



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 87289

(13) C2

(51) МПК (2009)  
F01D 25/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) ВІДЦЕНТРОВИЙ СЕПАРАТОР ДЛЯ ВІДДІЛЯННЯ РІДИНИ

1

2

(21) a200605415

(22) 17.05.2006

(24) 10.07.2009

(31) 102006017306.6

(32) 12.04.2006

(33) DE

(46) 10.07.2009, Бюл.№ 13, 2009 р.

(72) БРУКМАН ВІЛЬГЕЛЬМ, DE, КІНБЕК МАРТІН, DE

(73) БАЛКЕ-ДЮР ГМБХ, DE

(56) SU 1509132, 4 B07B7/08, 23.09.1989

SU 1079947, 3 F22B37/32, B01D45/12, 15.03.1984

RU 2314859, 7 B01D45/12, 20.01.2008

US 4581048, B01D45/08, 08.04.1986

US 4581048, B01D45/08, 08.04.1986

DE 102006017306.6, 7 B01D45/14, 25.10.2007

EP 0233332, 4 F22B37/28, B01D45/16, 26.08.1987

EP 0002235, 2 B01D53/26, 45/16, 13.06.1979

US 890015, 3 F22B37/32, 15.12.1981

RU 2125905, 6 B01D45/12, 10.02.1999

US 6620217, 7 B01D45/12, 16.09.2003

WO 0027537, 7 B01D45/14, 18.05.2000

(57) 1. Відцентровий сепаратор (1) для відділення рідини від газового потоку, зокрема для відділення води від водяної пари, що має першу трубу (2), в якій розміщений завихрювач (6), і наступну за нею другу трубу (11), причому внутрішній діаметр (D1) першого кінця (12) другої труби (11), звернутого до першого кінця (14) наступної за нею, коаксіально розташованої третьої труби (13), більше зовнішнього діаметра (D2) першого кінця (14) третьої труби (13), причому друга труба (11) і третя труба (13) на радіальній відстані з утворенням сепарувальної камери (16) оточені оболонкою (17), спорядженою зливом (19) для рідини, який відрізняється тим, що додатково містить встановлену за третьою трубою (13) четверту трубу (22), причому за четвертою трубою (22) встановлена розташована коаксіально їй п'ята труба (23), встановлена принаймні частково в четверту трубу (22) з утворенням кільцевого проміжку (24) між четвертою трубою (22) і п'ятою трубою (23), причому четверта труба (22) і п'ята труба (23) оточені на радіальній відстані додатковою оболонкою (25) з утворенням додаткової сепарувальної камери (21), яка має злив (27) для рідини, при цьому відцентрований сепаратор (1) містить принаймні один компенсатор (50) довжи-

ни для зміни осьової довжини (L1, L2, L3) відцентрового сепаратора (1).

2. Сепаратор за п.1, який відрізняється тим, що компенсатор (50) довжини являє собою сильфон або коліно.

3. Сепаратор за п.2, який відрізняється тим, що компенсатор (50) довжини розміщений між першою трубою (2) та другою трубою (11).

4. Сепаратор за п.1, який відрізняється тим, що перша труба (2) має принаймні одну ділянку (3), виконану конусоподібною, причому на цій ділянці (3) розташований завихрювач (6).

5. Сепаратор за п.1, який відрізняється тим, що друга труба (11) і третя труба (13) розташовані на осьовій відстані (15) одна від одної.

6. Сепаратор за п.5, який відрізняється тим, що відношення осьової відстані (15) до внутрішнього діаметра (D1) першого кінця (12) другої труби (11) становить від 0,1 до 0,2.

7. Сепаратор за п.1, який відрізняється тим, що за сепарувальною камерою (16) встановлено випрямляч (31).

8. Сепаратор за п.1, який відрізняється тим, що додаткова сепарувальна камера (21) містить патрубок (28) для створення розрідження в додатковій сепарувальній камері (21).

9. Сепаратор за одним із пп.1 або 8, який відрізняється тим, що за додатковою сепарувальною камерою (21) встановлений випрямляч (31).

10. Сепаратор за п.1, який відрізняється тим, що завихрювач (6) містить всередині першої труби (2) завихрюючі лопатки (4), які проходять від маточини (5) завихрювача до внутрішньої стінки першої труби (2) і які мають у перерізі криволінійний контур.

11. Сепаратор за п.10, який відрізняється тим, що криволінійний контур виконаний у формі дуги кола.

12. Сепаратор за п.11, який відрізняється тим, що співвідношення між радіусом дуги кола і внутрішнім діаметром (D) першого, звернутого до другої труби (11), кінця (34) першої труби (2) становить від 0,1 до 0,3.

13. Сепаратор за одним із пп.11 або 12, який відрізняється тим, що кут (α) розхилу дуги кола становить від 20 до 60°.

14. Сепаратор за одним із пп.10 або 12, який відрізняється тим, що співвідношення між внутрі-

(13) C2

(11) 87289

(19) UA

шнім діаметром ( $D_1$ ) першого кінця (12) другої труби (11) і внутрішнім діаметром ( $D$ ) першого кінця (34) першої труби (2) становить від 1,0 до 1,5.

15. Сепаратор за п.13, який **відрізняється** тим, що кут ( $\alpha$ ) розхилу дуги кола зменшується від

маточини (5) завихрювача до внутрішньої стінки першої труби (2).

16. Сепаратор за п.12, який **відрізняється** тим, що радіус ( $R$ ) дуги кола збільшується від маточини (5) завихрювача до внутрішньої стінки першої труби (2).

Винахід належить до відцентрового сепаратора для відділення рідини від газового потоку, зокрема для відділення води від водяної пари, що містить першу трубу, в якій розташований завихрювач, і наступну за нею другу трубу, причому внутрішній діаметр першого кінця другої труби, звернутого до першого кінця наступної за нею, коаксіально розташованої третьої труби, більше зовнішнього діаметра першого кінця третьої труби, причому друга і третя труби на радіальній відстані з утворенням сепарувальної камери оточені оболонкою, спорядженою зливом для рідини.

Подібні відцентрові сепаратори використовуються, наприклад, в парогенеруючих установках з паропроводами і підтримують функцію звичайного водовідділювача/проміжного перегрівача. Такий звичайний водовідділювач розміщений між турбінами високого і низького тисків і служить для висушування пари перед надходженням у турбіну низького тиску. Через модифікації в системній техніці або режимі експлуатації електростанції може статися так, що подавана до водовідділювача/проміжного перегрівача пара більше не відповідає первісному розрахунку, так що для випаровування залишкової вологи потрібна додаткова опалювальна пара або в турбіну низького тиску надходить «волога» пара. При цьому знижується потужність установки, і в її підключених компонентах можуть виникнути проблеми з ерозією і корозією. З допомогою розкритого, наприклад, в DE 1012 9198 B4 додаткового відцентрового сепаратора, встановленого перед водовідділювачем/проміжним перегрівачем, надійним і економічним чином досягається додаткове водовідділення. Також за допомогою високошвидкісних сепараторів інших конструкційних форм, розкритих, наприклад, в EP 0002235 A1 або EP 0233332, можна досягнути додаткового і надійного водовідділення.

Труднощі можуть, однак, виникнути тоді, коли вже існуючі установки повинні бути дообладнані. Часто наявний монтажний простір дуже обмежений, так що можуть бути вбудовані лише додаткові водовідділювачі відносно малих розмірів. У такому випадку мета підвищення ККД установки часом не досягається.

Тому в основі винаходу лежить задача створення типового відцентрового сепаратора, який може бути вбудований навіть в обмежених просторових умовах дообладнаної установки, причому додатково підвищується ККД установки.

Ця задача вирішується у відцентрового сепаратора описаного вище типу за рахунок того, що

відцентровий сепаратор містить принаймні один компенсатор довжини для зміни тим самим осьової довжини відцентрового сепаратора. Кращі варіанти здійснення винаходу наведені в залежних пунктах.

Відцентровий сепаратор, згідно винаходу, для відділення рідини від газового потоку, зокрема для відділення води від водяної пари, має першу трубу, в якій розташований завихрювач, і наступну за нею другу трубу, причому внутрішній діаметр першого кінця другої труби, звернутий до першого кінця наступної за нею, розташованої коаксіально їй третьої труби, більше зовнішнього діаметра першого кінця третьої труби, причому друга і третя труби на радіальній відстані з утворенням сепарувальної камери оточені оболонкою, спорядженою зливом для рідини. Завдяки відцентровому сепаратору, згідно винаходу, ця задача вирішується за рахунок того, що він має принаймні один компенсатор довжини. Цим досягається те, що осьову довжину відцентрового сепаратора можна змінювати в залежності від наявного монтажного простору. Доустаткування, отже, можливе простим способом, причому відцентровий сепаратор може бути виконаний достатнього розміру, так що досягається підвищення ККД установки.

Переважно компенсатор довжини являє собою сильфон або коліно або інший фітинг. У Це забезпечує гнучку підгонку до заданих просторових умов. Особливо за рахунок коліна може бути досягнуте відхилення осьового напрямку відцентрового сепаратора на  $90^\circ$  або більше, так що є можливою велика осьова довжина відцентрового сепаратора за низької загальної конструкційної висоти. Доцільним є розташування компенсатора довжини між першою і другою трубами. В такому випадку перша труба, включаючи завихрювач, може бути використана як перший модуль і друга труба, а також третя труба, включаючи сепарувальну камеру, - як другий модуль. Компенсатор довжини служить тоді як з'єднувальна деталь між обома модулями. Завдяки такій модульній конструкції підгонка до заданих просторових умов можлива простим чином. Крім того, модулі можуть мати оптимальні розміри в залежності від наявного конструкційного простору.

Перша труба може мати ще принаймні одну ділянку, виконану конусоподібною, причому на цій ділянці розміщений завихрювач. За рахунок конусоподібною геометрії осьова швидкість надхідної пари зменшується, так що на завихрювачі виникає менша втрата тиску, а ККД відцентрового сепаратора може бути додатково підвищений.

Цей захід може бути прийнятним без дії на осьову конструкційну довжину, так що дообладнання у звуженому конструкційному просторі можливе простим чином.

Згідно із другим варіантом здійснення винаходу, друга і третя труби розташовані на осьовій відстані одна від одної. Співвідношення осьової відстані і внутрішнього діаметра першого кінця другої труби становить переважно від 0,1 до 0,2. Таким чином, можливе надійне введення в сепарувальну камеру водяних крапель, відкинутих завихрювачем до зовнішньої стінки першої і другої труб. Якщо відцентровий сепаратор має ще випрямляч, встановлений за першою сепарувальною камерою, то звільнений від води потік пари перед виходом із відцентрового сепаратора може бути розкрученим.

Для підвищення ККД після згаданої вище сепарувальної камери може бути передбачена додаткова сепарувальна камера, яка має четверту трубу, наступну за третьою трубою. За четвертою трубою йде розташована коаксіально їй п'ята труба, причому п'ята труба принаймні частково вставлена в четверту трубу з утворенням кільцевого проміжку між четвертою і п'ятою трубами. Четверта і п'ята труби оточені на радіальній відстані додатковою оболонкою з утворенням додаткової сепарувальної камери, яка для відводу відділеної води споряджена зливом для рідини. Якщо додаткова сепарувальна камера має патрубок, то він може бути використаний для створення розрідження в додатковій сепарувальній камері. Таким чином, ступінь сепарації і, тим самим, ккд можна ще більше підвищити. Якщо передбачена додаткова сепарувальна камера, то за нею може бути встановлений випрямляч, так що виходить розкручений потік пари.

Один ефективний захід подальшого підвищення ККД полягає в тому, щоб спорядити завихрювач всередині першої труби завихрюючими лопатками, які проходять від маточини завихрювача до внутрішньої стінки першої труби і мають у перерізі криволінійний контур. Переважно криволінійний контур виконаний у формі дуги кола. Особливо переважне співвідношення між радіусом дуги кола і внутрішнім діаметром першого, звернутого до другої труби кінця першої труби становить від 0,1 до 0,3. При цьому виявилось, що дуже ефективного відхилення крапель, що надходять у відцентровий сепаратор, можна досягти, якщо кут розхилу дуги кола становить від 20 до 60°. Найкраще в цьому зв'язку, якщо співвідношення між внутрішнім діаметром першого кінця другої труби і внутрішнім діаметром першого кінця першої труби становить від 0,1 до 1,5.

Підвищення ККД навіть в обмежених просторових умовах можливе в подальшому за рахунок того, що кут розхилу дуги кола зменшується від маточини завихрювача до внутрішньої стінки першої труби. Таким чином, на краплі, що потрапляють на завихрюючі лопатки у відносній близькості від маточини завихрювача, чиниться відносно більше завихрююче зусилля, щоб транспортувати їх до внутрішньої стінки першої труби. Краплі, що потрапляють на завихрюючі лопатки у віднос-

ній близькості від внутрішньої стінки першої труби, не потребують таких великих відхиляючих зусиль, так що дуга кола може мати менший кут розхилу. Це приводить у цілому до меншої втрати тиску і підвищенню ККД відцентрового сепаратора. Один альтернативний або додатковий захід полягає в тому, що радіус дуги кола зростає від маточини завихрювача до внутрішньої стінки першої труби.

Нижче винахід докладніше описано з допомогою прикладів його здійснення, зображених на кресленні, на якому подають:

- Фіг.1: схематично в поздовжньому розрізі відцентровий сепаратор з кількома модулями;
- Фіг.2: вигляд зверху на завихрюючу лопатку, встановлену на маточині завихрювача;
- Фіг.3: першу завихрюючу лопатку у перспективі;
- Фіг.4: другу завихрюючу лопатку у перспективі.

На Фіг.1 схематично в поздовжньому розрізі зображено відцентровий сепаратор 1 з кількома модулями. Відцентровий сепаратор 1 містить першу трубу 2, що має конусоподібну ділянку 3. На цій ділянці 3 кілька завихрюючих лопаток 4 розташовані у вигляді вінця на маточині 5 і міцно з'єднані із маточиною, а також із внутрішньою стінкою охоплюючої першої труби 2. Завихрюючі лопатки 4 і маточина 5 утворюють разом завихрювач 6. Коли пара по позначеному стрілкою 40 напрямку надходить із підключеної турбіни високого тиску (не показана) в першу трубу 2 відцентрового сепаратора 1, вона потрапляє на маточину 5 і, тим самим, на розташовані на ній завихрюючі лопатки 4. За допомогою завихрюючих лопаток 4 водяні краплі прямують до внутрішньої стінки першої труби і можуть там стікати. Маточина 5 виконана порожнистою і має основу 7, закриту з боку натікання. На протилежній стороні 8 стікання маточина 5 відкрита. Розрідження, яке утворюється там, може бути використане для полегшення відсмоктування в наступних сепарувальних модулях, як це пояснюється нижче.

Перед конусоподібною ділянкою 3 розташована циліндроподібна приєднувальна ділянка 9, яка призначена для приєднання простим чином до вже існуючого трубопроводу. Для цього приєднувальна ділянка має, наприклад, такий же діаметр D, що й приєднуваний трубопровід. За конусоподібною ділянкою 3 можна, але не обов'язково, розмістити циліндроподібну ділянку 10, так що монтаж з наступними циліндричними трубними частинами может бути здійснений просто. Ця перша труба 2 може служити єдиним модулем, причому довжина наступних компонентів відцентрового сепаратора ще не встановлена.

Першу трубу 2 з'єднують із другою трубою 11, що має перший кінець 12. За цією другою трубою 11, що має внутрішній діаметр D1, йде розташована коаксіально їй третя труба 13, яка має перший кінець 14. Доцільно розрахувати відстань 15 між першим кінцем 12 другої труби 11 і першим кінцем 14 третьої труби 13 так, щоб вона мала величину, яка відповідає 0,1-0,2-кратному значенню внутрішнього діаметра D1 другої труби

11. Внутрішній діаметр  $D_1$  другої труби 11 більше зовнішнього діаметра  $D_2$  третьої труби 13, так що вода, яка стікає із внутрішньої стінки першої труби 2, а звідти - по внутрішній стінці другої труби 11, може витікати із цього утвореного кільцевого проміжку і потрапляти в сепарувальну камеру 16. Сепарувальна камера 16 має оболонку 17, яка охоплює другу трубу 11 і третю трубу 13. Вбудовані елементи 18 в сепарувальній камері 16 ефективно утримують до того ж потік пари від накопиченої води, яка шляхом зливу 19 в зоні дна 20 сепарувальної камери 16 може бути вилучена з неї. Відділена таким чином значною мірою від води пара надходить в третю трубу 13 і на її протилежному кінці може залишати відцентровий сепаратор 1.

Між першою трубою 2 і другою трубою 11 в зоні А (Фіг.1) може бути вбудований компенсатор 50 довжини. Це, наприклад, сильфон або коліно труби (останнє не показано), так що відносно положення між першою трубою 2 в якості першого модуля і сепарувальною камерою 16 в якості другого модуля може бути пристосоване до локальних просторових умов. Перша труба 2 може бути, тим самим, з'єднана, при нагоді, під кутом або з осьовим зміщенням відносно сепарувальної камери 16.

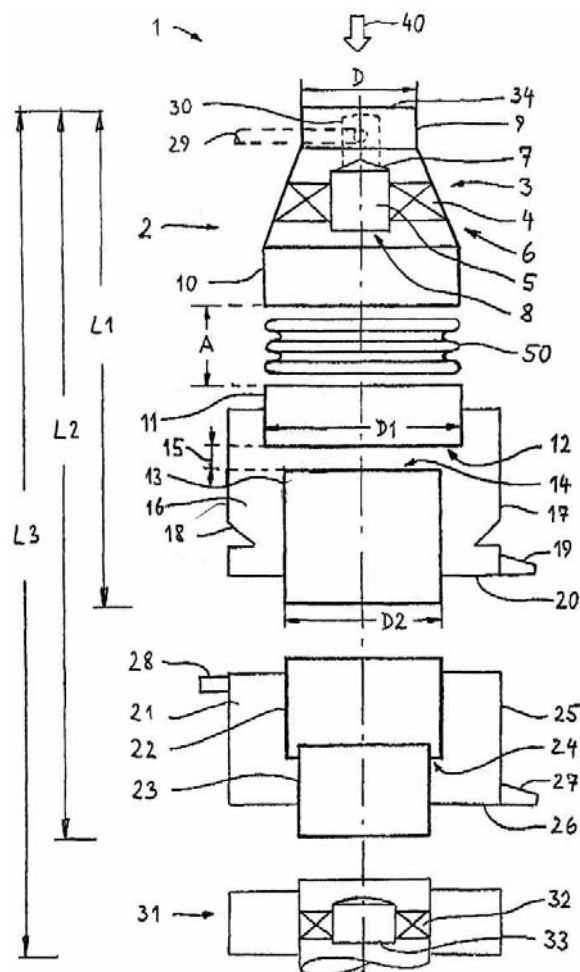
Для підвищення ККД за сепарувальною камерою 16 може йти додаткова сепарувальна камера 21, яка має четверту трубу 22 і розміщену коаксіально їй п'яту трубу 23. П'ята труба 23 принаймні частково вставлена в четверту трубу 22 з утворенням кільцевого проміжку 24 між четвертою трубою 22 і п'ятою трубою 23, так що ще наявна на внутрішній стінці четвертої труби і стікаюча там вода може накопичуватися і потрапляти в додаткову сепарувальну камеру 21. Додаткова сепарувальна камера 21 утворена обома трубами 22, 23 і радіально охоплюючою оболонкою 25, причому вона має у зоні дна 26 злив 27 для відбору накопиченої води. Якщо додаткова сепарувальна камера 21 має ще патрубок 28, то до нього може бути приєднаний всмоктувальний трубопровід для полегшення відсмоктування води із четвертої труби 22. Всмоктувальний трубопровід з'єднаний переважно із зворотним трубопроводом 29, який з'єднаний із видовженням 30 маточини 5 в якості її продовження всередині першої труби 2. Таким чином, розрідження, яке наявне на стороні 8 стікання маточини 5, можна оптимально використати.

У випадку, якщо передбачена лише одна перша сепарувальна камера 16, то до неї може бути приєднаний випрямляч 31, який викликає

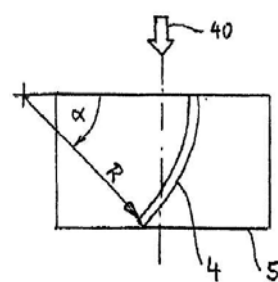
розкручування течії пари. Для цього випрямляч 31 містить завихрюючі лопатки 32, нерухомо встановлені на маточині, причому напрямком обертання завихрюючих лопаток 32 випрямляча 31 направлений назустріч напрямку обертання завихрюючих лопаток 4 завихрювача 6. Якщо передбачена друга сепарувальна камера 21, то випрямляч 31 встановлюють за цією другою сепарувальною камерою 21. Висушена пара лишає випрямляч 31 в напрямку підключеної турбіни низького тиску.

Як видно на Фіг.1, довжину  $L_1$  відцентрового сепаратора, що має першу трубу 2 в якості першого модуля і сепарувальну камеру 16 в якості другого модуля, можна змінювати з допомогою компенсатора довжини між обома модулями так, що навіть в обмеженому конструкційному просторі можливе оптимальне використання місця. За вибором також між сепарувальною камерою 16 і додатковою сепарувальною камерою 21 може бути передбачений компенсатор довжини, так що довжину  $L_2$  відцентрового сепаратора можна змінювати. Це стосується також простору між сепарувальними камерами 16, 21 і підключеним випрямлячем 31, так що можна регулювати довжину  $L_3$ .

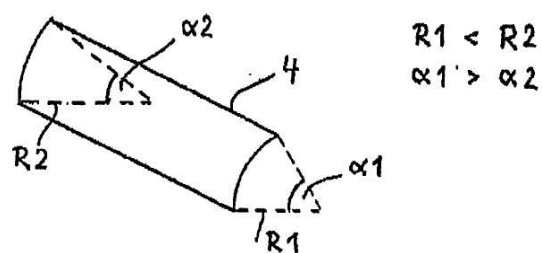
Для підвищення ККД відцентрового сепаратора 1 завихрюючі лопатки можуть мати далі криволінійний у перерізі контур. Це переважно дуга кола, як видно на Фіг.2. На Фіг.2 на вигляді зверху зображені маточина 5 завихрювача 6 і завихрююча лопатка 4 (інші наявні завихрюючі лопатки 4 не показані). Дуга кола має радіус  $R$ , який складає переважно 0,1-0,3-кратну величину діаметра  $D$  приєднувальної ділянки 3 першої труби 2. Кут  $\alpha$  розхилу завихрюючої лопатки 4 складає переважно від  $20^\circ$  до  $60^\circ$ . Водяні краплі, що потрапляють за позначеному стрілкою 40 напрямком течії на завихрювальну лопатку 4, відхиляються за рахунок криволінійного контура в напрямку внутрішньої стінки охоплюючої першої труби 2. Ще вищі ККД досягаються тоді, коли завихрююча лопатка має кут розхилу, що зменшується від маточини 5 завихрювача в напрямку внутрішньої стінки першої труби 2 (Фіг.3). Кут зменшується при цьому від  $\alpha_1$  до  $\alpha_2$ . Інша або додаткова можливість полягає в тому, що радіус дуги кола завихрюючої лопатки 4 зростає від маточини 5 завихрювача до внутрішньої стінки першої труби 2. Інші конструкційні форми також кращі, див. Фіг.4, де зображена завихрююча лопатка 4 із сталим кутом  $\alpha_1$  розхилу, що дорівнює  $\alpha_2$ . В останньому випадку завихрююча лопатка 4 має геометрію сектора конуса.



Фиг. 1



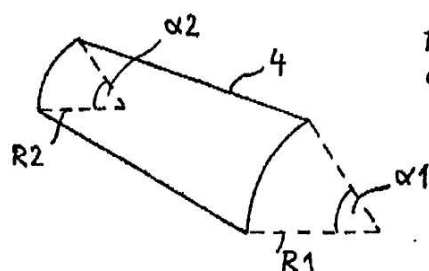
Фиг. 2



Фиг. 3

$$R1 < R2$$

$$\alpha1 > \alpha2$$



Фиг. 4

$$R1 > R2$$

$$\alpha1 = \alpha2$$