

### **Предпосылки создания изобретения**

Изобретение относится к циклонному сепаратору текучей среды с вихрегенератором, находящимся во впускной секции сепаратора.

Такие циклонные сепараторы известны из японского патента № 2017921, российского патента 1768242, заявки № 2035151 на патент Соединенного Королевства и публикации РСТ/ВО 00/23757.

Известные циклонные сепараторы текучих сред содержат трубчатую горловинную часть, в которой поток текучей среды ускоряется до возможно сверхзвуковой скорости и быстро охлаждается в результате адиабатического расширения. Быстрое охлаждение вызывает конденсацию и/или отвердевание конденсируемых паров в потоке текучей среды с образованием мелких капелек или частиц. Если поток текучей среды представляет собой поток природного газа, выходящий из эксплуатационной скважины для добычи природного газа, то конденсируемые пары могут содержать воду, конденсаты углеводородов, парафины и газовые гидраты. Кроме того, эти сепараторы также содержат узел завихряющих лопаток в потоке впускной части выше по течению от горловинной части, причем лопатка или лопатки наклонены или образуют спираль относительно центральной оси горловинной части для придания завихренного движения потоку текучей среды внутри сепаратора. Центробежные силы, прикладываемые за счет вихревого движения к текучей среде, будут обуславливать завихрение конденсированных и/или отвердевших конденсируемых паров относительно большой плотности к внешней периферии внутреннего пространства горловинной части и раструбной выпускной секции, тогда как газообразные компоненты относительно малой плотности концентрируются около центральной оси сепаратора. Эти газообразные компоненты впоследствии выпускаются из сепаратора через главную центральную выпускную трубу, тогда как обогащенный конденсатами поток текучей среды выпускается из сепаратора через вспомогательную выпускную трубу, которая находится на внешней окружной поверхности раструбной выпускной секции.

Недостаток известных вихрегенераторов во впускной секции сепаратора заключается в том, что скорость вращения, сообщаемая потоку текучей среды, ограничена, если лопатки вихрегенератора не ориентированы под большим углом относительно центральной оси сепаратора, однако, в этом случае лопатки создают большое сопротивление течению потока текучей среды.

Задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы создать циклонный сепаратор с вихрегенератором во впускной секции, который был бы выполнен с возможностью придания большой скорости вращения текучей смеси в горловинной части и раструбной выпускной секции сепаратора, не создавая при этом большого сопротивления течению потока текучей среды.

### **Краткое изложение сущности изобретения**

Циклонный сепаратор текучей среды в соответствии с настоящим изобретением содержит трубчатую горловинную часть, которая расположена между сужающейся впускной секцией и раструбной выпускной секцией, которая содержит внешнюю вспомогательную выпускную трубу для компонентов текучей среды, обогащенных конденсируемыми парами, и внутреннюю главную выпускную трубу для компонентов текучей среды, обедненных конденсируемыми парами, и множество завихряющих лопаток для придания вихревого движения текучей среде внутри, по меньшей мере, части сепаратора, причем эти лопатки выступают из центрального тела, которое проходит, по меньшей мере, через часть впускной секции сепаратора, при этом центральное тело в месте, расположенном выше по течению от горловинной части, имеет большую внешнюю ширину, чем наименьшая внутренняя ширина горловинной части.

Такая компоновка завихряющих лопаток на центральном теле большого диаметра, вокруг которого порождается течение потока текучей среды с последующим направлением в горловинную часть относительно малого диаметра, будет способствовать увеличению скорости вращения потока текучей среды в результате явлений сохранения момента количества движения.

Форма пластины лопатки может быть либо плоской, либо криволинейной. Предпочтительно, чтобы трубчатая горловинная часть и внешняя поверхность центрального тела были, по существу, соосны центральной оси сепаратора, а завихряющие лопатки выступали из внешней поверхности центрального тела в или около области, где центральное тело имеет большую внешнюю ширину, чем другие части центрального тела.

Также предпочтительно, чтобы центральное тело имело, по существу, круглую, луковичную форму и содержало выше по течению от завихряющих лопаток куполообразную носовую секцию, диаметр которой постепенно увеличивается таким образом, что степень увеличения диаметра постепенно уменьшается в направлении вниз по течению, а центральное тело дополнительно содержало бы ниже по течению от завихряющих лопаток хвостовую секцию, диаметр которой постепенно уменьшается в направлении вниз по течению вдоль, по меньшей мере, части этой хвостовой секции.

Степень уменьшения диаметра хвостовой секции центрального тела предпочтительно изменяется в направлении вниз по течению таким образом, что хвостовая секция имеет промежуточную часть, степень уменьшения диаметра которой меньше, чем уменьшение диаметра соседних частей хвостовой секции, которые находятся выше по течению и ниже по течению от промежуточной части. В таком случае форму центрального тела можно описать как грушевидную.

Соответственно, сепаратор содержит корпус, в котором центральное тело расположено таким образом, что между внутренней поверхностью корпуса и внешней поверхностью центрального тела имеется кольцевой зазор. Ширина этого кольцевого зазора может быть выбрана такой, что площадь поперечного

сечения кольцевого зазора постепенно уменьшается в направлении вниз по течению от завихряющих лопаток, так что при эксплуатации скорость текучей среды в кольцевом зазоре постепенно увеличивается и достигает сверхзвуковой скорости в некотором месте ниже по течению от завихряющих лопаток. В таком случае ширина кольцевого зазора может изменяться таким образом, что при преобладающей разности давлений между впускной секцией и выпускной секцией во время нормальной работы сепаратора текучая среда, протекающая через кольцевой зазор, достигает сверхзвуковой скорости в или около промежуточной части хвостовой секции центрального тела.

Соответственно, хвостовая секция может содержать удлиненный, по существу, цилиндрический конец, обращенный вниз по течению, который проходит, по существу, соосно центральной оси через горловинную часть и, по меньшей мере, часть раструбной выпускной секции для выпуска текучей среды сепаратора. Упомянутый удлиненный конец, обращенный вниз по течению, может служить в качестве вихреуловителя, который стабилизирует и централизует вихрь, проходящий через основную часть внутреннего пространства циклонного сепаратора. По выбору, на этом, по существу, цилиндрическом конце, обращенном вниз по течению, хвостовой секции центрального тела в месте, находящемся внутри раструбной выпускной секции сепаратора, установлены потоковыпрямляющие лопатки для преобразования количества движения по касательной в увеличение статического давления.

#### Описание предпочтительного конкретного варианта осуществления

Ниже приводится более подробное описание изобретения на примере со ссылками на прилагаемый чертеж фигуры, где изображен в продольном сечении циклонный сепаратор согласно изобретению.

Обращаясь к фигуре, отметим, что здесь показан циклонный инерционный сепаратор, который содержит завихряющее впускное устройство, содержащее грушевидное центральное тело 1, на котором установлен ряд завихряющих лопаток 2 и которое расположено соосно центральной оси I сепаратора и внутри корпуса А сепаратора таким образом, что между центральным телом 1 и корпусом А сепаратора создается кольцевой проточный зазор 3. Сепаратор дополнительно содержит трубчатую горловинную часть 4, из которой при эксплуатации завихренный поток текучей среды выпускается в раструбную камеру 5 сепарации текучей среды, оснащенную центральной главной выпускной трубой 7 для газообразных компонентов и внешней вспомогательной выпускной трубой 6 для компонентов текучей среды, обогащенных конденсируемыми парами. Центральное тело 1 имеет, по существу, цилиндрическую удлиненную хвостовую секцию 8, на которой установлены потоковыпрямляющие лопатки 9. В соответствии с изобретением центральное тело 1 имеет наибольшую внешнюю ширину или диаметр  $2R_{0 \text{ макс.}}$ , который больше, чем наименьшая внутренняя ширина или диаметр  $2R_{N \text{ мин.}}$  трубчатой горловинной части 4.

Ниже приводится описание функций различных компонентов циклонного сепаратора текучей среды в соответствии с изобретением.

Завихряющие лопатки 2, которые ориентированы под углом ( $\alpha$ ) относительно центральной оси I, создают циркуляцию в потоке текучей среды. Угол  $\alpha$  предпочтительно находится в диапазоне между 20 и 30°. Вследствие этого течение потока текучей среды направляется в кольцевой проточный зазор 3. Площадь поперечного сечения кольцевого зазора определяется по формуле  $A_{\text{кольц.}} = \pi \cdot (R_{\text{внешн.}}^2 + R_{\text{внутр.}}^2)$ . Последние два члена обозначают внешний радиус и внутренний радиус кольцевого зазора в некотором выбранном сечении. Средний радиус кольцевого пространства определяется по формуле  $R_{\text{средн.}} = \sqrt{[1/2(R_{\text{внешн.}}^2 + R_{\text{внутр.}}^2)]}$ .

При максимальном значении среднего радиуса  $R_{\text{средн., макс.}}$  кольцевого зазора поток текучей среды протекает в узле завихряющих лопаток 2 со скоростью (U), и эти лопатки отклоняют направление течения потока текучей среды пропорционально углу  $\alpha$  отклонения, вследствие чего получаются тангенциальная составляющая скорости, равная  $U_{\phi} = U \cdot \sin(\alpha)$ , и осевая составляющая скорости, равная  $U_x = U \cdot \cos(\alpha)$ .

В кольцевом зазоре 3 ниже по течению от завихряющих лопаток 2 завихревой поток текучей среды расширяется, приобретая высокие скорости, при этом средний радиус кольцевого пространства постепенно уменьшается от  $R_{\text{средн., макс.}}$  до  $R_{\text{средн., мин.}}$ .

Предполагается, что во время этого расширения потока происходят два процесса.

(1) Тепло или энтальпия (h) в потоке уменьшается по закону  $\Delta h = -1/2 U^2$ , вследствие чего происходит конденсация тех составляющих потока, которые первыми достигают фазы равновесия. Это приводит к образованию дисперсного вихревого потока, содержащего малые жидкие или твердые частицы.

(2) Тангенциальная составляющая  $U_{\phi}$  скорости увеличивается обратно пропорционально среднему радиусу кольцевого зазора, по существу, в соответствии с уравнением  $U_{\phi \text{ конечн.}} = U_{\phi \text{ начальн.}} \cdot (R_{\text{средн., макс.}} / R_{\text{средн., мин.}})$ . Это приводит к значительному увеличению центробежного ускорения ( $a_c$ ) частиц жидкости, которое, в конечном счете, будет величиной следующего порядка:  $a_c = (U_{\phi \text{ конечн.}}^2 / R_{\text{средн., мин.}})$ .

В трубчатой горловинной части 4 поток текучей среды может претерпевать дополнительное расширение, приобретая еще большую скорость или сохраняя, по существу, постоянную скорость. В первом случае происходит конденсация, и частицы будут наращивать свою массу. В последнем случае конденсация почти прекращается после прохождения определенного времени релаксации. В обоих случаях центробежное воздействие вызывает дрейф частиц на внешнюю окружную поверхность области течения, находящуюся рядом с внутренней стенкой корпуса сепаратора и называемую областью сепарации. Пери-

од времени, в течение которого частицы дрейфуют к этой внешней окружной поверхности области течения, определяет длину трубчатой горловинной части 4.

Ниже по течению от трубчатой горловинной части 4 «влажные» компоненты текучей среды, обогащенные конденсируемыми парами, склонны концентрироваться рядом с внутренней поверхностью раструбной камеры 5 сепарации текучей среды, а «сухие» газообразные компоненты текучей среды концентрируются на или около центральной оси I, после чего «влажные» компоненты текучей среды, обогащенные влажными конденсируемыми парами, выпускаются через внешнюю вспомогательную выпускную трубу 6 через ряд щелей, (микро)пористых частей, тогда как «сухие» газообразные компоненты выпускаются через центральную главную выпускную трубу 7.

В раструбной главной выпускной трубе 7 поток этой текучей среды получает дополнительное ускорение, так что остающаяся кинетическая энергия преобразуется в потенциальную энергию. Раструбная главная выпускная труба 7 оснащена узлом потоковыпрямляющих лопаток 9 для восстановления энергии циркуляции.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Циклонный сепаратор текучей среды, содержащий трубчатую горловинную часть, которая расположена между сужающейся впускной секцией текучей среды и раструбной выпускной секцией текучей среды, содержащей внешнюю вспомогательную выпускную трубу для компонентов текучей среды, обогащенных конденсируемыми парами, и внутреннюю главную выпускную трубу для компонентов текучей среды, обедненных конденсируемыми парами, и множество завихряющих лопаток для придания вихревого движения текучей среде внутри, по меньшей мере, части сепаратора, причем эти лопатки выступают из центрального тела, которое проходит, по меньшей мере, через часть впускной секции сепаратора, при этом центральное тело в месте, расположенном выше по течению от горловинной части, имеет большую внешнюю ширину, чем наименьшая внутренняя ширина горловинной части.

2. Сепаратор по п.1, отличающийся тем, что трубчатая горловинная часть и внешняя поверхность центрального тела, по существу, соосны центральной оси сепаратора и завихряющие лопатки выступают из внешней поверхности центрального тела в или около области, где центральное тело имеет большую внешнюю ширину, чем другие части центрального тела.

3. Сепаратор по п.2, отличающийся тем, что центральное тело имеет, по существу, форму тела вращения и содержит выше по течению от завихряющих лопаток носовую секцию, диаметр которой постепенно увеличивается таким образом, что степень увеличения диаметра постепенно уменьшается в направлении вниз по течению, и центральное тело содержит ниже по течению от завихряющих лопаток хвостовую секцию, диаметр которой постепенно уменьшается в направлении вниз по течению вдоль по меньшей мере части этой хвостовой секции.

4. Сепаратор по п.3, отличающийся тем, что степень уменьшения диаметра хвостовой секции центрального тела изменяется в направлении вниз по течению таким образом, что хвостовая секция имеет промежуточную часть, степень уменьшения диаметра которой меньше, чем уменьшение диаметра соседних частей хвостовой секции, которые находятся выше по течению и ниже по течению от промежуточной части.

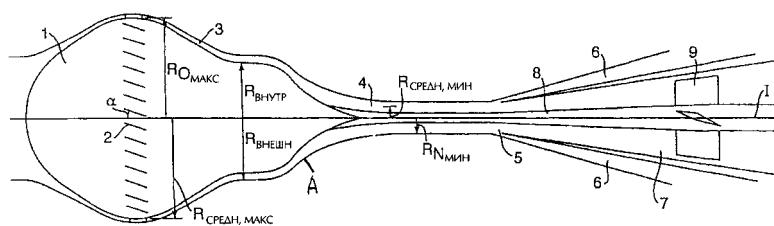
5. Сепаратор по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что содержит корпус, в котором центральное тело расположено таким образом, что между внутренней поверхностью корпуса и внешней поверхностью центрального тела имеется кольцевой зазор.

6. Сепаратор по п.5, отличающийся тем, что ширина кольцевого зазора выбрана такой, что площадь поперечного сечения кольцевого зазора постепенно уменьшается в направлении вниз по течению от завихряющих лопаток, так что при эксплуатации скорость текучей среды в кольцевом пространстве постепенно увеличивается и достигает сверхзвуковой скорости в некотором месте ниже по течению от завихряющих лопаток.

7. Сепаратор по пп.4 и 6, отличающийся тем, что ширина кольцевого зазора изменяется таким образом, что при преобладающей разности давлений между впускной секцией и выпускной секцией во время нормальной работы сепаратора текучая среда, протекающая через кольцевое пространство, достигает сверхзвуковой скорости в или около промежуточной части хвостовой секции центрального тела.

8. Сепаратор по п.3, отличающийся тем, что хвостовая секция содержит удлиненный, по существу, цилиндрический конец, обращенный вниз по течению, который проходит, по существу, соосно центральной оси через горловинную часть и по меньшей мере часть раструбной выпускной секции для выпуска текучей среды сепаратора.

9. Сепаратор по п.8, отличающийся тем, что, по существу, на цилиндрическом конце, обращенном вниз по течению, хвостовой секции центрального тела в месте, находящемся внутри раструбной выпускной секции сепаратора ниже по течению относительно входного конца вспомогательной выпускной трубы для компонентов текучей среды, обогащенных жидкостью, установлено несколько потоковыпрямляющих лопаток.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2/6