



(51) МПК
B01D3/24 (2006.01)
B01D3/30 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: по данным на 29.03.2010 - действует

(21), (22) Заявка: **2008111588/15, 25.03.2008**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.03.2008

(46) Опубликовано: **20.05.2009**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2198012 C1, 10.02.2003. SU 284965 A, 11.06.1971. RU 2152240 C1, 10.07.2000. UA 73872 C2, 15.09.2005. SU 560625 A, 14.07.1977. SU 563985 A, 30.08.1977. US 2819206 A, 07.01.1958.**

Адрес для переписки:

**660049, г.Красноярск, пр-кт Мира, 82, ГОУ ВПО
"Сибирский государственный технологический
университет", Зав. Сектором Интеллектуальной
собственности, И.П. Куличковой**

(72) Автор(ы):

**Войнов Николай Александрович (RU),
Паньков Виктор Анатольевич (RU),
Кустов Александр Владимирович (RU)**

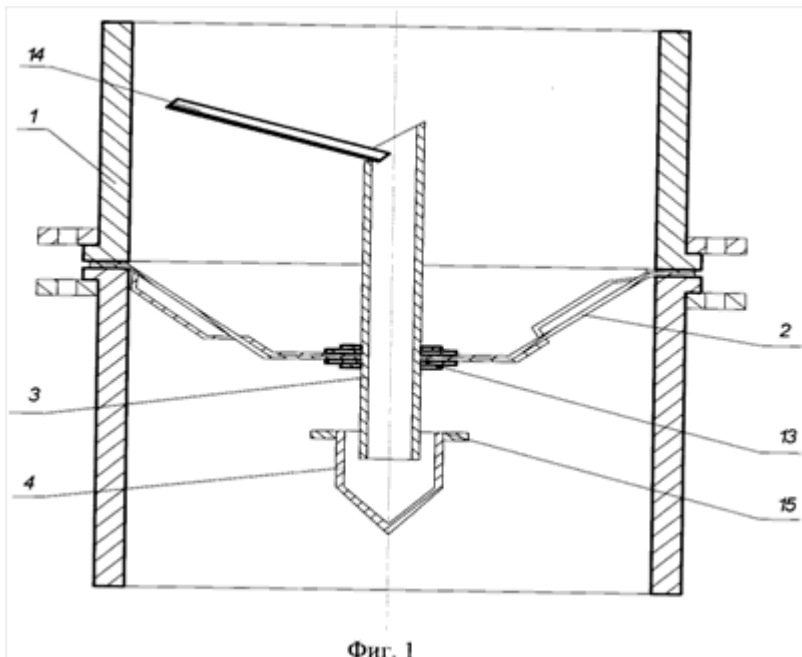
(73) Патентообладатель(и):

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Сибирский государственный технологический
университет" (RU)**

(54) КОНТАКТНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ АППАРАТОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к контактным устройствам для проведения тепломассообменных процессов и может найти применение в химической, микробиологической, пищевой и других отраслях промышленности. Контактное устройство включает вихревую тарелку, которая состоит из двух плотно прижатых друг к другу профилированных листов, повернутых относительно друг друга на величину прорези. Просечки выполнены в форме трапеции, сужающей к центру, на основании которой на верхнем листе выполнены прорези. Боковая кромка каждой просечки со стороны размещения прорезей верхнего листа пропущена под кромку трапеции нижнего листа. Отношение суммарной площади S_r каналов для прохода газа (пара) к площади сечения вихревой тарелки S_r выполнено равным 0,008-0,099, при этом центральная переливная труба снабжена устройством для отвода жидкости из вращающегося газожидкостного слоя в ее полость. Отношение длины прорези L к длине дуги основания просечки L_1 равно $L/L_1=0,1-0,4$. На боковой кромке просечки верхнего листа выполнены треугольные выступы. На наружной поверхности стакана-гидрозатвора установлена шайба. Технический результат заключается в повышении эффективности тепломассообмена контактного устройства за счет интенсивного дробления газа и увеличения межфазной поверхности и увеличении диапазона рабочей скорости газа за счет обеспечения вращательного движения газожидкостного слоя на тарелке при меньшей скорости газа в просечках (каналах для прохода газа) и достижения условий слива жидкости на нижележащую ступень при высоких скоростях газа. 2 з.п. ф-лы, 9 ил.



Изобретение относится к контактным устройствам для проведения тепломассообменных процессов и может найти применение в химической, микробиологической, пищевой и других отраслях промышленности.

Известна массообменная вихревая тарелка, состоящая из завихрителя, выполненного из радиальных пластин, частично перекрывающих друг друга и, расположенного в центре стакана - гидрозатвора с переливной трубкой, на которой установлено направляющее кольцо [1].

Однако рассматриваемая вихревая тарелка сложна в изготовлении, имеет низкую эффективность массообмена. Сложность в изготовлении обусловлена наличием радиальных пластин, центровка и крепление которых на практике вызывает трудности. Низкая эффективность обусловлена тем, что указанная компоновка радиальных пластин завихрителя не обеспечивает создания вращающегося газожидкостного слоя по сечению тарелки в широком диапазоне скоростей газа. За счет центробежной силы газожидкостный слой выдавливается к периферии тарелки, что приводит к разделению течения газа и жидкости (газ не проходит через жидкость, а, следовательно, и не диспергируется в ней в виде пузырьков) и снижению эффективности массообмена.

Наиболее близким по технической сущности является контактное устройство для тепломассообменных аппаратов, содержащее вихревую тарелку, выполненную из тонколистовой металлической фольги толщиной 0,1-0,5 мм, радиусом 10-50 мм, по периферии которой расположены по окружности просечки и сливное приспособление для слива жидкости, содержащее ряд периферийно расположенных сливных каналов, причем края просечек отогнуты вверх и вниз с образованием наклонных однонаправленных каналов для прохода газа или пара и придания двухфазной смеси на тарелке вращательного движения в одном направлении, при этом отношение длины просечки к радиусу тарелки равно $L/R=0,3-0,6$, отношение площади сечений каналов для прохода газа к площади сечения тарелки $S_p/S_T=0,1-0,4$, а отношение площади всех сливных каналов к площади тарелки $S_{\Sigma}/S_T=0,01-0,07$ [2].

Действительно, при выходе газа из просечек происходит его дробление в жидкости с образованием пузырьков газа. Однако контактное устройство обладает не достаточно высокой эффективностью массообмена и небольшим диапазоном рабочей скорости газа, обеспечивающей на тарелке вращающийся газожидкостный слой, перекрывающий всю длину просечки, так как лишь это условие обеспечивает полное диспергирование газа в жидкости, их обновление и высокую эффективность массообмена.

Поддержание соотношения $S_p/S_T=0,1-0,4$ требует изготовления большого количества просечек, выполнения каналов для прохода газа с большим зазором и большой длины. Увеличение зазора в канале повышает диаметр газовых пузырьков в жидкости, что ведет к снижению межфазной поверхности и, следовательно, уменьшению эффективности тепломассообмена. А увеличение числа просечек усложняет изготовление устройства, приводит к росту сопротивления контактной ступени (увеличивается коэффициент сопротивления за счет входных эффектов) и тем самым снижается рабочий диапазон скорости газа, так как с ростом скорости газа происходит захлебывание контактного устройства (газ проходит через отверстия в сливном канале). Кроме того, из-за установки большого количества просечек увеличивается трение между слоем вращающейся жидкости и поверхностью тарелки, что снижает скорость вращения газожидкостного потока, интенсивность дробления газа и, следовательно, межфазную поверхность.

Небольшой диапазон рабочей скорости газа обусловлен отсутствием гидрозатворов в сливных каналах, поэтому рассматриваемая тарелка работает только в небольшом диапазоне скорости газа (пара), обеспечивающем невысокое гидравлическое сопротивление (не более 20-40 мм вод.ст., так как при более высокой скорости жидкость в сливных каналах выдавливается газом). В известном контактном устройстве незначительное увеличение скорости газа приводит к росту сопротивления и захлебыванию тарелки (газ начинает проходить через сливные каналы, жидкость не сливается на нижележащую ступень). Общеизвестно, что тарелки провального типа (к которым по способу слива жидкости можно отнести и контактное устройство, взятое за прототип) характеризуются низким диапазоном скоростей устойчивой работы.

Кроме того, наличие у просечек кромок, отогнутых вверх и вниз с образованием однонаправленных каналов, обеспечивает перекрытие кромок у просечек (как, например, на тарелке, взятой за аналог), что не позволяет эффективно работать устройству при низких скоростях газа (газ не приобретает тангенциальной скорости (прорывается вверх) и не участвует во вращательном движении, что снижает дробление газа и, следовательно, уменьшает межфазную поверхность, сужает диапазон рабочей скорости газа).

Заявляемый диаметр тарелки 20-100 мм также не способствует расширению диапазона скоростей газа, обеспечивающего вращательное движение газожидкостной смеси на тарелке. Общеизвестно, что с увеличением радиуса окружности, на которой выполнены просечки, вращательное движение начинает проявляться при меньшей угловой или линейной скорости, в данном случае газа. Например, если допустить, что вращающийся газожидкостный слой ведет себя как твердое цилиндрическое тело, силы инерции и давления равномерно распределены по высоте потока, условие равновесия сил в момент образования кольцевого режима можно представить в виде

$$m\omega^2R = \rho gH(1-\phi)S,$$

где m - масса жидкости; ω - угловая скорость; R - радиус вращения; H - высота столба газожидкостной смеси; S - внутренняя поверхность вращающегося газожидкостного слоя; g - ускорение свободного падения; ρ - плотность жидкости; ϕ - газосодержание.

Тогда несложно получить

$$\omega = \sqrt{\frac{gH(1-\phi)}{\delta R}},$$

где δ - толщина газожидкостного слоя.

Согласно представленной зависимости видно, что увеличение радиуса контактного устройства R приводит к снижению угловой скорости газа, при которой начинается вращательное движение жидкости. А это расширяет диапазон скорости газа, обеспечивающей вращательное движение газожидкостного слоя на тарелке. Следовательно, чем больше диаметр устройства, тем больше диапазон рабочей скорости.

Изобретение решает задачу повышения эффективности тепломассообмена контактного устройства, а также задачу увеличения диапазона рабочей скорости газа.

Технический результат заключается в повышении эффективности тепломассообмена контактного устройства за счет интенсивного дробления газа и увеличения межфазной поверхности и увеличении диапазона рабочей скорости газа за счет обеспечения вращательного движения газожидкостного слоя на тарелке при меньшей скорости газа в просечках (каналах для прохода газа) и достижения условий слива жидкости на нижележащую ступень при высоких скоростях газа.

Указанный технический результат достигается тем, что в контактном устройстве для тепломассообменных аппаратов, включающем цилиндрический корпус, центральную переливную трубу, снабженную стаканом-гидрозатвором, вихревую тарелку, выполненную из листа, на которой радиально выполнены просечки с отогнутыми вверх и вниз краями с образованием наклонных однонаправленных каналов для прохода газа или пара и придания двухфазной смеси на тарелке вращательного движения в одном направлении, согласно изобретению, тарелка состоит из двух плотно прижатых друг к другу профилированных листов, на которых выполнены просечки в форме трапеций, сужающихся к центру, на основаниях которых на верхнем листе выполнены прорези, профилированные листы повернуты относительно друг друга на величину прорези, причем боковая кромка каждой просечки со стороны размещения прорезей верхнего листа пропущена под кромку трапеции нижнего листа, а отношение суммарной площади S_r каналов для прохода газа (пара) к площади сечения вихревой тарелки S_T выполнено равным 0,008-0,099, при этом центральная переливная труба снабжена устройством для отвода жидкости из вращающегося газожидкостного слоя в ее полость; на наружной поверхности стакана - гидрозатвора установлена шайба; на боковой кромке просечки верхнего листа выполнены треугольные выступы; отношение длины прорези L к длине дуги основания просечки L_1 равно $L/L_1=0,1-0,4$.

Выполнение тарелки из двух плотно прижатых друг к другу профилированных листов, на которых выполнены просечки в форме трапеций, сужающихся к центру, на основаниях которых у верхнего листа выполнены прорези, поворот профилированных листов относительно друг друга на величину прорези, отгиб боковой кромки каждой просечки со стороны размещения прорезей верхнего листа под кромку просечки нижнего листа с достижением соотношения $L/L_1=0,1-0,4$, а также выполнение отношения суммарной площади S_r каналов для прохода газа (пара) к площади сечения вихревой тарелки S_T , равным 0,008-0,099, и наличие устройства для отвода жидкости из вращающегося газожидкостного слоя в полость центральной переливной трубы обеспечивает увеличение эффективности массообмена контактного устройства и интервал рабочей скорости газа (пара).

Выполнение вихревой тарелки из двух плотно прижатых друг к другу профилированных листов, на которых выполнены просечки в форме трапеции, сужающейся к центру, на основаниях которой выполнены прорези, поворот профилированных листов относительно друг друга на величину прорези, размещение боковой кромки каждой просечки со стороны размещения прорезей верхнего листа под кромкой трапеции нижнего листа обеспечивает перекрытие кромок с образованием каналов для прохода газа и улучшает формирование профиля скорости газа и

его вращение при меньших скоростях, чем в устройстве, взятом за прототип, что расширяет рабочий диапазон скорости при сохранении газожидкостного слоя жидкости на тарелке и не допускает оголения просечек. Это устраняет проскок газа относительно жидкости, приводит к интенсивному образованию пузырьков газа, их обновлению, увеличению межфазной поверхности, а, следовательно, и эффективности теплообмена.

Выполнение отношения перекрытия кромок $L/L_1=0,1-0,4$ обеспечивает интенсивное вращение газа, что способствует увеличению эффективности теплообмена и увеличивает рабочий диапазон скорости газа. При выполнении соотношения $L/L_1 < 0,1$ снижается вращение газа, что не эффективно, а при выполнении $L/L_1 > 0,4$ наблюдается увеличение гидравлического сопротивления контактной ступени, что также не оправданно.

Выполнение отношения суммарной площади S_r каналов для прохода газа (пара) к площади сечения вихревой тарелки S_T равным $0,008-0,099$ расширяет рабочий диапазон скорости газа. При выполнении $S_r/S_T < 0,008$ резко возрастает сопротивление тарелки, а при $S_r/S_T > 0,099$ усложняется конструктивное выполнение тарелки, увеличивается трение жидкости о тарелку, что снижает вращательное движение газожидкостного слоя на ступени и, следовательно, эффективность теплообмена.

Установка устройства для отвода жидкости из вращающегося газожидкостного слоя в полость центральной переливной трубы расширяет рабочий диапазон скорости газа и позволяет удалять жидкость из вращающегося слоя в переливную трубу при высоких скоростях газа (обеспечивается перетекание жидкости по ступеням).

Размещение на наружной поверхности стакана-гидрозатвора шайбы способствует увеличению эффективности теплообмена, так как жидкость, поступающая с вышележащей тарелки, отбрасывается во вращающийся газожидкостный слой, то есть предотвращается проскок жидкости на нижележащую контактную ступень.

Выполнение на боковой кромке просечки верхнего листа треугольных выступов обеспечивает равномерное распределение жидкости и газа по длине просечки и тем самым способствует увеличению эффективности теплообмена.

На фиг.1 представлен общий вид контактного устройства теплообменного аппарата; на фиг.2 - разрез вихревой тарелки; на фиг.3 - вид сверху вихревой тарелки; на фиг.4 - вид сверху профилированного листа; на фиг.5 - профилированный лист с просечками, снабженными треугольными выступами; на фиг.6 - устройство для отвода жидкости из вращающегося газожидкостного слоя в переливную трубу, выполненное из уголка; на фиг.7 - фотография вихревой тарелки; на фиг.8 - фотографии верхнего профилированного листа; на фиг.9 - фотографии режимов течения газожидкостного слоя на вихревой тарелке при $D=114$ мм, где показаны режимы: а - барботажный; б - кольцевой; в - пленочный.

Контактное устройство теплообменного аппарата состоит из цилиндрического корпуса 1, вихревой тарелки 2, снабженной центральной переливной трубой 3 и стаканом - гидрозатвором 4. Вихревая тарелка 2 выполнена из плотно прижатых друг к другу верхнего 5 и нижнего 6 профилированных листов, на которых радиально выполнены просечки 7 в форме трапеции, сужающей к центру. На основаниях трапеции у верхнего листа 5 выполнены прорезы 8 и 9. Профилированные листы 5 и 6 повернуты относительно друг друга на величину прорезы, причем боковая кромка 10 каждой просечки 7 со стороны размещения прорезей 8 и 9 верхнего листа 5 отогнута и пропущена под кромку трапеции нижнего листа 6 с образованием наклонных однонаправленных каналов 11. По центру тарелки выполнено отверстие 12, в котором установлена переливная труба 3, закрепленная гайками 13. А на верхнем торце переливной трубы 3 закреплено устройство 14 для отвода жидкости из вращающегося газожидкостного слоя в полость центральной переливной трубы 3, выполненное например из уголка. На стакане гидрозатвора размещена шайба 15. На боковой кромке просечки 7 нижнего листа 6 выполнены треугольные выступы 16. Отношение суммарной площади S_r каналов для прохода газа (пара) к площади сечения вихревой тарелки 2 S_T выполнено равным $0,008-0,099$. Отношение длины прорези L к длине дуги основания просечки 7 L_1 равно $L/L_1=0,1-0,4$.

Контактное устройство теплообменного аппарата работает следующим образом. Газ (пар), перемещаясь вверх, поступает в наклонные однонаправленные каналы 11 и приобретает тангенциальную скорость (вращательное движение). На выходе из каналов 11 газ (пар) равномерно распределяется по выступам 16 и входит в контакт с жидкостью, размещенной на поверхности вихревой тарелки 2. Он интенсивно дробится на мелкие пузырьки (2-0,25) мм, образуя газожидкостную смесь в виде вращающегося цилиндра, где и реализуется теплообмен. В зависимости от расхода газа наблюдается три режима течения газожидкостной смеси на ступени (фиг.9): барботажный; кольцевой; пленочный.

Для контактных ступеней ректификационных колонн, с целью получения развитой межфазной поверхности при сравнительно низком гидравлическом сопротивлении, наибольший интерес представляет кольцевой режим течения, который наблюдается при достижении критической скорости газа u_k на выходе из щели (барботажный режим не эффективен, нет интенсивного дробления пузырьков). При кольцевом режиме течения жидкость из центральной

части колонны за счет силы инерции выдавливается к периферии с образованием вращающегося газожидкостного слоя в виде цилиндра с начальным внутренним диаметром 15-20 мм. По мере роста скорости газа происходит уменьшение толщины слоя и увеличение его высоты.

При достижении скорости газа, равной u_n (которая также характеризует начало оголения каналов 11 для прохода газа), наблюдается пленочный режим течения с отдельным течением газа и жидкости. При этом режиме наблюдается отток газовых пузырьков из вращающегося жидкостного слоя и не происходит их обновления, что также ведет к снижению теплообмена. Как установлено, переход из кольцевого режима в пленочный для ступени завихрителем осуществляется при $u_k/u_{n_{\text{ог}}}$ 0,5. Указанный параметр и является диапазоном рабочей скорости контактного устройства теплообменного аппарата.

Перетекание жидкости с тарелки на тарелку осуществляется через центральную переливную трубу 3 и гидрозатвор 4. Отвод жидкости из вращающегося газожидкостного слоя осуществляется посредством устройства для отвода жидкости 14, выполненного из уголка. Жидкость захватывается поверхностью уголка и стекает в переливную трубу при сохранении определенного уровня жидкости на ступени.

Использование заявляемого контактного устройства теплообменного аппарата позволяет увеличить эффективность теплообмена и диапазон рабочей скорости газа и тем самым позволяет повысить производительность, что уменьшает себестоимость выпускаемого продукта.

Источники информации

1. Авторское свидетельство SU 284965. Ф.А.Мусташкин, Н.А.Никлаев, Б.М.Азизов. Массообменная вихревая тарелка. 29.10.1970.
2. Авторское свидетельство RU 2198012. В.И.Смирнов. Контактное устройство Смирнова. 06.08.2003.

Формула изобретения

1. Контактное устройство для теплообменных аппаратов, включающее цилиндрический корпус, центральную переливную трубу, снабженную стаканом-гидрозатвором, вихревую тарелку, выполненную из листа, на которой радиально выполнены просечки с отогнутыми вверх и вниз краями с образованием наклонных однонаправленных каналов для прохода газа или пара и придания двухфазной смеси на тарелке вращательного движения в одном направлении, отличающееся тем, что вихревая тарелка состоит из двух плотно прижатых друг к другу профилированных листов, повернутых относительно друг друга на величину прорези, на которых выполнены просечки в форме трапеции, сужающейся к центру, на основании которой на верхнем листе выполнены прорези, причем боковая кромка каждой просечки со стороны размещения прорезей верхнего листа пропущена под кромку трапеции нижнего листа, отношение суммарной площади S_f каналов для прохода газа (пара) к площади сечения вихревой тарелки S_T выполнено равным 0,008-0,099, отношение длины прорези L к длине дуги основания просечки L_1 равно $L/L_1=0,1-0,4$, при этом центральная переливная труба снабжена устройством для отвода жидкости из вращающегося газожидкостного слоя в ее полость.

2. Контактное устройство для теплообменных аппаратов по п.1, отличающееся тем, что на наружной поверхности стакана-гидрозатвора установлена шайба.

3. Контактное устройство для теплообменных аппаратов по п.1, отличающееся тем, что на боковой кромке просечки верхнего листа выполнены треугольные выступы.

РИСУНКИ

