

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044454**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.08.29**

(51) Int. Cl. **B01D 45/12** (2006.01)  
**F16L 55/07** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202192946**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.04.22**

---

(54) **ВНУТРИТРУБНЫЙ СЕПАРАТОР**

---

(31) **2020114718**

(32) **2020.04.24**

(33) **RU**

(43) **2022.12.13**

(86) **PCT/RU2021/050107**

(87) **WO 2021/215971 2021.10.28**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
"АЭРОГАЗ" (RU)**

(72) Изобретатель:  
**Имаев Салават Зайнетдинович (RU)**

(74) Представитель:  
**Котлов Д.В. (RU)**

(56) **RU-U1-19658**  
**RU-C1-2458298**  
**RU-U1-107070**  
**US-A1-3977850**  
**US-B2-8454736**

(57) Изобретение относится к области устройств для сепарации жидкости от газа, в частности к сепараторам, широко используемым в нефтяной и газовой промышленности для сепарации углеводородного конденсата и воды от природного или попутного газа. Внутритрубный сепаратор содержит основной канал, представляющий собой участок трубопровода с последовательно смонтированными внутри него и аксиально расположенными первым завихрителем, первой секцией сепарации жидкости, секции отбора газожидкостного потока, при этом к секции отбора газожидкостного потока перпендикулярно основному каналу пристыкован первый дополнительный канал, представляющий собой участок трубопровода с последовательно смонтированными внутри него и аксиально расположенными вторым завихрителем, второй секцией сепарации жидкости, секцией отбора жидкости и емкостью для сбора жидкости, причем секция отбора жидкости соединена вторым дополнительным каналом с эжектором, расположенным в основном канале между первым завихрителем и первой секцией сепарации жидкости, при этом во втором дополнительном канале установлен регулирующий клапан. Изобретение позволяет повысить эффективность отбора жидкостной фракции от газовой фракции.

**044454**  
**B1**

**044454**  
**B1**

### **Область техники**

Изобретение относится к области устройств для сепарации жидкости от газа, в частности к сепараторам, широко используемым в нефтяной и газовой промышленности для отделения углеводородного конденсата и воды от природного или попутного газа.

### **Уровень техники**

Из уровня техники известен способ разделения газовых смесей за счет аксиальных циклонов (см. [1] патент РФ на изобретение №2458298, МПК F25J3/08, опубл. 10.08.2012), в которых сепарация воды из газа осуществляется в системе из двух последовательных аксиальных циклонов. Каждый циклонный сепаратор включает в себя завихритель, секцию сепарации жидкости, секцию отбора газожидкостного/жидкостного потока.

Недостатком данного аналога является то, что во втором циклонном сепараторе невозможно обеспечить высокую эффективность отбора жидкостного потока от газа, т.к. в секцию отбора жидкости второго циклонного сепаратора, представляющего собой щелевой цилиндрический канал, поступает газожидкостная смесь, сформированная в двухфазном пограничном слое на стенках секции сепарации жидкости и представляющая собой взвесь газа и капель жидкости. В связи с этим эффективность сепарации жидкости во всей системе довольно низкая.

Из уровня техники известен термогазодинамический сепаратор (см. [2] патент РФ на полезную модель №74308, МПК B01D45/12; B01D53/26, опубл. 27.06.2008), включающий корпус, патрубок ввода исходного многокомпонентного углеводородного газа, завихритель газа, сопло Лавала, сепарационную камеру с отверстием вывода конденсата, сборник конденсата, эжекционную камеру с патрубком приема газа, патрубки для отвода газовой фазы и конденсата из сборника конденсата, диффузор очищенного газового потока, поперечные перегородки, при этом каждая из поперечных перегородок выполнена из двух частей, первая из которых жестко соединена с корпусом, вторая расположена внутри первой и выполнена съемной, сопло, сепарационная камера и диффузор установлены последовательно внутри вторых частей поперечных перегородок. Недостатком данного аналога является низкая эффективность сепарации жидкости, обусловленная отсутствием специальных устройств сепарации жидкости в канале рециркуляции газа, соединяющем сборник конденсата и эжекционную камеру.

Наиболее близким аналогом к заявленному изобретению по совокупности признаков, принятым за прототип, является установка низкотемпературной сепарации газовых или газожидкостных смесей (см. [3] патент РФ на полезную модель №93513, МПК F25J3/06, опубл. 27.04.2010), содержащая соединенный с источником газовой или газожидкостной смеси высокого давления первый циклонный сепаратор, включающий расположенный по его центральной оси канал для подачи газовой или газожидкостной смеси низкого давления и коаксиально его охватывающий завихритель, за которыми по ходу потока последовательно размещены сопловой и сепарационный каналы, причем последний выполнен с выходами для двухфазной смеси и для очищенного газа, при этом выход для двухфазной смеси соединен со входом сепаратора для выделения жидкости, газовый выход которого соединен со входом второго циклонного сепаратора, выход для двухфазной смеси которого соединен с каналом для подачи газовой или газожидкостной смеси низкого давления первого циклонного сепаратора, а газовый выход второго циклонного сепаратора соединен с выходом для очищенного газа первого циклонного сепаратора.

Недостатком прототипа является то, что выход жидкости из второго циклонного сепаратора соединен с очищенным газом, что приводит к ухудшению сепарации жидкости всей системы. К тому же описанная система предполагает использование как компактных циклонных сепараторов, так и обычного емкостного сепаратора, что приводит к усложнению всей системы сепарации, увеличению массогабаритных характеристик системы и соответствующему ее удорожанию.

### **Сущность изобретения**

Технической задачей, стоящей перед изобретением, является обеспечение высокой эффективности сепарации жидкости от газа при минимальных размерах и весе системы сепарации.

Техническим результатом заявленного изобретения является повышение эффективности отбора жидкостной фракции от газовой фракции.

Согласно изобретению техническая задача решается, а технический результат достигается за счет того, что внутритрубный сепаратор содержит основной канал, представляющий собой участок трубопровода с последовательно смонтированными внутри него и аксиально расположенными первым завихрителем, первой секцией сепарации жидкости, секцией отбора газожидкостного потока, при этом к секции отбора газожидкостного потока перпендикулярно основному каналу пристыкован первый дополнительный канал, представляющий собой участок трубопровода с последовательно смонтированными внутри него и аксиально расположенными вторым завихрителем, второй секцией сепарации жидкости, секцией отбора жидкости и емкостью для сбора жидкости, причем вторая секция отбора жидкости соединена вторым дополнительным каналом с эжектором, расположенным в основном канале между первым завихрителем и первой секцией сепарации жидкости, при этом во втором дополнительном канале может быть установлен регулирующий клапан.

### Краткое описание чертежей

На фигуре - общая схема внутритрубного сепаратора, на которой обозначены следующие позиции:

- 1 - основной канал;
- 2 - первый завихритель;
- 3 - первая секция сепарации жидкости;
- 4 - секция отбора газожидкостного потока;
- 5 - первый дополнительный канал;
- 6 - второй завихритель;
- 7 - вторая секция сепарации жидкости;
- 8 - секции отбора жидкости;
- 9 - емкость;
- 10 - второй дополнительный канал;
- 11 - эжектор;
- 12 - регулирующий клапан.

### Осуществление изобретения

Внутритрубный сепаратор состоит из элементов, жестко соединенных между собой любыми известными способами в данной области техники, и представляет собой основной канал 1 и два дополнительных канала 5 и 10 соответственно. Основной канал 1 выполнен в виде участка трубопровода, внутри которого последовательно и аксиально вмонтированы первый завихритель 2, первая секция сепарации жидкости 3 и секция отбора газожидкостного потока 4. Также основной канал 1 содержит эжектор 11, расположенный между первым завихрителем 2 и секцией сепарации газожидкостного потока 4.

К секции отбора газожидкостного потока 4 перпендикулярно основному каналу 1 присоединен методом стыковки (т.е. пристыкован) первый дополнительный канал 5, представляющий собой участок трубопровода с последовательно вмонтированными внутри него и аксиально расположенными вторым завихрителем 6, второй секцией сепарации жидкости 7, секцией отбора жидкости 8 и емкостью 9 для сбора отсепарированной жидкости.

Секция отбора жидкости 7 соединена вторым дополнительным каналом 10 с эжектором 11. При этом во втором дополнительном канале может быть установлен регулирующий клапан 12.

Устройство работает следующим образом.

Внутритрубный сепаратор работает по следующей схеме. Газовый поток с каплями конденсата направляется в основной канал 1, где, проходя через первый завихритель 2, поток приобретает тангенциальную скорость (начинает вращаться). Закрученный поток поступает в эжектор 11, где смешивается с потоком газа рециркуляции. Далее смесь потоков, имеющая после смешения также тангенциальную закрутку потока, направляется в первую секцию сепарации жидкости 3, представляющую собой цилиндрический канал, в котором за счет действия центробежных сил, капли жидкости движутся к стенкам канала. На выходе из первой секции сепарации жидкости 3 находится секция отбора газожидкостного потока 4, где происходит отбор со стенок секции сепарации жидкости двухфазного пограничного слоя, содержащего отсепарированные капли и небольшое количество газа. Из центральной приосевой части секции 4 отбирается очищенный газ (выходной поток). Двухфазный поток (двухфазный пограничный слой) выводится из основного канала 1 и направляется в первый дополнительный канал 5, в котором поток закручивается во втором завихрителе 6, далее в закрученном потоке во второй секции сепарации жидкости 7 происходит сепарация капель и формирование на выходе из нее центрального приосевого ядра, состоящего из чистого газа и пограничного двухфазного слоя на стенках секции 7, содержащего всю отсепарированную жидкость. В секции отбора жидкости 8 происходит отбор газа с небольшим содержанием жидкости, который по второму дополнительному каналу 10 поступает в эжектор 11 в качестве низконапорного потока. Из секции 8 также отбирается жидкость, которая стекает в емкость 9.

Первый и второй завихрители являются неподвижными элементами, которые могут быть выполнены в виде центрального тела с установленными на нем лопатками (аналогично представленному завихрителю, [1]).

Эжектор 11, устанавливаемый между первым завихрителем 2 и первой секцией сепарации жидкости 3, выполнен по схеме классического эжектора. В нем закрученный в первом завихрителе 2 поток разгоняется в сопле, за счет чего на срезе сопла создается разрежение. В зону этого разрежения по второму дополнительному каналу 10 подается низконапорный поток "газа с небольшим содержанием жидкости". Смешение этих потоков происходит уже в канале первой секции сепарации жидкости 3. При этом канал первой секции сепарации жидкости 3 может быть как коническим сужающимся, коническим расширяющимся, так и цилиндрическим. Конфигурация канала секции сепарации жидкости 3 зависит от конкретных параметров входного потока, в частности от содержания жидкости во входном потоке и допустимого перепада давления на внутритрубном сепараторе. При небольшом перепаде давления на внутритрубном сепараторе и маленьком содержании жидкости предпочтителен цилиндрический канал. Подбор геометрических параметров эжектора при этом можно проводить в соответствии с методикой расчета, представленной в книге "Сборник работ по исследованию", БНИ ЦАГИ, 1961, стр. 332-336 [4]. При большом содержании жидкости - расширяющийся канал, т.к. в этом случае происходит увеличение толщины

двухфазного пограничного слоя на стенках секции, соответственно расширение канала компенсирует увеличение толщины пограничного слоя. Степень расширения канала соответственно можно оценить посредством расчета двухфазного пограничного слоя по методике, представленной, например, в программном комплексе, предназначенном для расчета двухфазных потоков ANSYS CFX. При большом перепаде давления на внутритрубном сепараторе - сужающийся канал, т.к. в этом случае эффективность эжектора увеличивается (см. [4])

Установка регулирующего клапана во втором дополнительном канале 10 позволяет регулировать расход газа, отбираемого из секции отбора жидкости 8, и, таким образом, обеспечивать оптимальный режим работы этой секции.

За счет создания высокой скорости закрутки потока в секциях сепарации газожидкостного потока 3 и секции сепарации жидкости 7 описанный внутритрубный сепаратор позволяет обеспечивать высокую степень сепарации даже субмикронных капель жидкости. Как показывает расчетное моделирование газодинамического канала внутритрубного сепаратора, при скоростях закрутки потока на уровне 150 м/с внутритрубный сепаратор обеспечивает сепарацию 90% капель размером 0,3 мкм. Данный показатель недостижим для сепараторов, используемых в настоящее время в нефтяной и газовой промышленности, и которые могут обеспечивать сепарацию капель размером не больше чем 5 мкм. Данный факт подтвержден в ходе инструментальных измерений уноса капель на выходе из представленного внутритрубного сепаратора.

При этом сепаратор монтируется как элемент трубопровода, что существенно сокращает капитальные затраты на его установку.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Внутритрубный сепаратор, содержащий основной канал (1), представляющий собой участок трубопровода с последовательно смонтированными внутри него и аксиально расположенными первым завихрителем (2), первой секцией сепарации жидкости (3), секцией отбора газожидкостного потока (4), при этом к секции отбора газожидкостного потока (4) перпендикулярно основному каналу пристыкован первый дополнительный канал (5), представляющий собой участок трубопровода с последовательно смонтированными внутри него и аксиально расположенными вторым завихрителем (6), второй секцией сепарации жидкости (7), секцией отбора жидкости (8) и емкостью (9), причем вторая секция отбора жидкости (8) соединена вторым дополнительным каналом (10) с эжектором (11), расположенным в основном канале (1) между первым завихрителем (2) и первой секцией сепарации жидкости (3).

2. Внутритрубный сепаратор по п.1, отличающийся тем, что во втором дополнительном канале (10) установлен регулирующий клапан (12).

