% поліпшення чистоти газу метану у продукті переробки природного газу порівняно з застосуванням нижньої частини адсорбційної колоні. В результаті дослідження різних комбінацій було виявлено, що існує можливість одержання продукту переробки природного газу, який має чистоту газу метану, яка є приблизно на 3% вищою, ніж у прикладі, який має другий показник чистоти газу метану.

(Конфігурація 3)

Крім того, метановмісний газ може здебільшого складатися з принаймні одного газу, вибраного з-поміж шахтного газу, біогазу, конвертованого газу та природного газу.

(Функціонування та ефект 3)

У контексті цього опису шахтний газ є газом, який утворюється у вугільній шахті, і у шахтному газі міститься приблизно від 20 до 40 об'ємн. % газу метану та приблизно від 60 до 80 об'ємн. % повітря (яке здебільшого містить газ азот та газ кисень), хоча цей вміст може коливатися залежно від умов.

Біогазом є, наприклад, газ, який утворюється шляхом обробки органічних стоків або інших подібних відходів, з застосуванням біореактора для метану або іншого подібного пристрою, і який здебільшого складається з газу метану та діоксиду вуглецю і містить приблизно від 40 до 60 об'ємн. % газу метану та приблизно від 20 до 50 об'ємн. % діоксиду вуглецю, хоча цей вміст може коливатися залежно від умов.

Крім того, відомо, що метановмісний газ, такий, як конвертований газ або природний газ, також містить приблизно від 4 до 95 об'ємн. % газу метану, і було виявлено, що він є придатним для використання у способі концентрування газу метану згідно з даним винаходом.

(Конфігурація 4)

Крім того, існує можливість застосування адсорбенту, який містить, як його головний компонент, принаймні один, вибраний з групи, до якої належать активоване вугілля, цеоліт, силікагель та металоорганічний комплекс, який має середній діаметр пор від 4,5 до 15 Å, виміряний згідно зі МР-способом, та величину адсорбції газу метану при атмосферному тиску і при 298 К 20 Нмл/г або більше.

(Функціонування та ефект 4)

Застосування такого адсорбенту дозволяє адсорбувати газ метан на адсорбент газу метану при атмосферному тиску і при 298 К.

Тобто, у разі, коли величина адсорбції газу метану при атмосферному тиску і при 298 К є меншою за 20 Нмл/г, концентрація концентрованого газу метану знижується в результаті зниження здатності до адсорбції газу метану при низькому тиску (зокрема, приблизно при атмосферному тиску). Крім того, вимагається збільшена кількість адсорбенту газу метану для підтримання адсорбційної здатності, що призводить до збільшення розміру пристрою. Хоча верхня межа величини адсорбції газу метану особливо не обмежується, досяжна на даний час величина адсорбції газу метану адсорбенту газу метану становить приблизно 40 Нмл/г або менше. Крім того, якщо середній діаметр пор, виміряний МР-способом, є меншим за 4,5 Å, концентрація метану у концентрованому шахтному газі знижується в результаті збільшення величини адсорбції газу кисню та азоту, або швидкість адсорбції уповільнюється, оскільки середній діаметр пор є наближеним до молекулярного діаметра газу метану, що знижує

здатність до адсорбції газу метану або перешкоджає адсорбції. З іншого боку, якщо середній діаметр пор, виміряний МР-способом, є більшим за 15 Å, концентрація концентрованого газу метану є зниженою в результаті зниження здатності до адсорбції газу метану при низькому тиску (зокрема, приблизно при атмосферному тиску). Крім того, вимагається збільшена кількість адсорбенту газу метану для підтримання адсорбційної здатності, що призводить до збільшення розміру пристрою.

Ефекти винаходу

Відповідно, з'являється можливість видобування газу метану, який має вищу концентрацію, що дозволяє ефективно використовувати шахтний газ, який раніше було важко повторно використовувати.

Короткий опис фігур

ФІГ. 1 є принциповою схемою пристрою для концентрування метану.

ФІГ. 2 є діаграмою, на якій показано функціонування пристрою для концентрування метану, який відповідає способів концентрування метану.

ФІГ. 3 є діаграмою, на якій показано зміну тиску в адсорбційних колонах у разі виконання способу з ФІГ. 2.

ФІГ. 4 є графіком, на якому показано властивості адсорбенту щодо адсорбції метану.

ФІГ. 5 є графіком, на якому показано зміну розподілу концентрації метану, адсорбованого в адсорбційній колоні.

ФІГ. 6 є принциповою схемою традиційного пристрою для концентрування метану, який включає три адсорбційні колони.

ФІГ. 7 є діаграмою, на якій показано спосіб концентрування метану, який виконується традиційним пристроєм для концентрування метану, який включає три адсорбційні колони.

ФІГ. 8 є діаграмою, на якій показано зміну тиску в адсорбційних колонах у разі виконання способу з ФІГ. 7.

ФІГ. 9 є принциповою схемою пристрою для концентрування метану, який включає нижню лінію вирівнювання тиску.

ФІГ. 10 є принциповою схемою пристрою для концентрування метану, який включає п'ять адсорбційних колон.

ФІГ. 11 є діаграмою, на якій показано спосіб концентрування метану, який виконується пристроєм для концентрування метану, який включає п'ять адсорбційних колон.

ФІГ. 12 є діаграмою, на якій показано зміну тиску в адсорбційних колонах у разі виконання способу з ФІГ. 11.

Найкращий режим здійснення винаходу

Далі описується спосіб концентрування газу метану згідно з варіантами втілення даного винаходу. Хоча нижче описується оптимальний приклад, цей приклад описується для більш конкретного пояснення даного винаходу. Існує можливість різних модифікацій без відхилення від обсягу та сутності винаходу, і даний винахід не обмежується представленим далі описом.

(Пристрій для концентрування метану)

Як показано на ФІГ. 1, пристрій для концентрування метану оснащено адсорбційними колонами з А1 по А4, заповненими адсорбентами з А11 по А41, подавальним блоком 1 та вивідним блоком 2 для подачі шахтного газу з резервуара Т1 для вихідного газу та виведення відпрацьованого газу, видобувальним блоком 3 для видобування концентрованого газу метану у резервуар Т3 для продукту переробки природного газу, контролером С, який контролює операції подавального блока 1, вивідного блока 2 та видобувального блока 3.

Слід зазначити, що адсорбенти з А11 по А41 не мають особливих обмежень, за умови, що вони здатні вибірково адсорбувати горючий газ, такий, як газ метан, але застосування адсорбенту 21а газу метану, здатного вибірково адсорбувати газ метан при атмосферному тиску і при 298 К, дозволяє достатньою мірою адсорбувати газ метан на адсорбент 21а газу метану навіть при атмосферному тиску і при 298 К.

Як адсорбент 21 метану в оптимальному варіанті застосовують адсорбент 21а газу метану, яким є принаймні один адсорбент, вибраний з групи, до якої належать активоване вугілля, цеоліт, силікагель та металоорганічний комплекс (наприклад, фумарат міді, терефталат міді, циклогексан-дикарбоксилат міді), який має середній діаметр пор від 4,5 до 15 Å, виміряний МР-способом, і має величину адсорбції газу метану при атмосферному тиску і при 298 К 20 Нмл/г або більше. Слід зазначити, що вищезгаданий середній діаметр пор в оптимальному варіанті складає від 4,5 до 10 Å, у ще кращому варіанті – від 5 до 9,5 Å, і вищезгадана величина адсорбції газу метану в оптимальному варіанті складає 25 Нмл/г або більше.

Зокрема, це може досягатися, наприклад, шляхом застосування як вуглецевмісного матеріалу карбиду, утвореного шляхом повної карбонізації пальмової лузги або вугілля

пальмової лузги у газоподібному азоті при 600°C та подрібнення карбїду до діаметра частинок від 1 до 3 мм та активації вуглецевмісного матеріалу в атмосфері від 10 до 15 об'ємн. % водяної пари, від 15 до 20 об'ємн. % діоксиду вуглецю та азотом як рештою при 860°C з застосуванням печі активації з періодичним потоком, яка має внутрішній діаметр 50 мм. Таке активоване вугілля має властивість вибіркового адсорбування газу метану, який міститься у повітрі у стані високого тиску, наближеного до атмосферного тиску, та десорбування адсорбованого газу метану у стані зниженого тиску, який є нижчим за стан низького тиску, меншого за атмосферний тиск, а також має властивість переважного десорбування повітря при десорбуванні газу метану і має адсорбційні властивості, як показано на ФІГ. 4.

(Адсорбційні колони)

Адсорбційні колони з А1 по А4 заповнюють адсорбентами з А11 по А41, відповідно. Крім того, подавальні лінії з L11 по L41 для подачі шахтного газу з резервуара Т1 для вихідного газу за допомогою подавального насоса Р1 передбачено під адсорбційними колонами з А1 по А4 для утворення подавального блока 1, і вивідні лінії з L12 по L42 для виведення шахтного газу, поданого до адсорбційних колон з А1 по А4, відпрацьованого газу, який має дуже низьку концентрацію метану і здебільшого складається з газу азоту та газу кисню, передбачено над адсорбційними колонами з А1 по А4 для утворення вивідного блока 2. Шахтний газ подається з подавального блока 1 до адсорбційних колон з А1 по А4, а відпрацьований газ, який не був адсорбований на адсорбенти з А11 по А41, випускається з вивідного блока 2, таким чином, забезпечуючи конфігурацію, яка дозволяє адсорбувати газ метан на адсорбенти з А11 по А41 та відокремлювати його від відпрацьованого газу. Крім того, для адсорбційних колон з А1 по А4 видобувальні лінії з L13 по L43 для видобування газу метану, адсорбованого на адсорбенти з А11 по А41, передбачено під адсорбційними колонами з А1 по А4 для утворення видобувального блока 3, таким чином, забезпечуючи конфігурацію, яка дозволяє збирання з шахтного газу, поданого з подавального блока 1, висококонцентрованого газу метану, який було адсорбовано на адсорбенти з А11 по А41 і концентровано. Видобувальний блок 3 оснащено вакуумним насосом Р3 для збирання висококонцентрованого газу метану з адсорбційних колон з А1 по А4 у резервуар Т3 для продукту переробки природного газу через видобувальні лінії з L13 по L43.

Нагнітальні лінії з L14 по L44 для подачі стиснутого повітря до адсорбційних колон з А1 по А4 з'єднуються з верхніми частинами адсорбційних колон з А1 по А4 для утворення блока 4 для створення надлишкового тиску. Крім того, лінії вирівнювання тиску з L15 по L45 для забезпечення з'єднання між адсорбційними колонами з А1 по А4 з'єднуються з верхніми частинами адсорбційних колон з А1 по А4 для утворення блока 5 для вирівнювання тиску для передачі газу всередині кожної з адсорбційних колон з А1 по А4 до іншої з адсорбційних колон з А1 по А4, з верхньої частини адсорбційної колони (А1 to А4) до верхньої частини іншої з адсорбційних колон з А1 по А4.

Слід зазначити, що у газових лініях з L11 по L45 передбачено перемикальні клапани з V11 по V45, таким чином, забезпечуючи конфігурацію, яка дозволяє контролерові С виконувати загальний контроль перемикання між подачею, випусканням та призупиненням переміщення газу до адсорбційних колон з А1 по А4 під дією насосів Р1 та Р3.

(Спосіб концентрування газу метану)

Як показано на ФІГ. 2, контролер С регулює перемикальні клапани з V11 по V45 та насоси Р1 та Р3 для контролю функціонування з метою почергового виконання в адсорбційних колонах з А1 по А4:

адсорбційного етапу приймання поданого газу метану у стані високого тиску, наближеного до атмосферного тиску, з нижньої частини адсорбційних колон з А1 по А4, адсорбування газу метану на адсорбенти з А11 по А41 та вивільнення відхідного газу, який здебільшого складається з повітря з верхніх частин адсорбційних колон з А1 по А4;

первісного етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) передачі газу, який має відносно низьку концентрацію метану, в одній з адсорбційних колон з А1 по А4, яка перебуває у стані високого тиску, до іншої з адсорбційних колон з А1 по А4, яка перебуває у стані проміжного тиску, при тиску, нижчому за тиск однієї з адсорбційних колон з А1 по А4, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон з А1 по А4 у стан проміжного тиску на стороні високого тиску;

етапу очікування;

кінцевого етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) передачі газу, на якому концентрація метану є дещо вищою, ніж на первісному етапі вирівнювання тиску (скидання тиску) в одній з адсорбційних колон з А1 по А4, тобто, у стані проміжного тиску на стороні високого тиску при тиску, вищому за тиск стану низького тиску, до іншої з адсорбційних колон з А1 по А4, яка

перебуває у стані низького тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон з А1 по А4 у стан проміжного тиску на стороні низького тиску;

етапу декомпресії, після зниження внутрішнього тиску колони на етапі вирівнювання тиску (скидання тиску), з подальшою декомпресією одного з адсорбентів з А11 по А41 до стану низького тиску для десорбування газу метану, адсорбованого на один з адсорбентів з А11 по А41, та видобування газу метану з нижньої частини однієї з адсорбційних колон з А1 по А4;

первісного етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) приймання до однієї з адсорбційних колон з А1 по А4, яка перебуває у стані низького тиску, газу в іншій з адсорбційних колон з А1 по А4 тобто, у стані проміжного тиску на стороні високого тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон з А1 по А4 у стан проміжного тиску на стороні низького тиску;

кінцевого етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) приймання до однієї з адсорбційних колон з А1 по А4, яка перебуває у стані проміжного тиску на стороні низького тиску, газу в іншій з адсорбційних колон з А1 по А4, яка перебуває у стані високого тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон з А1 по А4 у стан проміжного тиску на стороні високого тиску;

етапу очікування; та

етапу створення надлишкового тиску, після підвищення внутрішнього тиску колони на етапі вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), з подальшою подачею стиснутого повітря до однієї з адсорбційних колон з А1 по А4 з верхньої частини іншої з адсорбційних колон з А1 по А4, таким чином, щоб відновити відповідний один з адсорбентів з А11 по А41 у стані високого тиску, що забезпечує можливість вибіркового адсорбування газу метану.

При такому контролі зміни внутрішнього тиску адсорбційних колон з А1 по А4 відбуваються, як показано на ФІГ. 3.

Зокрема, адсорбційна колона А1 контролюється у представлений нижче спосіб. Хоча така сама операція також виконується для інших адсорбційних колон з А2 по А4 зі зсувом фаз, її детальний опис було пропущено й замінено описом з посиланням на ФІГ. 2 для уникнення зайвого опису. Слід зазначити, що адсорбційні колони з А1 по А4 далі вказуються як адсорбційні колони з першої по четверту з А1 по А4 у цьому порядку. Крім того, на ФІГ. 2 показано відкритий/закритий стани відкривальних / закривальних клапанів і т. ін. на етапах у зв'язку один з одним. Слід зазначити, що на ФІГ. 2 верхня частина фігури послідовно показує деталі етапів, а нижня частина фігури показує стан перемикання трубопроводних каналів на етапах. Крім того, відкритий стан відкривального / закривального клапана і т. ін., який застосовують на кожному з етапів, позначається таким самим штрихуванням, що й відповідний етап у верхній частині фігури.

<3 1 по 3> Адсорбційний етап

Шахтний газ надходить з резервуара Т1 для вихідного газу до першої адсорбційної колони А1. У цей час тиск у першій адсорбційній колоні А1 по суті є атмосферним тиском, як показано на ФІГ. 3, і підтримується у стані високого тиску, наближеного до атмосферного тиску, який було підвищено нагнітальним тиском подавального насоса Р1, і газ метан, який міститься у шахтному газі, що подається з резервуара Т1 для вихідного газу через перемикальний клапан V11 подавальної лінії L11 адсорбується на адсорбент А11, тоді як решта відпрацьованого газу випускається через перемикальний клапан V12 вивідної лінії L12.

Слід зазначити, що в цей час, як показано на ФІГ. 2, у другій адсорбційній колоні А2 виконується <1> кінцевий етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), і здійснюється перехід до <3> етапу створення надлишкового тиску, з <2> станом очікування між ними.

Крім того, у третій адсорбційній колоні А3 виконується первісний етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) після етапу декомпресії.

Крім того, у четвертій адсорбційній колоні А4 виконується первісний етап вирівнювання тиску (скидання тиску) та перехід до кінцевого етапу вирівнювання тиску (скидання тиску), з етапом очікування між ними.

<4> Первісний етап вирівнювання тиску (скидання тиску)

У першій адсорбційній колоні А1, у якій закінчився адсорбційний етап, виконується первісний етап вирівнювання тиску (скидання тиску) між нею та третьою адсорбційною колоною А3, в якій виконується кінцевий етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску). Тобто, неадсорбований газ у колоні випускається через перемикальний клапан V15 лінії вирівнювання тиску L15 і переноситься до третьої адсорбційної колони А3 через перемикальний клапан V35 лінії вирівнювання тиску L35. Відповідно, вирівнювання тиску виконується між першою адсорбційною колоною А1 та третьою адсорбційною колоною А3 у стані проміжного тиску на

стороні низького тиску, і перша адсорбційна колона А1 переходить до стану проміжного тиску на стороні високого тиску, як показано на ФІГ. 3.

Слід зазначити, що в цей час, через функціонування відкривальних / закривальних клапанів і т. ін., як показано на ФІГ. 2, у другій адсорбційній колоні А2 виконується адсорбційний етап, і у четвертій адсорбційній колоні А4 виконується етап декомпресії.

<5> Етап очікування

Після цього перша адсорбційна колона А1 переходить до стану очікування, і стан проміжного тиску на стороні високого тиску підтримується при збереженні часового балансу з адсорбційним етапом, який вимагає найдовшого часу. В цей час у другій адсорбційній колоні А2 виконується адсорбційний етап, третя адсорбційна колона А3 також перебуває на етапі очікування, і в четвертій адсорбційній колоні А4 триває етап декомпресії.

<6> Кінцевий етап вирівнювання тиску (скидання тиску)

Після цього у першій адсорбційній колоні А1 виконується кінцевий етап вирівнювання тиску (скидання тиску) між нею та четвертою адсорбційною колоною А4, в якій завершився етап декомпресії і виконується первісний етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску). Тобто, будь-який неадсорбований газ у колоні та початково десорбований газ, який здебільшого складається з повітря з адсорбенту А11, випускаються через перемикальний клапан V15 лінії вирівнювання тиску L15 і переносяться до четвертої адсорбційної колоні А4 через перемикальний клапан V45 лінії вирівнювання тиску L45. Відповідно, як показано на ФІГ. 3, вирівнювання тиску виконується між першою адсорбційною колоною А1 та четвертою адсорбційною колоною А4, в якій завершився етап декомпресії, і яка перебуває у стані низького тиску, і перша адсорбційна колона А1 переходить до стану проміжного тиску на стороні низького тиску.

Слід зазначити, що в цей час, через функціонування відкривальних / закривальних клапанів і т. ін., як показано на ФІГ. 2, у другій адсорбційній колоні А2 виконується адсорбційний етап, і у третій адсорбційній колоні А3 виконується етап створення надлишкового тиску.

<з 7 по 8> Етап декомпресії

Перша адсорбційна колона А1, яка досягла стану проміжного тиску на стороні низького тиску, перебуває у стані, в якому висококонцентрований газ метан адсорбується на адсорбент А11 у колоні, і висококонцентрований газ метан, адсорбований на адсорбент А11, видобувається шляхом виконання етапу декомпресії зі зниженням тиску внутрішнього простору колоні зі стану проміжного тиску на стороні низького тиску до стану низького тиску. Тобто, концентрований газ метан видобувають у резервуар Т3 для продукту переробки природного газу через перемикальний клапан V13 видобувальної лінії L13 під дією вакуумного насоса Р3. Відповідно, як показано на ФІГ. 3, перша адсорбційна колона А1 переходить від стану проміжного тиску на стороні низького тиску до стану низького тиску.

Навантаження вакуумного насоса Р3 в цей час відповідає диференціальному тискові від стану проміжного тиску на стороні низького тиску до стану низького тиску, і, таким чином, є нижчим за те, що вимагалось раніше для зниження тиску зі стану проміжного тиску до стану низького тиску.

Слід зазначити, що в цей час, через функціонування відкривальних / закривальних клапанів і т. ін., як показано на ФІГ. 2, у другій адсорбційній колоні А2 виконується <7> первісний етап вирівнювання тиску (скидання тиску) між нею та четвертою адсорбційною колоною А4, після чого вона переходить до <8> етапу очікування.

Крім того, адсорбційний етап відбувається у третій адсорбційній колоні А3.

Крім того, у четвертій адсорбційній колоні А4 виконується <7> кінцевий етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), після чого вона переходить до <8> етапу очікування.

<9> Первісний етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску)

У першій адсорбційній колоні А1, яка перейшла до стану низького тиску, в якій було вивільнено адсорбований газ метан, і в якій було видобуто адсорбент А11, виконується первісний етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) між нею та другою адсорбційною колоною А2, з відновленням, таким чином, тиску в колоні та прийманням відпрацьованого газу, який було випущено на кінцевому етапі вирівнювання тиску (скидання тиску) у другій адсорбційній колоні А2, і в якій концентрація метану була підвищена початково десорбованим газом з адсорбенту А21. Тобто, газ у колоні, випущений з другої адсорбційної колоні А2, у стані проміжного тиску на стороні високого тиску приймається у лініях вирівнювання тиску з L15 по L25 через перемикальні клапани V15 та V25. Відповідно, як показано на ФІГ. 3, перша адсорбційна колона А1 відновлює свій тиск зі стану низького тиску до стану проміжного тиску на стороні низького тиску.

Слід зазначити, що в цей час, через функціонування відкривальних / закривальних клапанів і т. ін., як показано на ФІГ. 2, у третій адсорбційній колоні А3 триває адсорбційний етап, і у четвертій адсорбційній колоні А4 виконується етап створення надлишкового тиску.

<10> Кінцевий етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску)

У першій адсорбційній колоні А1, яка відновила свій тиск зі стану проміжного тиску на стороні низького тиску, здійснюється спроба подальшого відновлення тиску в колоні шляхом наступного виконання кінцевого етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) між нею та третьою адсорбційною колоною А3, в якій виконується адсорбційний етап, відразу після закінчення первісного етапу вирівнювання тиску (скидання тиску). Тобто, газ у колоні, випущений з третьої адсорбційної колоні А3 у стані високого тиску, приймається у лініях вирівнювання тиску з L15 по L35 через перемикальні клапани V15 та V35. Відповідно, як показано на ФІГ. 3, перша адсорбційна колона А1 відновлює свій тиск зі стану проміжного тиску на стороні низького тиску до стану проміжного тиску на стороні високого тиску.

Слід зазначити, що в цей час, через функціонування відкривальних / закривальних клапанів і т. ін., як показано на ФІГ. 2, у другій адсорбційній колоні А2 виконується етап декомпресії, і у четвертій адсорбційній колоні А4 виконується адсорбційний етап.

<11> Етап очікування

Після цього перша адсорбційна колона А1 переходить до стану очікування, і стан проміжного тиску на стороні високого тиску підтримується при збереженні часового балансу з адсорбційним етапом, який вимагає найдовшого часу. В цей час, у другій адсорбційній колоні А2 виконується етап декомпресії, третя адсорбційна колона А3 також перебуває на етапі очікування, і в четвертій адсорбційній колоні А4 триває адсорбційний етап.

<12> Етап створення надлишкового тиску

Тиск першої адсорбційної колоні А1, яка відновила свій тиск до стану проміжного тиску на стороні високого тиску, відновлюється до стану високого тиску, наближеного до атмосферного тиску, через нагнітання повітря. Тобто, атмосферне повітря надходить до першої адсорбційної колоні А1 через перемикальний клапан V14 з нагнітальної лінії L14. Відповідно, внутрішній простір першої адсорбційної колоні А1 відновлюється до стану високого тиску, наближеного до атмосферного тиску, і відновлюється до стану, що дозволяє адсорбувати газ метан, який міститься у шахтному газі, шляхом подачі шахтного газу.

Слід зазначити, що в цей час, через функціонування відкривальних / закривальних клапанів і т. ін., як показано на ФІГ. 2, у другій адсорбційній колоні А2 виконується первісний етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), у третій адсорбційній колоні А3 виконується кінцевий етап вирівнювання тиску (скидання тиску), тобто, у них виконується вирівнювання тиску між ними. Крім того, у четвертій адсорбційній колоні А4 виконується адсорбційний етап.

<Зміна розподілу концентрації газу метану в адсорбційній колоні>

Очевидно, розподіл концентрації газу метану у першій адсорбційній колоні А1 протягом вищеписаних етапів відбувається, як показано на ФІГ. 5.

Тобто, коли шахтний газ, який має помірну концентрацію метану, подається до адсорбційної колоні на адсорбційному етапі, відпрацьований газ, який практично не містить газу метану, випускається, і в результаті концентрація метану у колоні збільшується.

Адсорбційний етап закінчується тоді, коли концентрація метану у випущеному відпрацьованому газі досягає певного порогу, і спосіб переходить до первісного етапу вирівнювання тиску (скидання тиску). У цьому стані газ до першої адсорбційної колоні А1 не подається, і у колоні відбувається лише переміщення газу, викликане розширенням, дифузиею та початково десорбованим газом газу, адсорбованого на адсорбент А11. Потім газ, який здебільшого складається з неадсорбованого газу, який залишається у просторі колектора або іншому подібному просторі у першій адсорбційній колоні А1, і має відносно низьку концентрацію метану, випускається з верхньої частини першої адсорбційної колоні А1 за межі першої адсорбційної колоні А1.

Після цього на стадії, на якій виконується кінцевий етап вирівнювання тиску через етап очікування, метановмісний газ середньої концентрації, який має відносно високу концентрацію газу метану і містить початково десорбований газ, десорбований з адсорбенту А11 у першій адсорбційній колоні А1, випускається за межі першої адсорбційної колоні А1. Потім у цей момент утворюється зона висококонцентрованого метану у широкому діапазоні у нижній частині першої адсорбційної колоні А1, і газ, який містить середньоконцентрований метан, утримується в її верхній частині.

При виконанні в цьому стані етапу декомпресії висококонцентрований газ метан може збиратися з нижньої частини першої адсорбційної колоні А1. Під час видобування газу метану у

заданому діапазоні концентрації метан адсорбується на адсорбенті А11 у першій адсорбційній колоні А1 у розподілі концентрації, при якому концентрація газу метану збільшується у напрямку нижньої частини.

При виконанні первісного етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) після етапу декомпресії газ, який містить середньоконцентрований метан, надходить до першої адсорбційної колоні А1. Цей газ переміщується донизу, водночас адсорбуючись на адсорбент А11. Як правило, середньоконцентрований газ метан адсорбується на адсорбент А11 у верхній частині першої адсорбційної колоні А1, оскільки нижня частина першої адсорбційної колоні А1 перебуває в ізолюваному стані, але газ має сильну тенденцію до втікання, таким чином, щоб дифундувати й адсорбуватися по всьому внутрішньому простору колоні і заповнювати простір для підвищення загальної концентрації метану у внутрішньому просторі першої адсорбційної колоні А1. Таким чином, підтримується стан, у якому метан адсорбується на адсорбент А11 при розподілі концентрації, при якому концентрація газу метану збільшується у напрямку нижньої частини першої адсорбційної колоні А1, і різниця концентрації між верхньою частиною та нижньою частиною першої адсорбційної колоні А1 зменшується на кількість, яка залежить від швидкості дифузії газу, який містить середньоконцентрований метан.

При подальшому виконанні кінцевого етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) газ, який містить низькоконцентрований метан, надходить до першої адсорбційної колоні А1. Потім загальний розподіл концентрації у колоні підтримується при розподілі концентрації, при якому концентрація газу метану збільшується у напрямку нижньої частини першої адсорбційної колоні А1, тоді як нерівномірний розподіл концентрації у верхній частині колоні усувається. Подібним чином при подальшому виконанні етапу створення надлишкового тиску повітря, що не містить метану, подається з верхньої частини, і, таким чином, підтримується розподіл концентрації, при якому концентрація газу метану збільшується у напрямку нижньої частини першої адсорбційної колоні А1.

Крім того, чим нижчим є внутрішній тиск колоні, тим повільнішою є швидкість дифузії газу, який вводиться до першої адсорбційної колоні А1, у першій адсорбційній колоні А1. Відповідно, газ або повітря, що має низьку концентрацію метану, з більшою ймовірністю залишається у верхній частині колоні, і, таким чином, також можна вважати, що розподіл концентрації, при якому концентрація газу метану збільшується у напрямку нижньої частини першої адсорбційної колоні А1, зазвичай має крутий градієнт, якщо етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) виконувати у роздільний спосіб протягом більшої кількості разів.

Відповідно, на етапі вирівнювання тиску (скидання тиску) газ послідовно випускається з внутрішнього простору колоні, таким чином, щоб концентрація метану поступово збільшувалася. І навпаки, на етапі вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) газ послідовно вводиться у колону, таким чином концентрація метану поступово зменшувалася. Таким чином, газ метан, видобутий на етапі декомпресії, завжди видобувається з зони, яка має найвищу концентрацію метану в колоні, що дозволяє підвищити концентрацію видобутого газу метану.

(Приклад)

Забезпечувалися представлені нижче чотири адсорбційні колоні і заповнювалися нижчезазначеними адсорбентами з А11 по А41. Адсорбційні колоні сполучалися трубопроводами, як показано на ФІГ. 1, що забезпечувало пристрій для концентрування метану. До цього пристрою для концентрування метану подавали штучний шахтний газ зі швидкістю 17 л/хв, і операцію з концентрування газу метану, показану на ФІГУРАХ 2 та 3, виконували за нижчезазначених робочих умов.

Адсорбційна колона: циліндрична (внутрішній діаметр: 54 мм, об'єм: 4597 л)

: Чотири колоні

Адсорбент: активоване вугілля

Одержували шляхом використання як вуглецевмісного матеріалу карбиду, утвореного шляхом повної карбонізації пальмової лузги або вугілля пальмової лузги у газоподібному азоті при 600°C та подрібнення карбиду до діаметра частинок від 1 до 3 мм та активації вуглецевмісного матеріалу в атмосфері від 10 до 15 об'ємн. % водяної пари, від 15 до 20 об'ємн. % діоксиду вуглецю та азотом як рештою при 860°C з застосуванням печі активації з періодичним потоком, яка має внутрішній діаметр 50 мм.

Діаметр пор: 8,5 Å (середній діаметр пор, виміряний МР-способом)

Об'єм пор: 0,45 мл/г (об'єм, виміряний НК-способом)

Співвідношення об'єму пор, які мають середній діаметр пор 10 Å або менше, з загальним об'ємом пор: 83% (співвідношення величини адсорбції азоту при відносному тиску 0,013 або менше було незмінним)

Питома площа поверхні: 1025 м²/г (питома площа поверхні, виміряна BET-способом)

Здатність до адсорбції газу метану при атмосферному тиску та 298 К: 27 Нмл/г

Штучний шахтний газ: 20% метану : 80% азоту

Робочі умови

5 Швидкість потоку: 17 л/хв.

Тиск адсорбції газу (манометричний тиск): 14 кПа

Тиск десорбції газу (манометричний тиск): -99 кПа

Умова закінчення адсорбційного етапу: доки концентрація метану у відпрацьованому газі не досягає 3 об'ємн. % (144 секунди)

10 В результаті газ метан, який має концентрацію метану 57,1 об'ємн. %, одержували зі швидкістю 5,1 л/хв як продукт переробки природного газу.

(Порівняльний приклад 1) Порівняння з триколонною PSA

Для оцінки продуктивності пристрою для концентрування метану згідно з даними винаходом операцію з концентрування газу метану виконували, застосовуючи традиційний пристрій для PSA. Зокрема, було передбачено нижчезазначені три адсорбційні колони з А1 по А3, які заповнювалися нижчезазначеними адсорбентами з А11 по А31. Адсорбційні колони з А1 по А3 були сполучені трубопроводом, як показано на ФІГ. 6, що забезпечувало пристрій для концентрування метану. До цього пристрою для концентрування метану подавали штучний шахтний газ зі швидкістю 17 л/хв і операцію з концентрування газу метану, показану на ФІГУРАХ 7 та 8, виконували за нижчезазначених робочих умов. Слід зазначити, що на ФІГУРАХ з 6 по 8 такі самі конфігурації, як у попередньому варіанті втілення (ФІГУРИ з 1 по 3), позначаються такими самими умовними номерами та назвами, і їх опис пропускається.

Адсорбційна колона: циліндрична (внутрішній діаметр: 54 мм, об'єм: 4597 л)

: Три колони

25 Адсорбент: активоване вугілля (як у Прикладі)

Штучний шахтний газ: 20% метану : 80% азоту (як у Прикладі)

Робочі умови

Швидкість потоку: 17 л/хв.

Тиск адсорбції газу (манометричний тиск): 14 кПа

30 Тиск десорбції газу (манометричний тиск): -99 кПа

Умова закінчення адсорбційного етапу: доки концентрація метану у відпрацьованому газі не досягає 3 об'ємн. % (179 секунд)

(як у Прикладі)

35 В результаті газ метан, який має концентрацію метану 54,1 об'ємн. % одержували зі швидкістю 5,4 л/хв як продукт переробки природного газу.

Порівняння між цими результатами продемонструвало, що виконання способу концентрування метану згідно з даним винаходом, як описується у Прикладі, скорочувало час, який вимагається для закінчення адсорбційного етапу, але концентрація газу метану в одержаному продукті переробки природного газу збільшувалася приблизно на 3%, що дозволяло концентрувати газ метан з високою концентрацією.

Крім того, було виявлено, що при навантаженні вакуумного насоса 67 кПа у Порівняльному прикладі 1, газ метан у Прикладі десорбувався з навантаженням приблизно 38 кПа, і швидкість потоку одержаного продукту переробки природного газу не зазнавала значної зміни, що дозволяло значно знизити потужність, яка вимагається для операції концентрування метану.

45 (Порівняльний приклад 2) Вплив режиму з'єднання ліній вирівнювання тиску на етапі вирівнювання тиску

При виконанні вищеописаного способу концентрування газу метану операції з вирівнювання тиску виконували у верхніх частинах адсорбційних колон і досліджували вплив на ефект концентрування метану шляхів по яких виконувались операції з вирівнювання тиску.

50 Зокрема, пристрій для концентрування метану було побудовано у такий самий спосіб, як у Прикладі (ФІГ. 1), за винятком того, що блок 5 для вирівнювання тиску було утворено шляхом забезпечення нижніх ліній вирівнювання тиску з L16 по L46, включаючи перемикальні клапани з V16 по V46 під адсорбційними колонами з А1 по А4, та забезпечення переміщувальної лінії L56 для сполучення ліній вирівнювання тиску з L15 по L45 та нижніх ліній вирівнювання тиску з L16 по L46, як показано на ФІГ. 9. Пристрій для концентрування метану було сконфігуровано таким чином, що газ всередині колони може переміщуватись як з верхньої, так і з нижньої сторони будь-якої з адсорбційних колон з А1 по А4 як до верхньої, так і до нижньої сторони іншої з адсорбційних колон з А1 по А4 через контроль перемикання перемикальних клапанів з V11 по V46.

У Таблиці 1 показано результати порівняння показників концентрації продукту переробки природного газу, отриманих при такій конфігурації шляхом різних змін у режимі перенесення для перенесення газу з адсорбційної колони, в якій виконується етап вирівнювання тиску (скидання тиску), до іншої адсорбційної колони, в якій виконується етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску).

Таблиця 1

Кінцевий етап вирівнювання тиску (скидання тиску) → первісний етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску)	Низ. → низ.	Вис. → низ.	Вис. → вис.
Первісний етап вирівнювання тиску (скидання тиску) → кінцевий етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску)	Низ. → низ.	Вис. → вис.	Вис. → вис.
Концентрація газу метану в продукті переробки природного газу (об'ємн. %)	47,9	54,1	57,1
Час адсорбції (с)	123	148	144
Швидкість видобування (%)	92,9	92	90

З Таблиці 1 було виявлено, що у разі виконання вищеописаного способу концентрування газу метану режимові, в якому газ колони переміщується з верхньої частини до верхньої частини, віддають особливу перевагу як режимові перенесення для переміщення газу з адсорбційної колони, в якій виконується етап вирівнювання тиску (скидання тиску), до іншої адсорбційної колони, в якій виконується етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску).

Тобто, у разі виконання етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) та етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) у дві стадії спостерігалось майже 10% поліпшення чистоти газу метану в продукті переробки природного газу порівняно з застосуванням нижньої частини адсорбційної колони для перенесення газу на будь-якому з етапів вирівнювання тиск. Також досліджували різні комбінації, і приклад, у якому продемонстровано другий за чистотою газ метан, представляв випадок, описаний у Патентному документі 2, в якому перенесення газу виконують з верхньої частини адсорбційної колони, в якій виконується кінцевий етап вирівнювання тиску (скидання тиску), до нижньої частини адсорбційної колони, в якій виконується первісний етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), і перенесення газу виконують з верхньої частини адсорбційної колони, в якій виконується первісний етап вирівнювання тиску (скидання тиску), до верхньої частини адсорбційної колони, в якій виконується кінцевий етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску). Було виявлено, що, порівняно також з цим випадком, одержували продукт переробки природного газу, який має чистоту газу метану, яка є приблизно на 3% вищою.

(Інші варіанти втілення)

Хоча етап створення надлишкового тиску у попередньому варіанті втілення виконували при тиску до атмосферного, забезпечення нагнітача або насоса у нагнітальних лініях дає переваги у разі необхідності збільшення внутрішнього тиску колони до значення, дещо вищого за атмосферний тиск, оскільки це може підвищити ефективність операції.

Хоча відпрацьований газ, випущений з вивідного блока 2, у попередньому варіанті втілення прямо вивільнюється в атмосферу, існує можливість забезпечення резервуара для відхідного газу у вивідних лініях та тимчасового зберігання в ньому відпрацьованого газу. Цей відпрацьований газ також може використовуватись як стиснуте повітря.

Адсорбенти, які адсорбують метан, не обмежуються описаними вище. Може бути ефективно застосований будь-який адсорбент, якщо він має властивість вибіркового адсорбування газу метану, який міститься у повітрі у стані високого тиску та десорбування адсорбованого газу метану у стані низького тиску, а також має властивість переважного десорбування повітря при десорбуванні газу метану як показано на ФІГ. 4, і може застосовуватися будь-який з різних відомих адсорбентів.

Однак очевидним є те, що вищеописане активоване вугілля, що має середній діаметр пор від 4,5 до 15 Å, виміряний МР-способом, і має величину адсорбції газу метану при атмосферному тиску і при 298 К 20 Нмл/г або більше, має особливо високий рівень ефективності при виконанні вищеописаного способу концентрування газу метану.

Хоча у вищеописаному варіанті втілення показано приклад, у якому застосовуються чотири адсорбційні колони, такий самий спосіб концентрування газу метану також може виконуватися й при застосуванні п'яти або більшої кількості адсорбційних колон.

Наприклад, у разі застосування п'яти адсорбційних колон, прийнятною може бути й конфігурація, показана на ФІГ. 10, та застосування режиму роботи, показаного на ФІГУРАХ 11 та 12. Хоча детальний опис у даному разі пропущено, функціонування способу концентрування газу метану, описаного на ФІГУРАХ 11 та 12, відповідає функціонуванню способу концентрування газу метану згідно з варіантом втілення, показаним на ФІГУРАХ 2 та 3. На ФІГУРАХ з 10 по 12 такі самі конфігурації, як у попередньому варіанті втілення (ФІГУРИ з 1 по 3) позначаються такими самими умовними номерами та назвами, і їх опис пропускається. У даному разі, як відмінність від попереднього варіанта втілення, етап вирівнювання тиску (скидання тиску) та етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) описується нижче.

Як показано на ФІГ. 12, якщо припустити, що, як стан проміжного тиску між станом високого тиску, в якому виконується адсорбційний етап, та станом низького тиску, в якому виконується декомпресії, встановлюються стани першого, другого та третього тиску, в яких показники внутрішнього тиску адсорбційних колон є різними, і тиск підвищується в цьому порядку, можна побачити, що

операція передачі газу в одній з адсорбційних колон, яка перебуває у стані високого тиску, до іншої з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску, при тиску, нижчому за тиск однієї з адсорбційних колон, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні високого тиску відповідає первісному етапові вирівнювання тиску (скидання тиску) передачі, з однієї з адсорбційних колон, яка перебуває у стані високого тиску, газу в адсорбційній колоні до іншої з адсорбційних колон, яка перебуває у стані другого тиску, таким чином, щоб досягти стану першого тиску, і

операція передачі, на кінцевому етапі вирівнювання тиску (скидання тиску) газу в одній з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску на стороні високого тиску, при тиску, вищому за стан низького тиску, до іншої з адсорбційних колон, яка перебуває у стані низького тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні низького тиску відповідає кінцевому етапові вирівнювання тиску (скидання тиску) передачі газу з однієї адсорбційної колони, яка перебуває у стані першого тиску, до іншої адсорбційної колони, яка перебуває у стані низького тиску, таким чином, щоб досягти стану третього тиску.

Крім того, як середній етап вирівнювання тиску (скидання тиску), етап передачі газу в одній з адсорбційних колон, яка перебуває у стані першого тиску, до іншої адсорбційної колони, яка перебуває у стані третього тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан другого тиску, включається на етапі вирівнювання тиску (скидання тиску).

Те ж саме стосується етапів вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску).

Промислова застосовність

Спосіб концентрування газу метану згідно з даним винаходом може бути застосований для видобування газу метану з шахтного газу, який до цього відбраковувався, і для концентрування та повторного використання газу метану.

Опис умовних позначень

1: Подавальний блок

2: Вивідний блок

3: Видобувальний блок

4: Блок створення надлишкового тиску

5: Блок вирівнювання тиску

A1: Перша адсорбційна колонна

A2: Друга адсорбційна колонна

A3: Третя адсорбційна колонна

A4: Четверта адсорбційна колонна

C: Контролер

L11: Подавальна лінія

L12: Вивідна лінія

L13: Видобувальна лінія

L14: Нагнітальна лінія

L15: Лінія вирівнювання тиску

L16: Нижня лінія вирівнювання тиску

L56: Переміщувальна лінія

P1: Подавальний насос

P3: Вакуумний насос

T1: Резервуар для вихідного газу

T3: Резервуар для продукту переробки природного газу

3 V11 по V46: Перемикальні клапани

5

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб концентрування газу метану, який включає:

забезпечення чотирьох або більшої кількості адсорбційних колон, кожна з яких заповнена адсорбентом, який адсорбує газ метан у метановмісному газі; та

виконання для кожної з адсорбційних колон циклу PSA з повторенням у такому порядку:

адсорбційного етапу, що включає приймання метановмісного газу, що подається у стані високого тиску, наближеного до атмосферного тиску, з нижньої частини адсорбційної колони, адсорбування газу метану на адсорбент та вивільнення відхідного газу, який здебільшого складається з повітря з верхньої частини адсорбційної колони;

етапу вирівнювання тиску (скидання тиску), що включає передачу газу в адсорбційній колоні, в якій закінчився адсорбційний етап, і яка перебуває у стані високого тиску, до іншої адсорбційної колони у стані більш низького тиску для приведення внутрішнього простору адсорбційної колони у стан проміжного тиску;

етапу декомпресії, що включає після зниження внутрішнього тиску колони на етапі вирівнювання тиску (скидання тиску) подальшу декомпресію адсорбенту до стану низького тиску для десорбування газу метану, адсорбованого на адсорбент, та видобування вищезгаданого газу метану з нижньої частини адсорбційної колони;

етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), що включає приймання, після закінчення етапу декомпресії, газу з іншої адсорбційної колони, яка перебуває у стані більш високого тиску, для приведення внутрішнього простору адсорбційної колони у стан проміжного тиску; та

етапу створення надлишкового тиску, що включає після підвищення внутрішнього тиску у колоні на етапі вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) подальшу подачу стиснутого повітря до адсорбційної колони з верхньої частини адсорбційної колони для повторного приведення адсорбенту у стан високого тиску, що забезпечує можливість вибіркового адсорбування газу метану, причому адсорбент має:

властивість вибіркового адсорбування газу метану, який міститься у повітрі у стані високого тиску, наближеного до атмосферного тиску, та десорбування адсорбованого газу метану у стані низького тиску, та

властивість переважного десорбування повітря при десорбуванні газу метану, де множини різних станів внутрішнього тиску адсорбційної колони встановлюють як стан проміжного тиску,

причому спосіб включає, як етап вирівнювання тиску (скидання тиску):

первісний етап вирівнювання тиску (скидання тиску), що включає передачу газу в одній з адсорбційних колон, яка перебуває у стані високого тиску, до іншої з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску, при тиску, нижчому за тиск однієї з адсорбційних колон, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні високого тиску, та

кінцевий етап вирівнювання тиску (скидання тиску), що включає передачу газу в одній з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску на стороні високого тиску, при тиску, вищому за стан низького тиску, до іншої з адсорбційних колон, яка перебуває у стані низького тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні низького тиску,

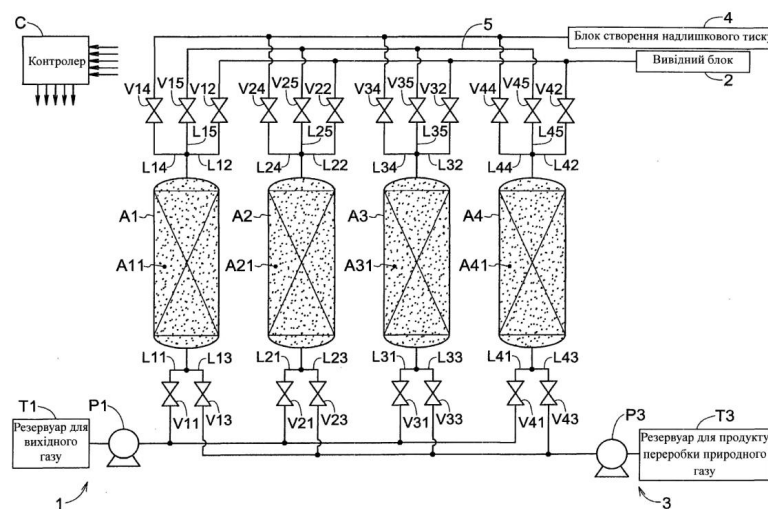
причому етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) включає:

первісний етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), що включає приймання газу в одній з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску на стороні високого тиску, до іншої з адсорбційних колон, яка перебуває у стані низького тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні низького тиску; та

кінцевий етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), що включає приймання до однієї з адсорбційних колон, яка перебуває у стані проміжного тиску на стороні низького тиску, газу в іншій з адсорбційних колон, яка перебуває у стані високого тиску, для приведення тиску в одній з адсорбційних колон у стан проміжного тиску на стороні високого тиску, і

газ переносять з однієї з адсорбційних колон, у якій виконується етап вирівнювання тиску (скидання тиску), до іншої з адсорбційних колон, у якій виконується етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), з верхньої частини однієї з адсорбційних колон до верхньої частини іншої з адсорбційних колон.

- 5 2. Спосіб концентрування газу метану за п. 1, який **відрізняється** тим, що етап вирівнювання тиску (скидання тиску) складається з первісного етапу вирівнювання тиску (скидання тиску) та кінцевого етапу вирівнювання тиску (скидання тиску), і етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) складається з первісного етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску) та кінцевого етапу вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску),
- 10 газ, який випускається з верхньої частини однієї з адсорбційних колон на первісному етапі вирівнювання тиску (скидання тиску), подається до верхньої частини іншої з адсорбційних колон, у якій виконується кінцеве вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску), і газ, який випускається з верхньої частини однієї з адсорбційних колон на кінцевому етапі вирівнювання тиску (скидання тиску), подається до іншої з адсорбційних колон, у якій виконується первісний етап вирівнювання тиску (створення надлишкового тиску).
- 15 3. Спосіб концентрування газу метану за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що метановмісний газ здебільшого складається з одного газу, вибраного з-поміж шахтного газу, біогазу, конвертованого газу та природного газу.
- 20 4. Спосіб концентрування газу метану за будь-яким з пп. з 1 по 3, який **відрізняється** тим, що адсорбент містить, як його головний компонент, принаймні один, вибраний з групи, до якої належать активоване вугілля, цеоліт, силікагель та металоорганічний комплекс, який має середній діаметр пор від 4,5 до 15 Å, виміряний МР-способом, і має величину адсорбції газу метану при атмосферному тиску і при 298 К 20 Нмл/г або більше.



ФІГ. 1

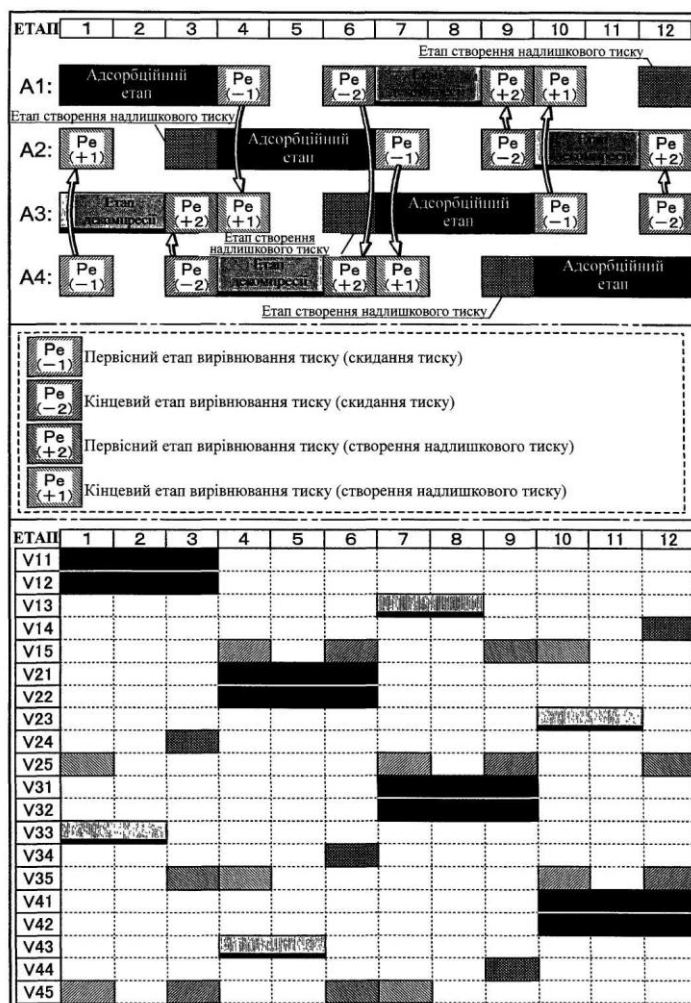


Fig. 2

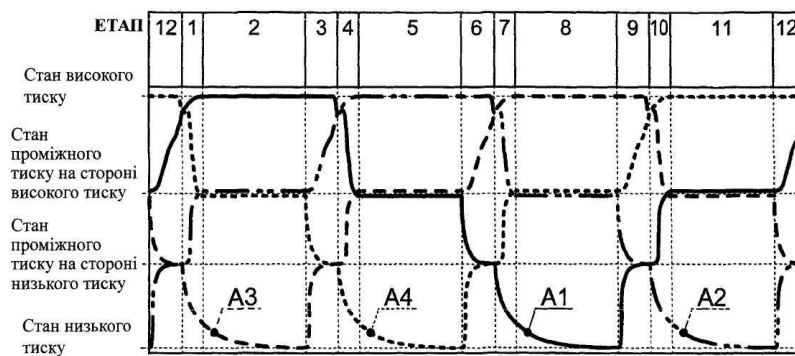
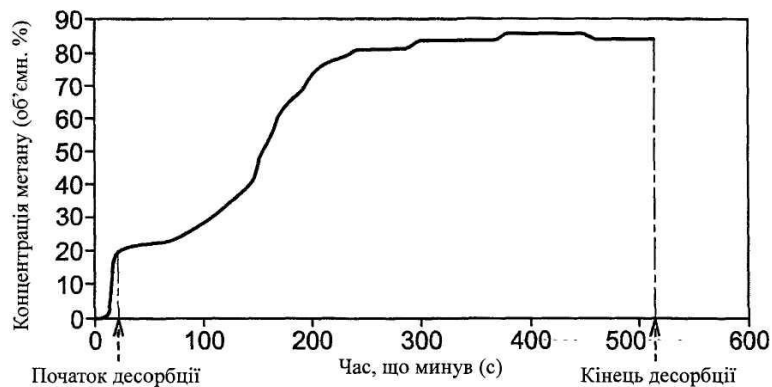
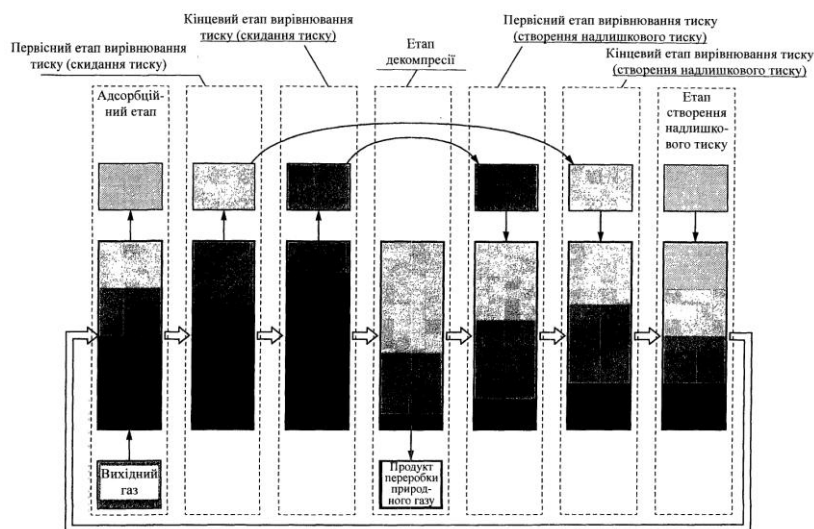


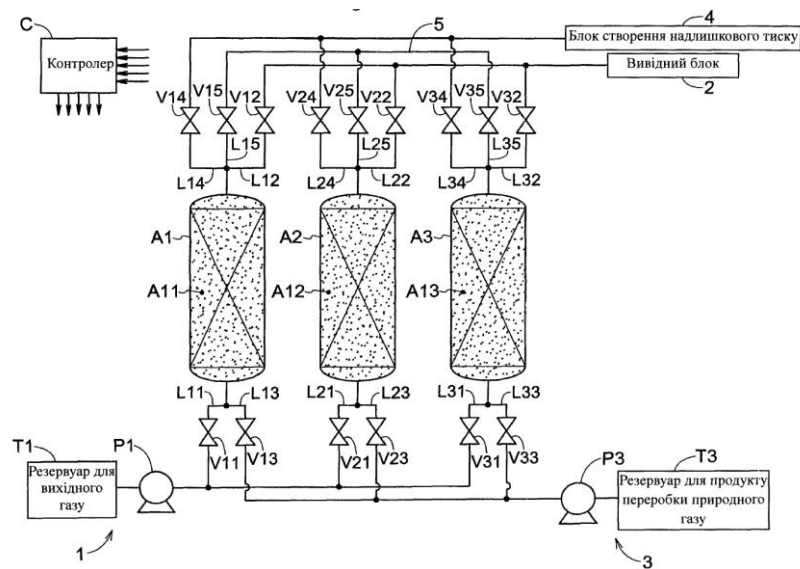
FIG. 3



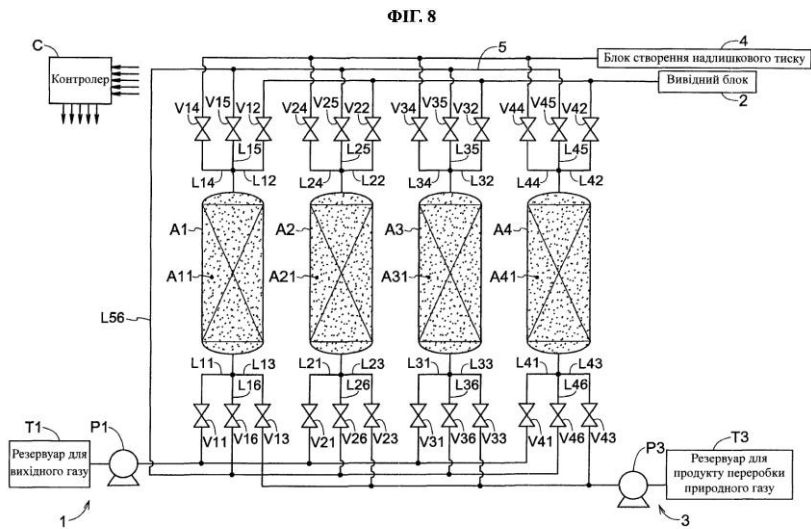
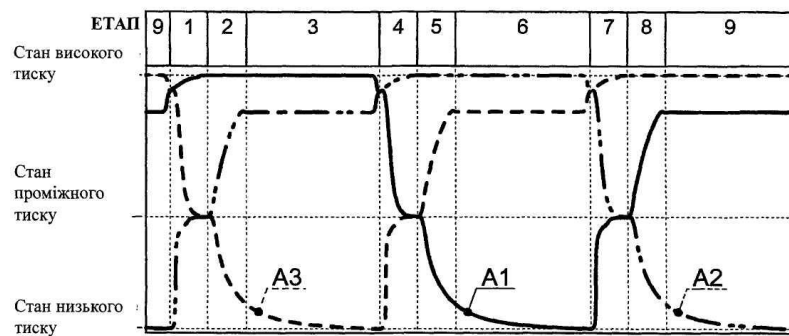
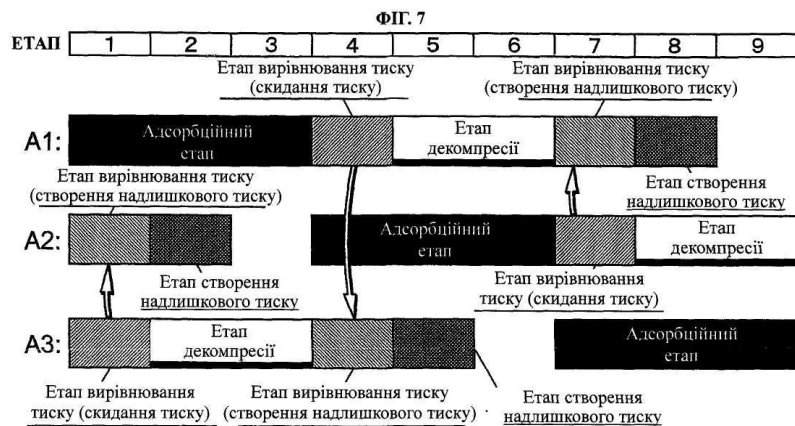
ФІГ. 4

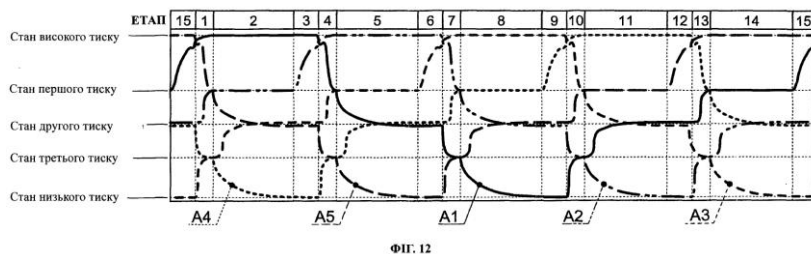
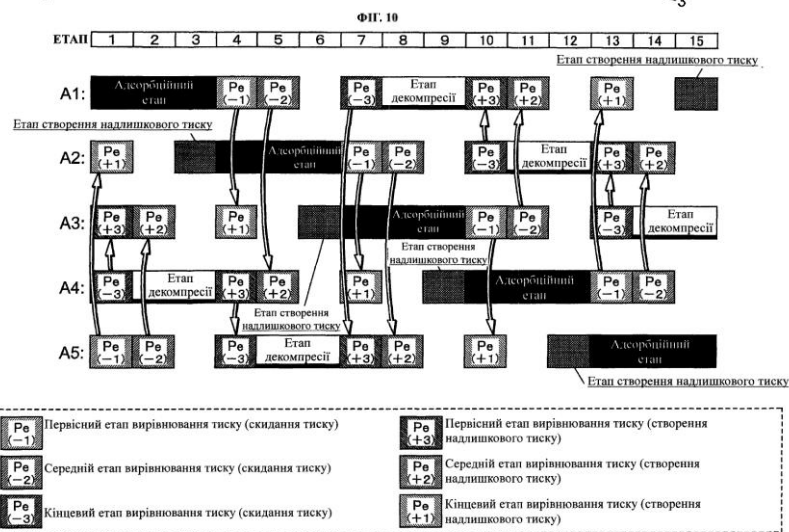
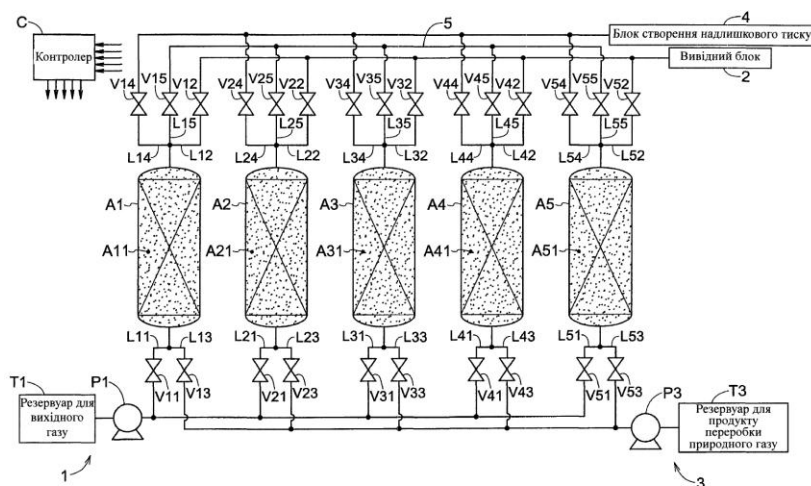


ФІГ. 5



ФІГ. 6





Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601