

Уровень техники

Настоящее изобретение относится к устройству для однородного распространения пара и жидкости по поперечному сечению емкости с двухфазным спутным нисходящим потоком. Настоящее изобретение предназначено, но не ограничиваясь этим, для применения при распространении обогащенного водородом технологического газа и углеводородной жидкости в слое(слоях) катализатора, в реакторе гидропроцессинга, таком как реактор гидрообработки или гидрокрекинга.

Предшествующий уровень техники

Большое количество конструкций распределительных тарелок для емкостей с двухфазными спутными нисходящими потоками описано в литературе и патентах. Большинство этих конструкций принадлежит к одной из двух категорий, приведенных ниже.

Тип распределительных тарелок с патрубками

Эти распределители состоят из горизонтальной пластины тарелки, снабженной множеством патрубков, выступающих над пластиной тарелки. Патрубки образуют проточные каналы для протекания пара через пластину тарелки. В более ранних конструкциях распределительных тарелок отверстия для жидкости, для протекания жидкости, предусматривались в пластине тарелки. В конструкциях распределительных тарелок, используемых в настоящее время, одно или несколько боковых отверстий для жидкости, для протекания жидкости, предусматриваются сбоку патрубков. Эти боковые отверстия (отверстие) для жидкости могут находиться на одной или нескольких высотах и могут иметь различные размеры и форму. Общая площадь поперечного сечения потока отверстий для жидкости выбирается для поддержания определенного уровня жидкости на тарелке, и общая площадь поперечного сечения патрубков для пара, как правило, выбирается для получения низкого перепада давления на тарелке, для обеспечения того, чтобы движущая сила для протекания жидкости через отверстия для жидкости представляла собой в основном статический напор столба жидкости над отверстием для жидкости, а не перепад давления, вызываемый потоком пара через патрубки.

Пример типа распределительной тарелки с патрубками приводится в патенте США № 4788040. Предварительная распределительная тарелка 56 используется над конечной распределительной тарелкой 66. Конечная распределительная тарелка 66 представляет собой тарелку, снабженную отверстиями/перфорацией для жидкости 84 для протекания жидкости и патрубками с колпачками 62 для протекания пара. Патрубки 62 также снабжены боковыми отверстиями для жидкости 90, для протекания жидкости. Распределительные тарелки с отверстиями для жидкости в пластине тарелки или вблизи нее, как показано, являются чувствительными к образованию отложений и забиванию, поскольку примеси в виде частиц имеют тенденцию к оседанию на тарелке и забиванию отверстий для жидкости.

Другой пример типа распределительной тарелки с патрубком приводится в патенте США № 4126540. Эта распределительная тарелка состоит из пластины тарелки 33, снабженной множеством патрубков 31. Каждый патрубок снабжается одним или несколькими боковыми отверстиями для жидкости, для протекания жидкости 34. Все отверстия для жидкости находятся на высоте Н над пластиной тарелки. Перфорированная пластина 32 располагается над тарелкой с патрубками. Перфорированная пластина имеет перфорацию 30. Не предусматривается перфорации в пластине 32 непосредственно над патрубками 31. Таким образом предотвращается прямое протекание жидкости через верхний и открытый край патрубков. Другой путь для предотвращения прямого протекания жидкости представляет собой использование колпачка для патрубка 24. Эта тарелка имеет улучшенную стойкость к образованию отложений и забиванию, поскольку отверстия для жидкости находятся на большей высоте и примеси в виде частиц по этой причине оседают на тарелке без забивания отверстий для жидкости. Недостаток конструкций тарелок с патрубками, с отверстиями для жидкости на одной только высоте представляет собой плохое структурирование потока жидкости. При более низких скоростях потока жидкости уровень будет находиться на отверстиях для жидкости и поток жидкости через каждый патрубок становится очень чувствительным к изменениям глубины жидкости, которые всегда существуют на тарелке. При высоких скоростях потока жидкости жидкость будет перетекать через патрубки с наименьшей высотой, и вызывать неравномерное распределение жидкости.

Патент США № 5484578 описывает систему распространения, состоящую из предварительной распределительной тарелки 17 и конечной распределительной тарелки 18. Конечная распределительная тарелка 18 представляет собой тип тарелки с патрубками, снабженной множеством неидентичных патрубков 33 и 34. Патрубки снабжены боковыми отверстиями для жидкости, для протекания жидкости на одной или нескольких высотах. Патрубки 33 имеют одно или несколько отверстий для жидкости на более низкой высоте, чем патрубки 34. Таким образом, структурирование потока жидкости распределительной тарелки увеличивается. Патрубки предусматриваются с надрезами 38 для уменьшения неравномерного распространения жидкости в случае перетекания жидкости через патрубки.

Поскольку скорость нисходящего потока внутри патрубков должна быть низкой, структура выходного потока из патрубков в цитируемых патентных ссылках, как правило, представляет собой структуру потока с низким взаимодействием, с жидкостью, падающей более или менее вертикально вниз от сливных краев патрубков. Имеется предел для того, насколько близко патрубки могут находиться друг от друга. При множестве патрубков на тарелке и при малом расстоянии между ними поток жидкости через

каждый патрубок является низким. По этой причине площадь отверстий для жидкости также должна быть уменьшена, чтобы по-прежнему поддерживать желаемый уровень жидкости на тарелке. Если размер отверстий для жидкости меньше, примерно, чем $15\text{--}30\text{ мм}^2$, тогда отверстия для жидкости становятся чувствительными к образованию отложений и забиванию. Другими словами, имеется максимальная плотность патрубков, которая не должна превышать, если должно предотвращаться забивание отверстий для жидкости. Для типичных конструкций тарелок с патрубками для реакторов гидропроцессинга, максимальная плотность патрубков находится в пределах от 50 до 100 патрубков на квадратный метр, для предотвращения забиваний отверстий для жидкости. Из-за ограниченного количества точек распространения или патрубков, определенное распространение жидкости на выходе каждого патрубка является желательным для предотвращения точечного протекания жидкости под каждым патрубком и отсутствия протекания жидкости в областях между соседними патрубками.

Патент США № 5403561 описывает использование конических средств для создания распыления 23 на выходе патрубков 24 на распределительной тарелке с патрубками 22. Средства для осуществления распыления могут состоять из металлической ленты, навитой в форме обратной конической спирали. Коническое распыление пара/жидкости обеспечит хорошее локальное распространение жидкости из каждого выхода патрубка. Предполагается, что зоны распыления пара и жидкости, когда они ударяются о верхнюю поверхность фиксированного слоя 18, будут перекрываться.

Второй пример того, как может быть достигнуто хорошее локальное распространение жидкости на выходе из каждого патрубка, приводится в патенте США № 6613219. Система диспергирования 28, такая как перфорированная пластина, используется под патрубками для распространения жидкости.

Третий пример улучшенного локального распространения жидкости на выходе каждого патрубка приводится в Международном патенте № WO 00/53307. Элемент распространения потока 10, состоящий из радиально совмещенных изогнутых пластин 22, 22а, 22b, вставляется на выходе 12 патрубка 14 для получения конического распыления. Малый размер проточных каналов между изогнутыми пластинами делает конструкцию склонной к забиванию твердыми примесями.

Недостаток всех упомянутых тарелок с патрубками заключается в том, что для достижения низких скоростей потока и перепада давления на входе патрубка общая площадь патрубков должна быть большой. Если перепад давления для пара, поступающего в патрубок, является избыточным, тогда этот перепад давления будет увеличивать перепад давления на боковых отверстиях для жидкости. Результатом является то, что структурирование потока жидкости на распределительной тарелке уменьшается: в случаях работы при низком потоке жидкости и высоком потоке пара, уровень жидкости будет еще ниже, а в случаях работы при высоком потоке жидкости и низком потоке пара уровень жидкости будет еще выше. В дополнение к этому, чувствительность потока жидкости из каждого патрубка к изменениям глубины жидкости на тарелках значительно увеличивается при увеличении перепада давления на входе пара в патрубок, поскольку имеется большое изменение скорости потока жидкости, когда уровень жидкости проходит через отверстие для жидкости.

В промышленных применениях патрубки могут занимать до 30% от общей площади распределительной тарелки. По этой причине может существовать сопротивление потоку жидкости через пластину тарелки и могут возникать градиенты уровня жидкости на тарелке. Градиенты уровня жидкости будут приводить к неравномерному распространению жидкости. Колпачки на патрубках, которые предотвращают прямое протекание жидкости в патрубок, могут занимать до 50% общей площади тарелки с патрубками в промышленных конструкциях. Значительное количество жидкости, которое поступает в распределительную тарелку сверху, будет по этой причине соударяться с этими колпачками. Как следствие, жидкость, которая соударяется с колпачками, должна протекать к краю колпачка и падать вниз, через пар, поступающий в патрубок. Значительное количество жидкости по этой причине может извлекаться паром в патрубке и обходить, таким образом, боковые отверстия для жидкости, и вызывать неравномерное распространение жидкости.

Распределительные тарелки колпачкового типа

Эти распределители имеют совершенно иной режим работы, чем тип распределительных тарелок с патрубками. В то время как статический напор жидкости является движущей силой для распространения жидкости в распределительных тарелках с патрубками, движущая сила для распространения жидкости на колпачковой тарелке представляет собой поток пара. Колпачковый распределитель состоит из горизонтальной пластины тарелки. Множество распределительных узлов или колпачков предусматривается для протекания пара и жидкости через пластины тарелки. Каждый колпачок представляет собой проход для потока в форме перевернутой буквы U, состоящей из канала (каналов) для восходящего потока и канала (каналов) для нисходящего потока. Нижняя часть каждого канала для восходящего потока снабжается одним или несколькими боковыми отверстиями для пара, как правило, вертикальными щелями или надрезами в виде перевернутой буквы V. Канал (каналы) для нисходящего тока простирается сквозь пластину тарелки. Пары проходят через боковые отверстия для пара в нижней части каждого восходящего канала и тем самым генерируют перепад давления от парового пространства над тарелкой к внутреннему пространству восходящего канала. Благодаря этому перепаду давления, жидкость поднимается в восходящем канале, смешивается с парами, и двухфазная смесь протекает вверх через канал для восходящего

потока, над внутренним переливом и вниз через канал для нисходящего потока и покидает распределительный узел ниже тарелки.

Пример традиционной колпачковой распределительной тарелки приводится в патенте США № 3218249. Распределительная тарелка состоит из пластины тарелки 18, снабженной множеством цилиндрических переливных стаканов 26, которые служат в качестве каналов для нисходящего потока. Колпачок 28 находится над каждым переливным стаканом и таким образом формирует кольцевой канал для восходящего потока между колпачком и переливным стаканом. Колпачок снабжен щелями, как показано на фиг. 6. Во время работы уровень жидкости будет подниматься на тарелке до некоторого уровня между щелями. Пары будут проходить через сухое и верхнее сечение щели. При этом создается перепад давления от пространства снаружи колпачка до внутреннего пространства кольцевого восходящего канала. Благодаря этому перепаду давления жидкость поднимается из слоя жидкости на тарелке вверх, в кольцевой канал для восходящего потока, где она смешивается с парами. Двухфазный поток сначала протекает вверх через кольцевой канал для восходящего потока, затем поток поворачивает на 180° над внутренним переливом, состоящим из верхнего края переливного стакана, и, наконец, двухфазный поток протекает вниз через переливной стакан и покидает колпачок ниже пластины тарелки 18.

Переливной стакан и колпачок колпачкового распределительного узла может иметь множество различных форм и выглядеть по-разному, как иллюстрируется в патенте США № 5942162, где квадратная и прямоугольная формы колпачка и переливного стакана предлагаются в дополнение к круговой форме.

Колпачковый распределитель имеет три главные проблемы при работе:

1. Поток жидкости из каждого распределительного узла является очень чувствительным к изменениям глубины жидкости по пластине тарелки. Это особенно верно в применениях с большой нагрузкой пара.

2. Для уменьшения проблем при работе, рассмотренных в п.1, колпачковые распределители должны конструироваться со скоростями двухфазных потоков внутри устройств настолько низкими, насколько это возможно. Поскольку скорости потоков пара и жидкости в емкости с нисходящим потоком фиксируются посредством других параметров, доступные области потока в колпачке, области восходящего потока, области потока над внутренним переливом и в области нисходящего потока должны доводиться до максимума для достижения желаемых скоростей двухфазных потоков. По этой причине колпачки занимают большую долю общей площади пластины распределительной тарелки. В промышленных конструкциях, примерно до 50% площади тарелки может быть занято колпачками, и в то же время уровень жидкости является низким, как правило, он равен только 50-100 мм. В результате скорость горизонтального потока жидкости между соседними колпачками, из-за жидкости, протекающей по пластине тарелки, является высокой и связанные с этим большие градиенты уровня жидкости на тарелке могут возникать из-за потерь на трение. Градиенты уровней жидкости будут приводить к дополнительному неравномерному распространению жидкости. Сопротивление поперечному потоку жидкости и, таким образом, градиенты уровня жидкости больше для колпачков с прямоугольным поперечным сечением, чем для колпачков с круглым поперечным сечением, из-за потерь на трение.

3. Имеются градиенты давления в паровом пространстве над распределительной тарелкой. Поток жидкости из каждого колпачка является чувствительным к этим различиям в давлении.

Патент США № 6769672 описывает колпачковый тип распределительной тарелки со значительно пониженной чувствительностью потока жидкости из каждого колпачка к изменениям, глубины жидкости по пластине тарелки. Улучшенный колпачок имеет два различных типа каналов для восходящего потока: каналы для восходящего потока 16 с высоким потоком пара, но с низким потоком жидкости, и каналы для восходящего потока 15 с низким потоком пара и высоким потоком жидкости. Однако колпачки по-прежнему занимают большую долю площади тарелки и градиенты уровня жидкости из-за протекания жидкости по тарелке по-прежнему являются проблемой.

Как рассмотрено, скорости двухфазных потоков в колпачках должны поддерживаться настолько низкими, насколько это возможно. Это необходимо для уменьшения потерь давления на трение в колпачке. Низкие потери давления на трение приводят к пониженной чувствительности потока жидкости из каждого колпачка по отношению к неизбежным изменениям глубины жидкости по тарелке. По этой причине попытки улучшения локального распространения или распределения жидкости на выходе каждого колпачка посредством использования различных вставок для диспергирования жидкости провалились. Один из примеров таких попыток приводится в патенте США № 5158714. Вставки будут представлять собой ограничение для потока, и будут увеличивать потери давления на трение. Как следствие, колпачки со вставками или другими ограничениями для потока показывают значительно повышенную чувствительность потока жидкости из каждого колпачка к изменениям глубины жидкости по тарелке, что опять приводит к плохому распространению жидкости по ширине тарелки. Плохое распространение жидкости по ширине тарелки не может быть компенсировано с помощью улучшения локального распространения жидкости на выходах колпачков.

Критерии правильной работы распределительной тарелки

Следующие критерии должны удовлетворяться посредством правильно работающей распределительной тарелки:

А) Должны иметься близкие к идентичным скорости потока жидкости из каждого из распределительных узлов на распределительной тарелке независимо от изменений глубины жидкости на тарелке. Чувствительность к изменениям глубины жидкости количественно определяется как неравномерное распределение жидкости, вызванное условиями "отклонения от уровня", на 1/2 дюйма %Mal^{1/2inch}.

$$\%Mal^{1/2inch} = \frac{2 \times \text{abs}[Q_l^{low} - Q_l^{high}]}{Q_l^{low} + Q_l^{high}} \times 100\% \quad (1)$$

где %Mal^{1/2inch} представляет собой процент неравномерного распределения жидкости, вызванного условиями "отклонения от уровня" на 1/2 дюйма.

Q_l^{high} представляет собой объемный поток жидкости через один распределительный узел, находящийся на высоте, на 1/4 дюйма большей, чем средняя, м³/с.

Q_l^{low} представляет собой объемный поток жидкости через один распределительный узел, находящийся на высоте, на 1/4 дюйма меньшей, чем средняя, м³/с.

Изменения глубины жидкости от одного распределительного узла до другого распределительного узла (условия отклонения от уровня) будут всегда существовать в промышленных установках гидропроцессинга, поскольку:

1) опорное кольцо и, таким образом, пластина тарелки не находится точно на одном уровне, см. фиг. 10;

2) пластина тарелки и/или опорные балки тарелки будут отклоняться под нагрузкой;

3) имеются различия по высоте у каждого отдельного распределительного узла на тарелке, из-за допусков при изготовлении;

4) поверхность жидкости будет волноваться из-за совершенно турбулентных условий над распределительной тарелкой и из-за жидкости, падающей сверху вниз;

5) часто имеются значительные градиенты уровня жидкости на тарелке из-за жидкости, протекающей по тарелке.

Часто существует радиальный поток от центральной линии емкости по направлению к стенкам емкости.

Типичная разность уровней в промышленных реакторах из-за допусков при изготовлении и установки (пп. 1, 2 и 3 выше) составляет примерно 0,5 дюйма.

В) Должно иметься множество распределительных узлов на м² площади тарелки. Примерно для 90 распределительных узлов на м² распространение жидкости, вызываемое слоем толщиной 200 мм из инертных шаров диаметром 1 дюйм, расположенных ниже распределительной тарелки, приводит к однородному распространению жидкости на выходе этого слоя инертных частиц, который, как правило, представляет собой вход в слой активного катализатора в каталитическом реакторе. Если используются средства для улучшения локального распространения жидкости, покидающей каждый распределительный узел, тогда и менее чем 90 распределительных узлов на м² может быть приемлемым. Покрытие слоя катализатора распределительными узлами должно быть настолько однородным, насколько это возможно. Не должно быть областей вблизи стенок реактора, гнезд для термопар или опорных структур, которые не покрыты распределительными узлами.

С) Распределитель должен быть устойчивым против образования отложений, подобных накипи и частицам. Такие твердые примеси всегда будут присутствовать в промышленных применениях.

Д) Некоторая часть жидкости будет проходить вместе с паровой фазой и будет выбирать путь пара через распределительный узел. Неравномерное распределение жидкости, вызываемое этим эффектом, должно быть сведено к минимуму.

Е) Жидкость, поступающая на распределительную тарелку, не является равномерно распределенной. Некоторые области распределительной тарелки принимают большие количества жидкости, в то время как другие области могут не принимать вообще никакой жидкости, см. фиг. 11. По этой причине, является важным, чтобы жидкость могла протекать по тарелке от одной области до другой без создания избыточных градиентов уровня жидкости.

Ф) Градиенты давления в паровой фазе над распределительной тарелкой существуют, поскольку кинетическая энергия выходных потоков с высокой скоростью из входного диффузора или из смесителя внутри слоя, преобразуется в рост давления, так что давление вблизи стенок реактора, как правило, выше, чем давление вблизи центра реактора, см. фиг. 12. Типичная разность давления в промышленных реакторах равна примерно 50 Па. Должны существовать скорости потока жидкости, близкие к идентичным, из каждого из распределительных узлов на распределительной тарелке, независимо от этих различий в давлении.

Чувствительность к различиям в давлении количественно определяется как неравномерное распределение жидкости, вызываемое разностью давлений 50 Па в паровом пространстве над распределительной тарелкой:

$$\%Mal^{50Pa} = \frac{2 \times abs[Q_l^{hp} - Q_l^{lp}]}{Q_l^{hp} + Q_l^{lp}} \times 100\% \quad (2)$$

где $\% Mal^{50Pa}$ представляет собой процент неравномерного распределения жидкости, вызванного разностью давлений 50 Па.

Q_l^{hp} представляет собой объемный поток жидкости через один распределительный узел, экспонируемый для давления на входе на 25 Па более высокого, чем среднее давление на входе в паровой фазе, m^3/c .

Q_l^{lp} представляет собой объемный поток жидкости через один распределительный узел, экспонируемый для давления на входе на 25 Па более низкого, чем среднее давление на входе в паровой фазе, m^3/c .

Заметим, что разность давлений в фазе пара над распределительной тарелкой также вызывает некоторую разницу уровней. В областях с низким давлением уровень будет повышаться, а в областях с высоким давлением уровень будет понижаться, см. фиг. 12. $\%Mal^{50Pa}$ представляет собой неравномерное распределение жидкости, возникающее в результате объединенного воздействия давления и уровня.

Сущность изобретения

Настоящее изобретение представляет новое семейство распределительных тарелок для емкостей с двухфазными спутными нисходящими потоками, которые разработаны для соответствия всем шести критериям для правильной работы распределительной тарелки, перечисленным выше.

Настоящее изобретение объединяет принципы как типа распределительных тарелок с патрубками, так и колпачковых типов распределительных тарелок. Движущая сила для распространения жидкости по настоящему изобретению, таким образом, представляет собой сочетание статического напора столба жидкости на тарелку и потока пара через устройство.

Одна система распределительной тарелки состоит из пластины тарелки с множеством переливных стаканов, выступающих над пластиной тарелки. Переливные стаканы имеют открытые верхние края в сообщении текучих сред с паровым пространством над тарелкой и открытые нижние края, сообщающиеся с пространством под тарелкой. Переливные стаканы служат в качестве каналов для прохождения пара и жидкости через тарелку. Проход для жидкости также предусматривается для каждого переливного стакана, с входом для жидкости, погруженным в слой жидкости на тарелке, с секцией для восходящего потока жидкости и с отверстиями для жидкости на больших высотах в сообщении текучих сред с переливным стаканом. Проход для жидкости используется для переноса жидкости из слоя жидкости в переливной стакан. Нижний край переливного стакана снабжается средствами для улучшения локального распространения жидкости из каждого переливного стакана, такими как крыльчатки, перегородки, ленты, изогнутые, плоские или искривленные пластины с перфорацией или без нее.

Большая часть пара протекает через верхний и открытый край переливного стакана и при этом генерируется перепад давления, из-за трения и из-за ускорения. Этот перепад давления используется для подъема жидкости в проходе для жидкости через вход для жидкости. Уровень жидкости в проходе для жидкости выше некоторых или всех отверстий для жидкости, и по этой причине жидкость протекает через отверстия для жидкости и в переливной стакан, где она смешивается со стекающим вниз паром. Двухфазная смесь протекает вниз через переливной стакан и проходит через средства для улучшения распространения жидкости до того, как она покидает переливной стакан.

Распределительная тарелка может значительно улучшить характеристики распространения с точки зрения потока жидкости и пара, близкого к идентичному, через все распределительные узлы на тарелке, независимо от изменений глубины жидкости или входного давления пара по пластине тарелки, для большого диапазона скоростей потока как жидкости, так и пара. Благодаря начальному восходящему направлению потока жидкости в проходе для жидкости, накипь и частицы стремятся к оседанию выше отверстий для жидкости. По этой причине распределитель является менее чувствительным к образованию отложений и забиванию, чем обычная тарелка с патрубками. Распределительный узел, состоящий из переливного стакана и прохода для жидкости, является очень компактным, и распределительные узлы могут занимать малую долю площади тарелки. По этой причине сопротивление потоку жидкости по тарелке является низким, и количества жидкости, обходящее отверстия для жидкости через входы для пара, гораздо ниже, чем для обычной тарелки с патрубками.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 представляет собой схематическое представление типичного реактора с тремя слоями катализатора для гидропроцессинга углеводородных фракций.

Фиг. 2А, 2В, 2С и 3 представляют собой пример варианта осуществления распределительной тарелки по настоящему изобретению. Фиг. 2А представляет собой вид сверху в разрезе одного из вариантов осуществления настоящего изобретения, взятый вдоль сегмента А-А. Фиг. 2В представляет собой вид сбоку в разрезе, взятый вдоль сегмента В-В фиг. 2А. Стрелки на фиг. 2В показывают путь протекания текучих сред через распределительный узел. Фиг. 2С представляет собой вид сбоку в разрезе, взятый вдоль сегмента С-С фиг. 2А.

Фиг. 3 представляет собой упрощенный вид сверху в разрезе сечения распределительной тарелки,

показывающий пять распределительных узлов, расположенных по вершинам равносторонних треугольников.

Фиг. 4А, 4В и 4С показывают известные из литературы распределительные узлы, которые оцениваются и сравниваются с распределительной тарелкой по настоящему изобретению. Фиг. 4А представляет собой вид сбоку в разрезе низкоскоростного патрубка, известного из литературы. Фиг. 4В представляет собой вид сбоку в разрезе высокоскоростного патрубка, известного из литературы. Фиг. 4С представляет собой вид сбоку в разрезе колпачкового распределительного узла, известного из литературы.

Фиг. 5А, 5В и 5С представляют собой пример одного из вариантов осуществления распределительного узла по настоящему изобретению. Фиг. 5А представляет собой вид сверху в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента А-А фиг. 5В и 5С. Фиг. 5В представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента В-В фиг. 5А. Стрелки на фиг. 5В показывают путь протекания текучих сред через распределительный узел. Фиг. 5С представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента С-С фиг. 5А.

Фиг. 6А, 6В и 6С представляют собой пример одного из вариантов осуществления распределительного узла по настоящему изобретению. Фиг. 6А представляет собой вид сверху в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента А-А фиг. 6В и 6С. Фиг. 6В представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента В-В фиг. 6А. Стрелки на фиг. 6В показывают путь протекания текучих сред через распределительный узел. Фиг. 6С представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента С-С фиг. 6А.

Фиг. 7А, 7В, 7С и 7D представляют собой пример одного из вариантов осуществления распределительного узла по настоящему изобретению. Фиг. 7А представляют собой вид сверху в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента А-А фиг. 7С и 7D. Фиг. 7В представляет собой вид сверху в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента В-В фиг. 7С и 7D. Фиг. 7С представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента С-С фиг. 7А и 7В. Фиг. 7D представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента D-D фиг. 7А и 7В. Стрелки на фиг. 7С и 7D показывают путь протекания текучих сред через распределительный узел.

Фиг. 8А, 8В, 8С, 8D и 9 представляют собой пример одного из вариантов осуществления распределительной тарелки по настоящему изобретению. Фиг. 9 представляет собой упрощенный вид сверху сечения распределительной тарелки. Фиг. 8А представляет собой вид сверху в разрезе сечения тарелки, показанного с помощью прерывистой линии на фиг. 9. Фиг. 8В представляет собой вид сбоку в разрезе сечения тарелки, взятый вдоль сегмента В-В фиг. 8А. Фиг. 8С представляет собой вид сбоку в разрезе прохода для жидкости, взятый вдоль сегмента С-С фиг. 8А. Фиг. 8D представляет собой вид сбоку в разрезе переливного стакана, взятый вдоль сегмента D-D фиг. 8А. Стрелки на фиг. 8В, 8С и 8D показывают путь протекания текучих сред через распределительный узел.

Фиг. 10 - распределительная тарелка, находящаяся при отклонении от уровня.

Фиг. 11 - градиенты уровня жидкости на распределительной тарелке, вызываемые поперечным потоком жидкости.

Фиг. 12 - градиент давления в паровом пространстве над распределительной тарелкой, вызываемый выходным потоком из смесителя внутри слоя.

Фиг. 13 - среднее неравномерное распределение жидкости для четырех типов распределителей.

Подробное описание

В промышленных реакторах гидропроцессинга двухфазная смесь реагентов протекает спутно вниз через фиксированный слой твердых частиц катализатора. Идеальная структура потока в таком реакторе представляет собой поршневой поток, где жидкость протекает вниз с одинаковой скоростью (по отношению к пустому реактору) во всех точках поперечного сечения реактора. В случае идеального поршневого потока то же самое является верным для паровой фазы: пары протекают вниз с идентичной скоростью (по отношению к пустому реактору) во всех точках поперечного сечения реактора.

В промышленных реакторах поршневого потока никогда не достигается из-за неидеальных распределительных тарелок, неоднородной нагрузки катализатора и/или присутствия отложений в пустом пространстве между частицами катализатора. По этой причине в некоторых областях слоя катализатора скорость потока жидкости выше, чем средняя, а скорость пара ниже, чем средняя. Из-за высокой теплоемкости жидкости по сравнению с паром увеличение температуры в °С на метр пути потока в этих областях низкое. Подобным же образом в других областях слоя катализатора скорость потока жидкости ниже, чем средняя, а скорость пара выше, чем средняя. Опять же, из-за высокой теплоемкости жидкости по сравнению с паром рост температуры в °С на метр пути потока в этих областях является высоким.

В результате, если даже смесь реагентов имеет однородную температуру на входе в реактор, некоторые области слоя катализатора становятся более горячими, чем другие, когда текучие среды проходят через слой. Кроме того, поскольку скорость реакции увеличивается с увеличением температуры, этот эффект имеет тенденцию к ускорению: горячие области слоя катализатора имеют высокую скорость реакции, и по этой причине еще большее количество тепла высвобождается в этих областях по сравнению с холодными областями.

Из-за различия в скорости реакции между горячими областями и холодными областями в слое катализатора, развиваются также различия в химической композиции текучих сред.

Неоднородность температуры и химического состава в горизонтальной плоскости имеет несколько отрицательных воздействий:

Все катализаторы гидропроцессинга деактивируются во время работы. Для компенсации уменьшения активности катализатора средняя температура слоя увеличивается во время работы. В некоторый момент времени, в конце цикла работы, пиковая температура в слое катализатора достигает своего максимального допустимого значения. В этот момент вся технологическая установка должна быть выключена, а катализатор должен регенерироваться или заменяться. Теперь, если имеется неоднородность температуры в горизонтальной плоскости, окончание рабочего цикла будет происходить на более ранней стадии и при более низкой средней температуре слоя. Более высокая частота отключений, вызываемая неоднородностью температуры, имеет высокую стоимость для производителя с точки зрения потери продукции, более высокого потребления катализатора и дополнительной работы.

Дополнительный эффект неоднородностей заключается в том, что уровень химического преобразования является неоднородным. Некоторая доля реагентов будет преобразовываться до высокой степени, в то время как оставшаяся доля реагентов преобразуется до более низкой степени. Результат часто представляет собой более низкое общее качество продукта.

Первый пример представляет собой реактор гидрообработки для получения дизельного топлива, где содержащие серу углеводородные компоненты и H_2 преобразуются в не содержащие серы углеводородные компоненты и H_2S . Если существует неоднородность температуры, фракция исходных материалов нефти взаимодействует при более высокой температуре и, может быть, также и при более низкой часовой объемной скорости, из-за более низкой скорости жидкости, как обсуждается выше. Другая часть исходных материалов нефти взаимодействует при более низкой температуре и, может быть, также и при более высокой часовой объемной скорости из-за более высокой скорости жидкости. Результатом является то, что органическая сера имеет тенденцию к "обходу" слоя катализатора через области с низкой температурой и высокой часовой объемной скоростью. Этот обход значительно увеличивает содержание органической серы в продукте в целом. Чтобы соответствовать спецификации продукта по содержанию органической серы, производитель должен уменьшать скорость поступления исходных материалов или увеличивать рабочую температуру реактора для компенсации неоднородности температуры и композиции. Уменьшение скорости поступления исходных материалов имеет значительную стоимость, с точки зрения потери продукции. Увеличение температуры реактора приводит к увеличению потребления энергии и к уменьшению длительности цикла при увеличении частоты выключений для регенерации/замены катализатора. Увеличение частоты выключений имеет значительную стоимость, как обсуждалось выше.

Второй пример представляет собой реактор гидрокрекинга, где более тяжелые углеводородные компоненты и H_2 преобразуются в более легкие углеводородные компоненты. Опять же, если существует неоднородность температуры, тогда некоторая часть исходных материалов нефти взаимодействует при более высокой температуре и, может быть, также и при более низкой часовой объемной скорости, из-за более низкой скорости жидкости. Другая часть исходных материалов нефти взаимодействует при более низкой температуре и, может быть, также и при более высокой часовой объемной скорости, из-за более высокой скорости жидкости. Результатом является то, что часть тяжелых исходных материалов нефти подвергается "чрезмерно глубокому крекингу", так что производство нежелательных газообразных C_1 - C_4 компонентов и компонентов легкой нефти значительно увеличивается, в то время как другая часть тяжелых исходных материалов нефти преобразуется только до низкой степени. Селективность реакций гидрокрекинга по отношению к желаемому продукту, таким образом, понижается, и общее преобразование компонентов тяжелых исходных материалов в компоненты более легкого продукта понижается также. Оба эффекта связаны со значительными затратами для производителя.

Неоднородности температуры и химической композиции в горизонтальной плоскости слоя катализатора являются неизбежными в промышленных реакторах гидропроцессинга. Однако эти неоднородности могут быть сведены к минимуму посредством использования соответствующего внутреннего оборудования реактора, такого как распределительные тарелки и смешительное устройство внутри слоя.

Обратимся теперь к фиг. 1, показывающей типичный реактор с внутренним оборудованием реактора и с тремя фиксированными слоями катализатора для гидропроцессинга углеводородных фракций и с инъекцией гасящей текучей среды, для контроля входной температуры, во второй и третий слои катализатора. Фиг. 1 предназначена для определения типичного расположения распределительной тарелки по отношению к слоям катализаторов и к другому внутреннему оборудованию реактора.

Реактор состоит из оболочки высокого давления 1, имеющей входное сопло для пара/жидкости 2. Высокая скорость входного потока понижается во входном диффузоре 3 для предотвращения того, чтобы входная струя с высокой скоростью соударялась с распределительной тарелкой, что привело бы к вторичному уносу жидкости, появлению волн и градиентов давления. Под входным диффузором располагается первая распределительная тарелка 4 для однородного распространения пара и жидкости по поперечному сечению реактора до того как текучие среды поступят в первый слой катализатора 5. Слой катализатора 5 поддерживается посредством сетки для катализатора или опорной решетки 11. Как пра-

вило, большие силы действуют на опорную решетку 11, и по этой причине опорные балки 12 часто нужны для поглощения этих сил. Гасящая текучая среда может добавляться через гасящее сопло и распределитель 8 к пару и жидкости, покидающей первый слой катализатора. Смесь пара и жидкости теперь протекает через смеситель 9 внутри слоя, где уравниваются температура и композиция потока. Отбойное устройство 10 располагается на выходе смесителя для обеспечения того, чтобы высокая скорость выходного потока из смесителя понижалась для предотвращения того, чтобы струя с высокой скоростью соударялась с распределительной тарелкой, что приводило бы к вторичному уносу жидкости, к появлению волн и градиентов давления. Двухфазный поток теперь поступает на вторую распределительную тарелку 4, которая однородно распределяет пар и жидкость по поперечному сечению реактора до того как текучие среды поступят во второй слой катализатора 6.

Слой катализатора 6 поддерживается посредством сетки для катализатора или опорной решетки 11. Как правило, большие силы действуют на опорную решетку 11, и по этой причине опорные балки 12 часто требуются для поглощения этих сил. Гасящая текучая среда может добавляться через гасящее сопло и распределитель 8 к пару и жидкости, покидающей слой катализатора 6. Смесь пара и жидкости теперь протекает через смеситель внутри слоя 9, где уравниваются температура и композиция потока. Отбойное устройство 10 располагается на выходе смесителя для обеспечения того, чтобы высокая скорость выходного потока из смесителя понижалась для предотвращения того, чтобы струя с высокой скоростью соударялась с распределительной тарелкой, что приводило бы к вторичному уносу жидкости, появлению волн и градиентов давления. Двухфазный поток теперь поступает в третью распределительную тарелку 4, которая равномерно распределяет пар и жидкость по поперечному сечению реактора, перед тем как текучие среды поступают в третий слой катализатора 7.

Третий слой катализатора покоится на инертном материале подложки 13 в нижней части оболочки высокого давления 1. Выходной коллектор используется на выходе реактора в качестве сетки для катализатора/инертных частиц и для достижения однородного распространения потока в нижней части третьего слоя 7. Пар и жидкость протекают через выходной коллектор 14 и покидают реактор через выходное сопло 15.

Может также применяться большее или меньшее количество слоев катализатора, чем три. Общее количество распределительных тарелок в реакторе часто равно количеству слоев катализатора. Предварительные распределительные тарелки для сбора накипи и для грубого распределения жидкости (не показаны на фиг. 1) могут использоваться перед любой из распределительных тарелок 4. Использование предварительных распределительных тарелок понижает градиенты уровня жидкости и разбрызгивание жидкости на распределительных тарелках 4, оно, как правило, понижает градиенты давления в паровом пространстве над распределительными тарелками 4 и оно понижает вероятность забивания распределителей в распределительных тарелках 4 твердыми примесями. Однако предварительные распределительные тарелки занимают дополнительную высоту реактора.

Фиг. 2, 3, 5, 6, 7, 8 и 9 представляют собой альтернативные структуры распределительной тарелки по настоящему изобретению. Фигуры представлены только для характеристики настоящего изобретения и его альтернатив. Они не предназначены для ограничения рамок концепций, описанных здесь, или для того, чтобы служить в качестве рабочих чертежей. Они не должны рассматриваться как устанавливающие границы рамок концепции изобретения. Относительные размеры, показанные на чертежах, не должны рассматриваться как равные или пропорциональные промышленным вариантам осуществления.

Один из вариантов осуществления распределительной тарелки по настоящему изобретению показан на фиг. 2А, 2В, 2С и 3. Фиг. 2А представляет собой вид сверху в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента А-А. Фиг. 2В представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента В-В фиг. 2А. Стрелки на фиг. 2В показывают путь протекания текучих сред через распределительный узел. Фиг. 2С представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента С-С фиг. 2А. Фиг. 3 представляет собой упрощенный вид сверху в разрезе сечения распределительной тарелки, показывающий общий вид распределительных узлов на пластине тарелки.

Распределительная тарелка состоит из пластины тарелки 20, снабженной множеством идентичных распределительных узлов 31, расположенных в вершинах одинаковых равносторонних треугольников. Пластина тарелки 20, как правило, собирается из нескольких сегментов тарелки, где каждый сегмент тарелки может проходить через главное сопло реактора. Пластина тарелки 20, как правило, предусматривается с проходом для людей вблизи центра реактора, для прохождения персонала и оборудования во время загрузки и проверки катализатора. Опорные структуры, такие как опорное кольцо, приваренное к внутренней стенке емкости и опорные балки, как правило, требуются для поддержки пластины тарелки. Пластина тарелки 20 снабжается множеством отверстий, расположенных в вершинах одинаковых равносторонних треугольников. Один круговой переливной стакан 21 проходит через каждое отверстие и зафиксирован в нем.

Необязательно, секция с уменьшенной площадью поперечного сечения потока может предусматриваться внутри переливного стакана, такая как секция с уменьшенной площадью поперечного сечения потока, состоящая из двух круговых суженных проходов 23 и 24, концентричных с переливным стаканом 21. Четыре прямоугольных выреза 25 предусматриваются в нижнем краю переливного стакана 21.

Перфорированная пластина 35 устанавливается под переливным стаканом 21. Могут использоваться и другие средства для создания секции с уменьшенной площадью поперечного сечения потока и улучшения распространения жидкости на выходе переливного стакана, такие как крыльчатки, перегородки, ленты, набивка, изогнутые, плоские или искривленные пластины с перфорацией или без нее.

Необязательно, вход для пара в переливной стакан имеет секцию с уменьшенной площадью поперечного сечения потока, такую как секция с уменьшенной площадью поперечного сечения потока, состоящая из куска круговой трубы 32, концентричного с переливным стаканом 21.

Проход для жидкости изготавливается из боковой стенки 22 и верхней стенки 33, которые прикрепляются к наружной стенке переливного стакана 21. Отверстия для жидкости 26 предусматриваются на нескольких высотах, для формирования прохода для текучих сред из прохода для жидкости в переливном стакане.

Соединения между пластиной тарелки 20 и переливным стаканом 21, между боковой стенкой 22 и переливным стаканом 21, между верхней стенкой 33 и боковой стенкой 22, между верхней стенкой 33 и переливным стаканом 21 и между верхней стенкой 33 и куском трубы 32 являются непроницаемыми под воздействием давления.

Во время работы жидкость будет собираться в слое жидкости 30 на пластине тарелки 20, и паровая фаза 29 будет существовать над слоем жидкости 30. Из-за турбулентных условий над пластиной тарелки, разделение фаз, как правило, не будет неполным, это означает, что какие-то пузырьки пара существуют в жидкости и что капли жидкости существуют в паре. Пар протекает через кусок трубы 32 и в переливной стакан 21 при относительно высокой скорости, по сравнению с традиционными конструкциями тарелок с патрубками. По этой причине генерируется перепад давления между пространствами снаружи и внутри переливного стакана 21. Этот перепад давления используется для подъема жидкости из слоя 30 в проходе для жидкости 34, так что уровень жидкости 28 в проходе для жидкости 34, как правило, выше, чем уровень жидкости 27 на пластине тарелки 20, в зависимости от потерь на трение для введения жидкости вход и на ее протекание в проходе для жидкости. Жидкость в проходе для жидкости сначала протекает вверх, а затем через часть отверстий для жидкости 26, которые находятся на уровне жидкости 28 в проходе для жидкости или ниже его. Жидкость из отверстий для жидкости затем поступает в переливной стакан 21, где она смешивается с протекающим вниз паром внутри переливного стакана до того как текучие среды поступают в секцию с уменьшенной площадью поперечного сечения потока, состоящую из заууженных проходов 23 и 24, где скорость потока увеличивается для лучшего диспергирования жидкости. Диспергированная двухфазная смесь затем распределяется посредством перфорированной пластины 35 и через четыре отверстия 25. Часть потока текучих сред проходит через перфорацию в пластине 35 в вертикальном направлении, в то время как оставшаяся текучая среда проходит через отверстия 25 в горизонтальном направлении. Отверстия в перфорированной пластине 35 являются достаточно малыми, для предотвращения того, чтобы струя с высокой скоростью перемещала частицы, расположенные ниже распределительной тарелки.

Распределительный узел 31, как правило, конструируется таким образом, что уровень жидкости 27 на тарелке находится между нижним краем боковой стенки 22 и верхним краем куска трубы 32 для всех случаев работы (то есть для всех реальных сочетаний потока пара и жидкости). Размеры распределителя, которые, как правило, подбираются для достижения этого, включают в себя: размер, количество и высоту отверстий для жидкости 26, площадь поперечного сечения прохода для жидкости 34, площадь поперечного сечения переливного стакана 21 и площадь поперечного сечения куска трубы 32.

Рабочие характеристики распределения по настоящему изобретению улучшаются при увеличении перепада давления на тарелке, как объясняется ниже. Площадь поперечного сечения секции с уменьшенной площадью поперечного сечения потока, состоящей из отверстий 23 и 24 и средств для улучшения распространения жидкостей, состоящих из отверстий 25 и перфорированной пластины 35, обычно подбираются по размеру для достижения приемлемого общего перепада давления на тарелке и для достижения диспергирования жидкости. Слишком высокий перепад давления на тарелке будет добавлять большую нагрузку на пластину тарелки во время работы, которая потребует более прочных опор для тарелки, он увеличит нежелательный поток утечки жидкости через соединения между сегментами тарелки и он сделает механическую конструкцию тарелки более сложной. Слишком высокий перепад давления на тарелке также увеличит как начальную стоимость, так стоимость работы технологической установки. Начальная стоимость увеличивается из-за необходимости в более прочных опорных структурах для распределительной тарелки и из-за увеличения конструктивного давления предыдущего оборудования. Стоимость работы увеличивается из-за дополнительной потребности в энергии для насосов и компрессоров, подающих газ или пар и жидкость в реактор.

Имеются две главных причины улучшения рабочих характеристик с точки зрения низкого неравномерного распределения, как определяется в уравнении (1) у настоящего изобретения, по сравнению с традиционной тарелкой с патрубками, такой как та, которая описана в патенте США № 5484578:

Причина 1. Благодаря функции герметизации жидкости прохода для жидкости 34, имеется только очень низкий поток пара через отверстия для жидкости 26, которые располагаются на уровне жидкости 28 или выше, внутри прохода для жидкости, или его вообще нет. По этой причине давление на поверхно-

сти жидкости 28 является близким к давлению внутри переливного стакана на той же высоте. В результате движущий перепад давления для потока жидкости через отверстие для жидкости 26 представляет собой в основном статическое давление столба жидкости внутри прохода для жидкости, который находится выше отверстия для жидкости. Это отличается от традиционной тарелки с патрубками, где движущая сила представляет собой как высоту жидкости над боковым отверстием для жидкости, так и перепад давления для поступления пара в патрубок. Результатом является то, что ступенчатое изменение потока жидкости, когда уровень жидкости 28 увеличивается или уменьшается, и при этом проходит через отверстие для жидкости 26, не является таким большим для распределительного узла по настоящему изобретению, как для традиционной тарелки с патрубками.

Причина 2. Если мы рассматриваем распределительный узел по настоящему изобретению, который находится на более низкой высоте, чем высокий распределительный узел на той же тарелке, уровни жидкости 27 и 28 будут выше по отношению к этому распределительному узлу. По этой причине имеется более высокий столб жидкости над отверстиями для жидкости (большая движущая сила для потока жидкости через отверстия) и, может быть, также большая площадь отверстий для жидкости, доступных для потока жидкости (под поверхностью 28). Через низкий распределительный узел будет, таким образом, проходить больше жидкости, чем через высокий распределительный узел. Однако поскольку низкий и высокий распределительные узлы находятся на одной и той же пластине тарелки перепад давления, в целом, через каждый из двух распределительных узлов должен быть идентичным. Значительная доля перепада давлений на тарелке находится в секции с уменьшенной площадью поперечного сечения потока в отверстиях 23 и 24 и в средствах для улучшения распространения жидкости, отверстиях 25 и перфорированной пластине 35. Для низкого распределительного узла, большая скорость потока жидкости через эти секции приводит к увеличению перепада давлений. Чтобы компенсировать это, через низкий распределительный узел будет проходить меньше пара, чем через высокий распределительный узел, так что перепады давления через оба узла сравняются друг с другом. Уменьшенный поток пара через низкий узел приводит к уменьшению перепада давлений для поступления пара в переливной стакан 21 и таким образом к понижению уровня жидкости 28 внутри прохода для жидкости. Понижение уровня жидкости 28 приводит к уменьшению потока жидкости через отверстия для жидкости 26.

Распределительный узел по настоящему изобретению, таким образом, имеет определенный компенсирующий оклик на изменения глубины жидкости на тарелке или на различия по высоте для различных распределительных узлов, которых не имеет традиционная тарелка с патрубками. Для низкого распределительного узла уровень жидкости 28 будет ниже, по сравнению с уровнем жидкости 27, чем для высокого распределительного узла. Этот компенсационный эффект стремится понизить неравномерное распределение жидкости из-за условий отклонения от уровня, как определено в уравнении (1).

Другие преимущества настоящего изобретения по сравнению с известным уровнем техники включают в себя:

- улучшенное структурирование потока пара и жидкости;
- хорошее локальное распространение/распределение жидкости из каждого переливного стакана 21;
- низкое неравномерное распределение жидкости, вызываемое изменениями давления в паровом пространстве над тарелкой, как определяется уравнением (2);
- низкий риск образования отложений и забивания отверстий для жидкости 26 из-за начального восходящего направления потока жидкости, который имеет тенденцию к отделению или осаждению накипи и частиц до того как эти твердые продукты достигнут отверстий для жидкости 26.

В отличие от известных из литературы тарелок с патрубками, высокие скорости пара в переливном стакане 21 и трубе 32 могут существовать без отрицательного воздействия на характеристики распространения. Как следствие, распределительная тарелка по настоящему изобретению может конструироваться с низкой общей площадью поперечного сечения переливных стаканов. Результатом является то, что только малая доля площади тарелки приходится на распределительные узлы. Это имеет несколько преимуществ, включая:

1. Площадь поперечного сечения потока, доступная для горизонтального потока жидкости по пластине тарелки, является большой, и по этой причине градиенты уровня жидкости, вызванные этим поперечным потоком, являются малыми, и они не будут отрицательно воздействовать на рабочие характеристики распространения тарелки до какой-либо значительной степени.
2. Благодаря малой общей площади поперечного сечения куска трубы 32 на тарелке 20, не требуется колпачков над распределительным узлом, поскольку имеются только малые количества жидкости, которые будут обходить отверстия для жидкости 26 через верхние края переливных стаканов.
3. Тарелку легче чистить во время периодов, когда реактор выключен, благодаря широким проходам для чистки между соседними распределительными узлами. Чистка обычно осуществляется с помощью струй воды высокого давления.
4. Сегменты тарелки легче собирать и разбирать, поскольку имеется достаточное пространство для доступа, доступное между распределительными узлами, для инструментов и персонала.

Рабочие характеристики распределительной тарелки по настоящему изобретению сравниваются с рабочими характеристиками трех других типов распределительных тарелок:

1. Традиционной тарелки с патрубками, сконструированной для низкой скорости пара в патрубке.
2. Тарелки с патрубками, с высокой скоростью пара в патрубке, проводящей к более высокому уровню диспергирования жидкости и распространения жидкости на выходе.
3. Традиционной колпачковой тарелки.

Рабочие характеристики распространения оцениваются в применении, соответствующем реактору гидропроцессинга с внутренним диаметром 4,5 м. Реальный объемный поток жидкости на распределительную тарелку находится в пределах от 53 м³/ч до 663 м³/ч, соответствуя массовым потокам жидкости в реакторе, находящимся в пределах от 2 т/м²/ч до 25 т/м²/ч. Реальный объемный поток пара на тарелку изменяется от 5370 м³/ч до 19243 м³/ч. Используемые свойства пара и жидкости приведены в табл. 1. Рабочие характеристики распределителя оцениваются при 30 комбинациях потока жидкости и пара для перекрытия реального рабочего диапазона потоков. Эти комбинации потока жидкости и пара приводятся в табл. 2.

Таблица 1. Свойства пара и жидкости, используемые для сравнения распределителей

Плотность пара, кг/м ³	25
Вязкость пара, сП	0,02
Плотность жидкости, кг/м ³	600
Вязкость жидкости, сП	0,15
Поверхностное натяжение жидкости, дин/см	8,0

Таблица 2. Сочетания потоков пара и жидкости, используемые для сравнения распределителей

№ набора данных	Реальный объемный поток жидкости м ³ /час	Реальный объемный поток пара м ³ /час
1	53	5,370
2	53	7,831
3	53	11,188
4	53	14,991
5	53	19,243
6	106	5,370
7	106	7,831
8	106	11,188
9	106	14,991
10	106	19,243
11	159	5,370
12	159	7,831
13	159	11,188
14	159	14,991
15	159	19,243
16	265	5,370
17	265	7,831
18	265	11,188
19	265	14,991
20	265	19,243
21	464	5,370
22	464	7,831
23	464	11,188
24	464	14,991
25	464	19,243
26	663	5,370
27	663	7,831
28	663	11,188
29	663	14,991
30	663	19,243

Все четыре распределительные тарелки конструируются для достижения оптимальных рабочих характеристик относительно потоков текучих сред и свойств, приведенных выше. Чертежи оцениваемых патрубков и колпачка приведены на фиг. 4А, 4В и 4С. Чертежи оцениваемого распределителя по настоящему изобретению приведены на фиг. 2А, 2В, 2С и 3. Количество распределительных узлов на распределительных тарелках и используемая система расположения приведены в таблице 3. Рабочие характеристики распределительной тарелки всегда могут быть улучшены посредством увеличения высоты распределителя. Оболочка высокого давления для каталитического реактора представляет собой дорогостоящую часть оборудования, и более высокий распределитель будет занимать больше места в реакторе и увеличит размер и стоимость реактора. Для осуществления корректного сравнения общая высота распределительных узлов над пластиной тарелки для всех четырех распределительных тарелок составляет 240 мм.

Таблица 3. Количество и система расположения распределительных узлов

	Система расположения распределителей	Расстояние между распределителями, мм	Количество распределительных узлов на м ²	Количество распределительных узлов на тарелке
Тарелка с патрубками низкой скорости	Треугольная	113	90	1350
Тарелка с патрубками высокой скорости	Треугольная	162	44	653
Колпачковая тарелка	Треугольная	105	105	1564
По настоящему изобретению	Треугольная	136	62	937

Обратимся теперь к фиг. 4А, 4В и 4С. Фиг. 4А представляет собой вид сбоку в разрезе одного из патрубков оцениваемой распределительной тарелки с патрубками низкой скорости. Стрелки на фигурах указывают путь потока текучих сред. Патрубок 40 состоит из трубы с номинальным диаметром 2 дюйма, с внутренним диаметром 54,8 мм и наружным диаметром 60,3 мм. Патрубок проходит через пластину тарелки 41. Патрубок простирается на 226 мм выше пластины тарелки. Круговой колпачок 42 диаметром 85 мм располагается над патрубком на высоте 240 мм над пластиной тарелки. Патрубок 40 снабжается пятью круговыми отверстиями для жидкости 43, которые отделены друг от друга равными расстояниями в вертикальном направлении, и все они имеют диаметр 5,9 мм. Центр самого нижнего отверстия для жидкости находится на высоте 50 мм над пластиной тарелки. Вертикальное расстояние между соседними отверстиями для жидкости равно 35 мм.

Фиг. 4В представляет собой вид сбоку в разрезе одного из патрубков оцениваемой распределительной тарелки с патрубками высокой скорости. Стрелки на фигурах указывают путь потока текучих сред. Патрубок 44 состоит из трубы с номинальным диаметром 1 1/2 дюйма, с внутренним диаметром 42,8 мм и наружным диаметром 48,3 мм. Патрубок проходит через пластину тарелки 45. Патрубок простирается на 240 мм выше пластины тарелки. Благодаря малой общей площади поперечного сечения патрубков на тарелке, колпачок для патрубка не используется. Патрубок 44 снабжается пятью круговыми отверстиями для жидкости 46, которые отделены друг от друга равными расстояниями в вертикальном направлении, и все они имеют диаметр 8,2 мм. Центр самого нижнего отверстия для жидкости находится на высоте 50 мм над пластиной тарелки. Вертикальное расстояние между соседними отверстиями для жидкости равно 38 мм. Вставки 47 для диспергирования жидкости расположены на выходе патрубка 44 для достижения лучшего распространения жидкости, покидающей патрубок.

Фиг. 4С представляет собой вид сбоку в разрезе одного из узлов колпачков оцениваемой колпачковой распределительной тарелки. Стрелки на фигурах указывают путь потока текучих сред. Колпачок состоит из переливного стакана 48, который проходит через пластину тарелки 49. Переливной стакан 48 состоит из трубы с номинальным диаметром 1 1/2 дюйма с внутренним диаметром 42,8 мм и наружным диаметром 48,3 мм. Высота переливного стакана, простирающаяся над пластиной тарелкой, равна 225 мм. Колпачок 50 концентрически расположен сверху над переливным стаканом и конструируется из трубы с номинальным диаметром 2 1/2 дюйма с внутренним диаметром 66,9 мм и наружным диаметром 73,0 мм. Верхний край колпачка закрывается круговой пластиной 52. Нижний край колпачка 50 находится на высоте 50 мм над пластиной тарелки. Круговая пластина 52 находится на высоте 240 мм над пластиной тарелки. Боковая стенка колпачка снабжается шестью вертикальными и прямоугольными щелями 51, которые равномерно распределены по окружности колпачка. Каждая щель имеет высоту 90 мм и ширину 3,5 мм.

Уровень жидкости на пластине тарелки, неравномерное распределение жидкости, вызванное 1/2-дюймовым отклонением от уровня, как определяется уравнением (1), неравномерное распространение жидкости, вызванное разностью давлений 50 Па, как определяется уравнением (2), максимальная разность уровней жидкости на тарелке, вызванная потоком жидкости по тарелке, и скорости потока внутри

распределительных узлов, в каждой из 30 комбинаций потоков пар-жидкость приводятся в таблицах 4, 5, 6 и 7 для каждой из четырех распределительных тарелок.

Таблица 4. Рабочие характеристики тарелки с патрубками низкой скорости (фиг. 4А)

№ набора данных	Уровень над пластиной тарелки мм	Неравномерное распределение жидкости, вызванное ½ - дюймовым отклонением от уровня %	Неравномерное распределение жидкости, вызванное разностью давлений 50 Па %	Максимальная разность уровней жидкости, вызванная поперечным потоком мм	Скорость двухфазного потока внутри патрубка м/сек
1	64,8	40,6	11,9	0,5	0,47
2	63,4	40,2	7,6	0,6	0,69
3	60,5	39,7	5,4	0,6	0,98
4	56,1	98,9	18,6	0,7	1,31
5	52,2	200,0	153,8	0,8	1,68
6	87,3	53,4	33,8	1,2	0,48
7	86,6	53,6	35,2	1,2	0,69
8	85,5	54,2	36,6	1,2	0,99
9	84,5	55,3	39,9	1,3	1,32
10	83,6	56,6	43,8	1,3	1,69
11	104,6	18,7	6,6	1,8	0,48
12	103,2	18,5	4,8	1,9	0,70
13	100,3	18,3	4,0	2,0	0,99
14	95,9	18,1	3,5	2,2	1,32
15	89,4	52,0	21,2	2,5	1,69
16	133,3	16,3	6,2	2,9	0,49
17	131,9	16,2	4,9	3,2	0,71
18	129,1	16,0	4,2	3,4	1,00
19	124,6	29,0	11,2	3,7	1,33
20	121,5	32,6	24,2	3,8	1,70
21	183,5	10,9	3,8	5,2	0,51
22	182,2	9,9	3,2	5,2	0,72
23	179,3	8,7	2,9	5,4	1,02
24	174,9	8,6	2,5	5,7	1,35
25	168,5	8,5	2,3	6,1	1,72
26	225,9	6,8	3,1	6,9	0,53
27	224,6	6,7	2,7	7,0	0,74
28	221,5	6,7	2,4	7,2	1,03
29	217,1	6,6	2,2	7,5	1,37
30	210,7	6,5	2,0	8,0	1,74
в среднем:		33,6	16,8		

Таблица 5. Рабочие характеристики тарелки с патрубками высокой скорости (фиг. 4В)

№ набора данных	Уровень над пластиной тарелки мм	Неравномерное распределение жидкости, вызванное ½ - дюймовым отклонением от уровня %	Неравномерное распределение жидкости, вызванное разностью давлений 50 Па %	Максимальная разность уровней жидкости, вызванная поперечным потоком мм	Скорость двухфазного потока внутри патрубка м/сек
1	59,1	40,6	14,6	0,1	1,6
2	52,9	190,0	99,8	0,1	2,3
3	51,1	200,0	166,6	0,1	3,3
4	50,0	200,0	200	0,1	4,4
5	49,2	200,0	200	0,1	5,7
6	88,1	51,6	43,4	0,1	1,6
7	86,1	52,6	41,1	0,2	2,3
8	83,3	44,5	28,3	0,2	3,3
9	53,5	153,8	78,4	0,4	4,5
10	52,0	200,0	126	0,4	5,7
11	103,7	14,8	7,8	0,2	1,6
12	92,9	39,5	21,3	0,3	2,4
13	88,8	54,8	49,2	0,3	3,4
14	86,4	55,1	47,6	0,3	4,5
15	84,6	52,2	38,4	0,4	5,7
16	135,3	14,1	7,0	0,4	1,7
17	128,3	30,3	20,7	0,4	2,4
18	124,6	30,6	25,3	0,5	3,4
19	112,4	4,7	2,4	0,5	4,5
20	90,1	55,8	40,1	0,9	5,8
21	192,1	7,3	4,2	0,6	1,7
22	181,5	6,8	3,9	0,6	2,5
23	166,2	21,3	15,1	0,8	3,4
24	161,6	21,4	15,8	0,9	4,6
25	129,4	28,5	17,9	1,2	5,8
26	240,0	5,5	3,3	0,7	1,8
27	228,9	5,3	3,1	0,8	2,5
28	208,1	10,7	5,4	1,0	3,5
29	200,6	16,2	13,4	1,2	4,6
30	169,5	13,9	7,2	1,4	5,9
в среднем:		60,7	44,9		

Таблица 6. Рабочие характеристики колпачковой тарелки (фиг. 4С)

№ набора данных	Уровень над пластиной тарелки мм	Неравномерное распределение жидкости, вызванное $\frac{1}{2}$ -дюймовым отклонением от уровня %	Неравномерное распределение жидкости, вызванное разностью давлений 50 Па %	Максимальная разность уровней жидкости, вызванная поперечным потоком мм	Скорость двухфазного потока в восходящем канале м/сек	Скорость двухфазного потока в нисходящем канале м/сек
1	105,1	22,6	118,8	0,3	0,6	0,7
2	93,7	66,3	83,3	0,3	0,8	1,0
3	79,5	81,0	46,6	0,4	1,2	1,4
4	64,9	81,5	20,4	0,4	1,6	1,9
5	50,0	82,8	3,3	0,6	2,0	2,4
6	105,7	18,3	96,6	1,1	0,6	0,7
7	94,6	59,5	63,2	1,2	0,8	1,0
8	80,8	78,8	31,6	1,3	1,2	1,4
9	66,6	83,1	9,4	1,6	1,6	1,9
10	52,2	81,8	5,7	2,2	2,0	2,4
11	106,1	16,4	82,4	2,4	0,6	0,7
12	95,2	53,2	50,9	2,7	0,8	1,0
13	81,8	71,9	22,9	3,2	1,2	1,4
14	67,9	77,4	3,8	3,9	1,6	1,9
15	53,8	77,4	9,2	4,7	2,0	2,4
16	106,8	14,4	60,5	6,7	0,6	0,7
17	96,2	42,6	33,1	7,7	0,9	1,0
18	83,2	56,2	11	9,0	1,2	1,4
19	69,8	59,7	1,7	10,7	1,6	1,9
20	56,1	59,1	9,2	13,7	2,1	2,4
21	107,7	17,1	37,6	21,5	0,6	0,7
22	97,6	36,6	16	24,4	0,9	1,0
23	85,2	45,1	0,4	28,8	1,2	1,4
24	72,4	46,3	8,1	37,6	1,6	1,9
25	59,4	44,9	12,8	>50	2,1	2,4
26	108,6	20,4	27,2	47,2	0,6	0,7
27	98,8	36,6	8,4	>50	0,9	1,0
28	86,8	43,5	4,7	>50	1,3	1,5
29	74,5	44,1	11,3	>50	1,7	1,9
30	62,0	42,4	14,7	>50	2,1	2,5
в среднем:		52,0	30,2			

Таблица 7. Рабочие характеристики по настоящему изобретению (фиг. 2 и 3)

№ набора данных	Неравномерное распределение жидкости, вызванное 1/2-дюймовым отклонением от уровня %	Неравномерное распределение жидкости, вызванное разностью давлений 50 Па %	Максимальная разность уровней жидкости, вызванная поперечным потоком мм
1	29,6	16,9	0,1
2	28,4	16,1	0,1
3	26,7	15,0	0,1
4	24,8	13,8	0,1
5	22,7	12,5	0,2
6	33,9	19,6	0,2
7	32,0	18,3	0,2
8	29,3	16,7	0,3
9	26,4	15,0	0,3
10	23,4	13,2	0,5
11	13,2	8,1	0,4
12	12,9	7,8	0,4
13	12,4	7,4	0,4
14	11,8	6,9	0,5
15	11,1	6,5	0,7
16	17,9	10,8	0,6
17	17,1	10,2	0,7
18	16,0	9,5	0,7
19	14,7	8,7	0,9
20	13,4	7,8	1,1
21	14,7	8,5	1,8
22	14,0	8,1	1,4
23	13,0	7,5	1,7
24	11,8	6,9	1,7
25	10,6	6,3	2,7
26	12,0	7,6	2,9
27	11,5	7,3	2,3
28	10,8	6,8	2,7
29	10,0	6,2	3,5
30	9,1	5,6	3,3
в среднем:	17,9	10,4	

Теперь рабочие характеристики четырех распределителей обсуждаются на основе шести критериев правильной работы распределительной тарелки, приведенных выше.

Критерий А. Как видно из табл. 4, уровень жидкости на тарелке с патрубками низкой скорости в основном является функцией потока жидкости. При высоком потоке жидкости уровень является высоким. При низком потоке жидкости уровень является низким. Как следствие низкого уровня жидкости при низких скоростях потока жидкости, неравномерное распределение, вызванное 1/2-дюймовым отклонением от уровня, является высоким (см. наборы данных № 1-10 и набор данных № 15). В наборе данных № 5 неравномерное распределение, вызванное 1/2-дюймовым отклонением от уровня, достигает 200%, указывая на совершенно неравномерное распределение жидкости с отсутствием потока жидкости через более высокий патрубок. Таким образом, тарелка с патрубками низкой скорости не имеет требуемого

структурирования потока жидкости. Среднее неравномерное распределение, вызванное 1/2-дюймовым отклонением от уровня, для всех 30 наборов данных, равно 33,6%.

При сравнении табл. 4 и 5 можно увидеть, что уровень жидкости на тарелке с патрубками высокой скорости ниже, чем уровень жидкости на тарелке с патрубками низкой скорости для наборов данных с низким потоком жидкости и высоким потоком пара, несмотря на то, что максимальный уровень жидкости (набор данных № 26) выше для тарелки с патрубками высокой скорости. Структурирование потока жидкости тарелки с патрубками понижается при повышении скорости потока в патрубке. Для тарелки с патрубками высокой скорости перепад давления для пара, поступающего в патрубок, является высоким и значительно увеличивается, когда поток пара на тарелку увеличивается. По этой причине перепад давления на боковых отверстиях для жидкости также увеличивается, когда поток пара увеличивается, и через отверстия для жидкости начнет проходить больше жидкости. По этой причине уровень жидкости на тарелке будет падать до тех пор, пока поток жидкости через отверстия для жидкости не сравняется с потоком жидкости, поступающим на тарелку. Низкий уровень жидкости в сочетании с высоким перепадом давления на отверстиях для жидкости приводит к более высокому неравномерному распределению, вызванному 1/2-дюймовым отклонением от уровня, для патрубка высокой скорости, чем для патрубка низкой скорости, в наборах данных с низким потоком жидкости и высоким потоком пара. Среднее неравномерное распределение, вызванное 1/2-дюймовым отклонением от уровня, для всех 30 наборов данных равно 60,7%, что почти в два раза превышает патрубок низкой скорости.

Как видно из табл. 6, уровень жидкости в колпачковой тарелке в основном является функцией скорости потока пара и, не в такой степени, скорости потока жидкости. При высоких скоростях пара уровень жидкости является низким, а при низких скоростях потока пара уровень жидкости является высоким. Среднее неравномерное распределение, вызванное 1/2-дюймовым отклонением от уровня, для всех 30 наборов данных равно 52,0%, что является почти таким же, как и для патрубка высокой скорости.

Как видно из табл. 7, распределительная тарелка по настоящему изобретению имеет вполне приемлемое неравномерное распределение, вызванное 1/2-дюймовым отклонением от уровня, по всему диапазону потоков пара и жидкости. Неравномерное распределение, как правило, чуть выше при низких потоках жидкости и низких потоках пара. Среднее неравномерное распределение, вызванное 1/2-дюймовым отклонением от уровня, для всех 30 наборов данных равно 17,9%, что значительно ниже, чем для трех других типов распределителей. Средний процент неравномерного распределения четырех типов распределителей приведено на фиг. 13.

Критерий В.

Как видно из табл. 3 распределительные тарелки с относительно низким диспергированием или распространением жидкости, выходящей из каждого распределительного узла (то есть тарелка с патрубками низкой скорости и колпачковая тарелка), имеют плотность распределителей 90 единиц/м² или больше, и по этой причине достигается однородное распространение на входе активного слоя катализатора. Для распределительных тарелок, сконструированных для диспергирования жидкости и некоторого распространения жидкости на выходе из каждого распределительного узла (то есть тарелок с патрубками высокой скорости и распределительной тарелки по настоящему изобретению), плотность распределительных узлов ниже, чем 90 единиц/м², но вставки, используемые для диспергирования жидкости на выходе распределительных узлов, конструируются так, что достигается однородное распространение жидкости на входе в слой активного катализатора.

Критерий С.

Все четыре распределителя конструируются с получением возможности для аккумуляции слоя накипи и частиц на пластине тарелки с глубиной слоя до 50 мм до того как рабочие характеристики распространения начинают подвергаться влиянию образования отложений и забивания отверстий и проточных каналов. По этой причине все четыре распределительных тарелки имеют приемлемую стойкость к образованию отложений и забиванию. Колпачок и распределительный узел по настоящему изобретению имеют лучшую стойкость к образованию отложений, чем две тарелки с патрубками. Для колпачка имеется высокая скорость потока пара через щели, который стремится поддерживать щели чистыми и свободными от образования отложений. Для распределительной тарелки по настоящему изобретению имеется начальное восходящее, в целом, направление потока жидкости в проходе для жидкости, что заставляет накипь и частицы оседать на тарелке до того как эти твердые продукты достигают отверстия для жидкости.

Критерий D.

Патрубки тарелки с патрубками низкой скорости занимают 24,2% площади поперечного сечения реактора. Колпачки патрубков занимают 48,2% площади поперечного сечения реактора. По этой причине значительное количество жидкости, падающей сверху вниз на распределительную тарелку, будет соударяться с колпачками. Это жидкость будет протекать к краям колпачков и должна будет падать через горизонтальный поток пара, поступающий в патрубок. Значительное количество жидкости может захватываться паром. Таким образом, эта жидкость будет обходить боковые отверстия для жидкости и приводить к неравномерному распределению жидкости.

Патрубки тарелки с патрубками высокой скорости занимают только 5,9% площади поперечного сечения.

чения реактора. Колпачки для патрубков не требуются, поскольку только небольшое количество жидкости, падающей сверху вниз на распределительную тарелку, будет соударяться с открытыми верхними краями патрубков и обходить боковые отверстия для жидкости в патрубках.

В колпачках, некоторое количество захваченной жидкости будет поступать в верхнюю часть щелей вместе с паром. Однако когда захваченная жидкость поступает в щели вместе с паром, меньше жидкости поднимается вверх из слоя жидкости. Конструкция колпачка по этой причине имеет тенденцию к компенсации захваченной жидкости.

Распределительная тарелка по настоящему изобретению имеет малую площадь переливного стакана. По этой причине, подобно тарелке с патрубками высокой скорости, имеются только малые количества жидкости, падающей сверху вниз на распределительную тарелку, которая соударяется с открытым верхним краем переливного стакана и обходит проходы для жидкости в переливном стакане.

Критерий Е.

Как видно из таблиц 4, 5, 6 и 7, разность уровней, вызываемая потоком жидкости по тарелке, увеличивается с увеличением скорости потока жидкости на тарелку.

Тарелка с патрубками высокой скорости и распределительная тарелка по настоящему изобретению имеют относительно низкие различия уровней, максимум 1,4 мм и 3,3 мм, соответственно.

Тарелка с патрубками низкой скорости имеет высокие различия уровней, до 8,0 мм, из-за большей площади поперечного сечения патрубка.

Колпачковая тарелка имеет неприемлемо высокие различия уровней, превышающие 50 мм, из-за большой доли площади тарелки, занятой колпачками, и из-за более низкого уровня жидкости. Когда сравниваются большие различия уровней с большим неравномерным распределением, вызванным 1/2-дюймовым отклонением от уровня, можно сделать вывод, что сильное неравномерное распространение жидкости можно возникнуть в колпачковой тарелке при высоких скоростях потока жидкости.

Критерий F:

Неравномерное распределение жидкости, вызываемое разностью давлений 50 Па в паровом пространстве над распределительной тарелкой, для каждого из четырех распределителей, приводится в таблице 4, 5, 6 и 7 и сравнивается на фиг. 13. Как видно, тарелка с патрубками высокой скорости и колпачковая тарелка являются чувствительными к изменениям давления при среднем неравномерном распределении жидкости, вызванном разностью давлений 50 Па, равном 44,9% и 30,2%, соответственно. Тарелка с патрубками низкой скорости подвержена меньшему влиянию изменений давления и имеет среднее неравномерное распределение, вызванное разностью давлений 50 Па, равное 16,8%, в то время как распределительная тарелка по настоящему изобретению имеет самую низкую чувствительность к изменениям давления при среднем неравномерном распределении, вызванном разностью давлений 50 Па, равном всего лишь 10,4%.

Итоги указанного выше сравнения четырех типов распределительных тарелок на основе шести критериев приводятся в таблице 8. Как видно из таблицы 8, распределительная тарелка по настоящему изобретению представляет собой оптимальную распределительную тарелку.

Таблица 8. Итоги сравнения четырех типов распределительных тарелок

	Тарелка с патрубками низкой скорости	Тарелка с патрубками высокой скорости	Колпачковая тарелка	По настоящему изобретению
Критерий А:	Плохо	Очень плохо	Очень плохо	Хорошо
Критерий В:	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Хорошо
Критерий С:	Приемлемо	Приемлемо	Хорошо	Хорошо
Критерий D:	Плохо	Приемлемо	Хорошо	Приемлемо
Критерий Е:	Плохо	Хорошо	Очень плохо	Хорошо
Критерий F:	Приемлемо	Плохо	Плохо	Хорошо

Теперь будут представлены некоторые альтернативные варианты осуществления настоящего изобретения. Могут использоваться более одного прохода для жидкости на один распределительный узел. Требуемое сопротивление потоку по отношению к потоку жидкости из слоя жидкости через проходы для жидкости и в переливной стакан, как правило, получают в основном посредством отверстий для жидкости. Однако отверстия или ограничения на входе в проход для жидкости или внутри прохода для жидкости также могут использоваться для достижения требуемого сопротивления потоку. Отверстия для жидкости могут иметь любую форму, такую, например, как круговой, прямоугольный или клинообразный вырез. Площадь поперечного сечения прохода для жидкости может иметь любую форму, такую, например, как круговую, эллипсоидальную, треугольную, прямоугольную, многоугольную, кольцевую или любую форму, составленную из этих форм. Площадь поперечного сечения переливного стакана может иметь любую форму, такую, например, как круговую, эллипсоидальную, треугольную, прямоугольную,

многоугольную или любую форму, составленную из этих форм. Площадь поперечного сечения секции с уменьшенной площадью может иметь любую форму, такую, например, как круговую, эллипсоидальную, треугольную, прямоугольную, многоугольную, кольцевую или любую форму, составленную из этих форм. Ни средства для достижения улучшенного распространения жидкости на выходе из переливного стакана, ни секция с уменьшенной площадью поперечного сечения потока не должны использоваться обязательно. Пластины перегородок могут использоваться под выходом из переливного стакана для понижения скорости струи, для предотвращения того, чтобы струя могла перемещать инертные частицы или частицы катализатора ниже, и для улучшения распространения жидкости. Пластина перегородки может быть плоской или искривленной, или иметь любую другую форму. Пластина перегородки может быть сплошной или иметь перфорацию или отверстия.

Пример альтернативного варианта осуществления распределительного узла по настоящему изобретению приводится на фиг. 5А, 5В и 5С. Фиг. 5А представляет собой вид сверху в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента А-А фиг. 5В и 5С. Фиг. 5В представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента В-В фиг. 5А. Стрелки на фиг. 5В показывают путь потока текучих сред через распределительный узел. Фиг. 5С представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента С-С фиг. 5А.

Распределительная тарелка состоит из пластины тарелки 60, снабженной множеством распределительных узлов 75. Каждый распределительный узел состоит из прямоугольного переливного стакана 61, присоединенного с прохождением через отверстия в пластине тарелки 60. Секция с уменьшенной площадью поперечного сечения потока предусматривается внутри переливного стакана, она состоит из прямоугольного канала 68 и пластины 69. Два прохода для жидкости делают возможным протекание жидкости из слоя жидкости 71 и в переливной стакан 61. Первый проход для жидкости 77 имеет прямоугольное поперечное сечение и состоит из боковых стенок 62 и верхней и нижней стенки 63 и 67. Требуемое сопротивление потоку по отношению к потоку жидкости из слоя жидкости через первый проход для жидкости 77 и в переливной стакан, получают посредством двух последовательных ограничений. Одного прямоугольного входного отверстия 66 и отверстия для жидкости, состоящего из вертикальной щели 64. Второй проход для жидкости 76 формируется посредством внутренней стенки прямоугольного переливного стакана 61 и наружной стенки прямоугольного канала 68. Требуемое сопротивление потоку, по отношению к потоку жидкости из слоя жидкости через второй проход для жидкости и в переливной стакан, получается посредством кругового входного отверстия 65. Средства для улучшения распространения жидкости 70 используются на выходе перегородок стакана. Эти средства могут состоять из крыльчаток, перегородок, лент, набивки, изогнутых, плоских или искривленных пластин с перфорацией или без нее.

Все соединения между боковыми стенками 62 и переливным стаканом 61, между верхней стенкой 63 и боковыми стенками 62, между верхней стенкой 63 и переливным стаканом 61, между нижней стенкой 67 и боковыми стенками 62, между нижней стенкой 67 и переливным стаканом 61, между переливным стаканом 61 и пластиной тарелки 60, между пластиной 69 и переливным стаканом 61 и между пластиной 69 и каналом 68 являются, по существу, непроницаемыми для протечек.

Во время работы пар 72 протекает через открытый верхний край переливного стакана 61. По этой причине генерируется перепад давления между наружным и внутренним пространством переливного стакана 61. Этот перепад давления используется для подъема жидкости из слоя 71 в первый и второй проходы для жидкости 77 и 76. Жидкость в первом проходе для жидкости 77 сначала протекает через входное отверстие 66, которое представляет собой ограничение для потока, затем жидкость протекает вверх и через отверстие для жидкости, состоящее из вертикальной щели 64, до того как жидкость смешивается с протекающим вниз паром внутри переливного стакана 61. Жидкость во втором проходе для жидкости 76 сначала протекает через входное отверстие 65, которое представляет собой ограничение для потока, затем жидкость протекает вверх между каналом 68 и переливным стаканом 61, и наконец жидкость перетекает через верхний край канала 68 и в канал 68, где она смешивается с нисходящей двухфазной смесью. Повышенная скорость потока в секции с ограниченной площадью поперечного сечения потока, которую представляет собой канал 68, приводит к частичному или полному диспергированию жидкости. Диспергированная двухфазная струя, покидающая канал 68, затем проходит через средства для улучшения распространения жидкости 70, которые обеспечивают некоторое распространение жидкости, покидающей распределительный узел 75.

Распределительный узел на фиг. 5 имеет то преимущество, по сравнению с распределительным узлом на фиг. 2, что отверстие для жидкости 65 на фиг. 5С можно легко чистить снаружи распределительного узла 75, в то время как более низкие отверстия для жидкости 26 на фиг. 2С должны чиститься через узкий переливной стакан, что несколько труднее. Это происходит, только если фиксированные соединения, такие как сварка, используются для крепления прохода для жидкости к переливному стакану. Если проход для жидкости может разбираться или сниматься с переливного стакана, тогда осуществляется более легкий доступ для очистки отверстий для жидкости 26 на фиг. 2С.

В предыдущих примерах настоящего изобретения направление потока в проходе для жидкости, как правило, является восходящим. Однако распределительный узел в соответствии с настоящим изобретением может конструироваться с другими общими направлениями потока в проходе для жидкости, таки-

ми как нисходящий поток. Один из примеров варианта осуществления распределительного узла по настоящему изобретению с проходом для жидкости U-образной формы, с первой секцией нисходящего потока, за которой следует вторая секция восходящего потока, приводится на фиг. 6А, 6В и 6С.

Фиг. 6А представляет собой вид сверху в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента А-А фиг. 6В и 6С. Фиг. 6В представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента В-В фиг. 6А. Стрелки на фиг. 6В показывают путь потока текучей среды через распределительный узел. Фиг. 6С представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента С-С фиг. 6А.

Распределительная тарелка состоит из пластины тарелки 80, снабженной множеством распределительных узлов 91. Каждый распределительный узел состоит из кругового переливного стакана 81, прикрепленного к пластине тарелки 80. Секция с уменьшенной площадью поперечного сечения потока предусматривается внутри переливного стакана, состоящая из круговой трубы 83, которая проходит через пластину тарелки 80. Круговая труба простирается вниз под пластину тарелки, предусматриваются сливные края для жидкости 86. Первая секция нисходящего потока прохода для жидкости 88 конструируется из боковых стенок 82, которые прикрепляются к переливному стакану 81 и к пластине тарелки 80. Все соединения между переливным стаканом 81 и пластиной тарелки 80, между круговой трубой 83 и пластиной тарелки 80, между боковыми стенками 82 и пластиной тарелки 80 и между боковой стенкой 82 и переливным стаканом 81 являются по существу непроницаемыми для протечек. Четыре круговых отверстия для жидкости 84 на различной высоте предусматриваются в боковой стенке 82. Прямоугольное отверстие 85 предусматривается в переливном стакане, вблизи пластины тарелки, чтобы дать возможность для протекания жидкости из первой секции нисходящего потока во вторую секцию восходящего потока прохода для жидкости.

Колпачки могут использоваться для предотвращения прямого протекания жидкости в открытые верхние края переливного стакана 81 и проходов для жидкости 88. Однако из-за относительно малого площади поперечного сечения этих верхних краев в показанных примерах колпачки отсутствуют.

Во время работы пар 90 протекает через открытый верхний край переливного стакана 81. По этой причине генерируется перепад давления между наружным и внутренним пространством переливного стакана 81. Этот перепад давления используется для протекания жидкости из первой секции нисходящего потока прохода для жидкости 88 через отверстие 85 во вторую секцию восходящего потока прохода для жидкости 88. Размер отверстия 85 обычно выбирается таким образом, чтобы уровень жидкости 93 в первой секции, секции нисходящего потока, прохода для жидкости 88 был ниже, чем уровень жидкости 92 во второй секции и секции восходящего потока прохода для жидкости 88, в случаях работы с низким потоком жидкости и высоким потоком пара, и таким образом, чтобы уровень жидкости 93 был выше, чем уровень жидкости 92, в случаях работы с высоким потоком жидкости и низким потоком пара. Различия между уровнем жидкости 87 на тарелке и уровнем жидкости 93 представляет собой движущую силу для протекания жидкости через отверстия для жидкости 84, которые находятся ниже уровня жидкости 87. Жидкость из слоя жидкости 89 протекает через отверстия для жидкости 84 в проходе для жидкости 88, где она сначала протекает вниз и через отверстие 85, а затем вверх, в кольцевую область потока, определяемую переливным стаканом 81 и круговой трубой 83. Жидкость перетекает через верхний край трубы 83, где она смешивается с паром, протекающим вниз в переливном стакане. Двухфазная смесь протекает через трубу 83 и покидает трубу под пластиной тарелки.

Поскольку имеется очень низкий перепад давления, или он вообще отсутствует, между наружным пространством распределительного узла 91 и паровым пространством внутри верхней части прохода для жидкости 88, распределитель на фиг. 6 будет показывать пониженное неравномерное распределение, по сравнению с традиционными тарелками с патрубками, по "Причине 1", рассмотренной выше. Однако поскольку через некоторые из отверстий для жидкости 84 жидкость может переходить в паровое пространство над поверхностью жидкости 93, "Причина 2" для понижения неравномерного распределения будет менее выраженной для распределительного узла 91, чем для предыдущих примеров распределителей по настоящему изобретению. Это происходит потому, что протекание жидкости через любое такое отверстие для жидкости 84, расположенное выше уровня 93, не подвержено влиянию перепада давлений для пара, поступающего в верхний открытый край переливного стакана 81.

Другие недостатки распределительного узла 91, по сравнению с предыдущими примерами настоящего изобретения, представляют собой:

1. Если не используются колпачки над распределительным узлом, подобные тем, которые показаны на фиг. 6, верхняя часть прохода для жидкости 88 будет собирать некоторую часть жидкости, которая падает сверху вниз. Как следствие, большее количество жидкости будет обходить отверстия для жидкости 84. Эта обходящая жидкость не будет равномерно распределяться по тарелке.

2. Накипь и частицы могут иметь тенденцию к тому, чтобы собираться в нижней части U-образных проходов для жидкости перед отверстием 85. Эти твердые продукты могут иметь тенденцию к забиванию отверстия 85. Забивание этого отверстия будет приводить к перетеканию жидкости в переливных стаканах 81. Переливающаяся жидкость будет плохо распределяться по тарелке.

Все предыдущие примеры настоящего изобретения имеют уплотнение для жидкости, которое пре-

дотвращает протекание пара через проходы для жидкости. Уплотнение для жидкости достигается посредством создания восходящего потока по меньшей мере в части прохода для жидкости. Настоящее изобретение может также конструироваться без этого уплотнения для жидкости. В этом случае большая часть пара по-прежнему протекает через открытый верхний край переливного стакана, но меньшее количество пара может протекать через проходы для жидкости в случаях работы с высокой скоростью потока пара и/или с низким потоком жидкости.

Пример такого распределителя приводится на фиг. 7.

Фиг. 7А представляет собой вид сверху в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента А-А фиг. 7С и 7D. Фиг. 7В представляет собой вид сверху в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента В-В фиг. 7С и 7D. Фиг. 7С представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента С-С фиг. 7А и 7В. Фиг. 7D представляет собой вид сбоку в разрезе распределительного узла, взятый вдоль сегмента D-D фиг. 7А и 7В. Стрелки на фиг. 7С и 7D показывают путь потока текущих сред через распределительный узел.

Распределительная тарелка состоит из пластины тарелки 100, снабженной множеством распределительных узлов 111. Каждый распределительный узел состоит из переливного стакана 101 с поперечным сечением, состоящим из прямоугольных и полукруглых форм. Переливной стакан 101 присоединен через отверстие в пластине тарелки 100. Проход для жидкости 112 конструируется из полукруглой стенки 102, которая прикрепляется к переливному стакану 101 и к пластине тарелки 100. Все соединения между переливным стаканом 101 и пластиной тарелки 100, между полукруглой стенкой 102 и пластиной тарелки 100 и между полукруглой стенкой 102 и переливным стаканом 101 являются, по существу, непроницаемыми для протечек. Пластина 103 служит в качестве колпачка для предотвращения прямого протекания жидкости в верхний край прохода для жидкости 112 и переливного стакана 101. Два прямоугольных отверстия для пара 107 предусматриваются в верхней части переливного стакана 101, чтобы сделать возможным поступление пара в переливной стакан. Два круговых отверстия 114 предусматриваются в верхней части полукруглой стенки 102, чтобы дать возможность для поступления пара в проход для жидкости 112. Круговое отверстие 105 и клиновидная щель 106 предусматриваются в качестве отверстий для жидкости в полукруглой стенке 102. Три круговых отверстия 113 служат в качестве ограничений для потока и предусматриваются в переливном стакане вблизи пластины тарелки, чтобы дать возможность для протекания пара/жидкости из прохода для жидкости 112 в переливной стакан 101. Под нижним открытым краем переливного стакана 101 располагается пластина перегородки 104, для понижения скорости двухфазной струи, покидающей переливной стакан, для предотвращения того, чтобы струя высокой скорости достигала частиц, расположенных ниже, и для обеспечения некоторого распространения жидкости.

Во время работы большая часть пара 109 протекает через два прямоугольных отверстия 107. По этой причине генерируется перепад давления между наружным и внутренним пространством переливного стакана 101. Жидкость 108 протекает через часть отверстий для жидкости 105 и 106, которые находятся ниже уровня жидкости 110. Пар протекает через круговые отверстия 114 и через часть отверстий 105 и 106, которые находятся над уровнем жидкости 110. Пар и жидкость протекают вниз, внутри прохода для жидкости 112 и через ограничения для потока 113, в переливной стакан 101, где этот двухфазный поток смешивается с паром, протекающим в переливном стакане. Количество пара, выбирающего путь через проход для жидкости 112, устанавливается само по себе до тех пор, пока общий перепад давления на отверстиях 114, 105 и 106 через проход для жидкости 112 и через отверстия 113 не сравняется с перепадом давления для пара, протекающего через отверстия 107 и через переливной стакан к точке смешивания с двухфазным потоком от ограничений для потока 113. Целью ограничений для потока или отверстий 113 является уменьшение потока пара через проход для жидкости 112 и достижение таким образом значительно более низкой скорости потока пара, поступающего в проход для жидкости, чем у пара, поступающего в переливной стакан. Низкая скорость пара на входе в проход для жидкости приводит к низкому перепаду давления между наружным пространством распределительного узла 111 и внутренним пространством прохода для жидкости 112 и таким образом к низкому неравномерному распределению, как определяется уравнением (1).

Из-за потока пара через отверстия 114, 106 и 105, однако, имеется небольшой перепад давления между наружным пространством распределительного узла 111 и внутренним пространством прохода для жидкости 112. Распределитель на фиг. 7 будет по этой причине показывать повышенное неравномерное распределение, по сравнению с предыдущими примерами по настоящему изобретению, поскольку преимущества "Причины 1", рассмотренной выше, уменьшаются. Поскольку через отверстия для жидкости 105 и 106 жидкость будет проходить в паровое пространство внутри прохода для жидкости 112, "Причина 2" для понижения неравномерного распределения, рассмотренная выше, не работает для распределительного узла 111.

Вместо этих двух недостатков распределительного узла 111, по сравнению с предыдущими примерами по настоящему изобретению, распределительный узел 111 будет по-прежнему показывать улучшенные рабочие характеристики, по сравнению с традиционными распределительными тарелками с патрубками, поскольку распределительный узел 111 может конструироваться с низкой площадью попереч-

ного сечения и с высокими скоростями потока пара в переливном стакане 101 без значительного увеличения неравномерного распределения, как определяется в уравнении (1). Значительные преимущества малых распределительных узлов уже обсуждались.

В некоторых случаях работы с высоким потоком жидкости и низким потоком пара уровень жидкости может возрасти в проходе 112, совсем как в распределительном узле на фиг. 6. В этом случае пар не протекает через проход 112 или отверстия 113.

Во всех предыдущих примерах варианта осуществления настоящего изобретения все распределительные узлы на распределительной тарелке являются идентичными. Однако и различные распределительные узлы могут использоваться на одной распределительной тарелке. Во всех предыдущих примерах вариантов осуществления настоящего изобретения переливной стакан для протекания пара и проход для жидкости представляют собой одну и ту же сборку или распределительный узел. Однако переливной стакан для протекания пара и проходы для жидкости могут быть предусмотрены в отдельных сборках или распределительных узлах на тарелке. Фиг. 8 и 9 представляют собой примеры такой распределительной тарелки.

Фиг. 9 представляет собой упрощенный вид сверху поперечного сечения распределительной тарелки, сконструированной с отдельными переливными стаканами и отдельными проходами для жидкости. Фиг. 8 представляет собой вид сверху в разрезе одного переливного стакана и одного прохода для жидкости, взятый вдоль сегмента А-А. Фиг. 8 соответствует сечению распределительной тарелки, показанному с помощью прерывистой линии на фиг. 9. Фиг. 8В представляет собой вид сбоку в разрезе распределительных узлов, взятый вдоль сегмента В-В фиг. 8А. Фиг. 8С представляет собой вид сбоку в разрезе прохода для жидкости, взятый вдоль сегмента С-С фиг. 8А. Фиг. 8D представляет собой вид сбоку в разрезе переливного стакана, взятый вдоль сегмента D-D фиг. 8А. Стрелки на фиг. 8В, 8С и 8D показывают путь потока текучих сред через распределительные узлы.

Распределительная тарелка состоит из пластины тарелки 120, снабженной множеством проходов для жидкости 133, расположенных в вершинах одинаковых квадратов на пластине тарелки. Также предусматривается множество переливных стаканов 134, и эти переливные стаканы располагаются в вершинах одинаковых квадратов с расстоянием между ними, вдвое превышающим расстояние между проходами для жидкости так, что расстояния от одного переливного стакана до каждого из четырех соседних проходов для жидкости являются идентичными.

Каждый проход для жидкости 133 состоит из круговой трубы 121, присоединенной через отверстие в пластине тарелки 120. На верхнем краю трубы 121 формируется вход для пара, посредством вертикального разреза в двух стенках трубы, вдоль диаметра трубы 121, и одного горизонтального разреза. Круговой колпачок 122 с таким же диаметром, как у трубы 121, концентрически прикрепляется к верхнему полукруглому краю трубы 121. Таким образом, формируется вход для пара 128 в проход для жидкости с полуцилиндрической формой. Труба 121 снабжается шестью круговыми отверстиями для жидкости 127 различных размеров. Отверстия для жидкости располагаются в трех вертикальных рядах, расположенных на равных расстояниях друг от друга по окружности трубы 121. Два отверстия для жидкости располагаются в каждом из этих трех рядов. Кольцевая пластина 125 вставляется на выходе прохода для жидкости для формирования секции с уменьшенной площадью поперечного сечения потока или кругового ограничения для потока 126. Соединения между трубой 121 и пластиной тарелки 120 являются, по существу, непроницаемыми для протечек.

Каждый переливной стакан 134 состоит из круговой трубы 123, присоединенной через отверстие в пластине тарелки 120. Подобно проходу для жидкости, вход для пара формируется на верхнем краю трубы 123 посредством одного вертикального разреза на двух стенках трубы вдоль диаметра трубы 123 и одного горизонтального разреза. Круговой колпачок 124 с таким же диаметром как у трубы 123 концентрически прикрепляется к верхнему полукруглому краю трубы 123. Таким образом, формируется вход для пара 129 в переливной стакан с полуцилиндрической формой. Соединения между трубой 123 и пластиной тарелки 120 являются, по существу, непроницаемыми для протечек.

Во время работы большая часть пара 131 протекает через входы для пара 129 и трубы 123. Жидкость 130 протекает через часть отверстий для жидкости 127, которые находятся на высоте ниже уровня жидкости 132. Оставшийся пар, который не поступает во входы для пара 129, протекает через часть отверстий 127, которые находятся выше уровня жидкости 132, и через входы для пара 128. Пар и жидкость протекают вниз внутри прохода для жидкости 133 и через ограничения для потока 126, где они покидают распределительную тарелку. Количество пара, выбирающего путь через проходы для жидкости 133, устанавливается само по себе до тех пор, пока общий перепад давления на проходах для жидкости 133 не сравняется с общим перепадом давления для протекания пара через переливные стаканы 134. Цель ограничения для потока 126 представляет собой уменьшение потока пара через проходы для жидкости 133 и достижение, таким образом, значительно более низкой скорости потока пара, поступающего в проход для жидкости 133, чем у пара, поступающего в переливной стакан 134. Низкая скорость пара на входе в проход для жидкости приводит к низкому перепаду давления между наружным паровым пространством 131 и паровым пространством внутри прохода для жидкости 133, и таким образом, к низкому неравномерному распределению, как определено в уравнении (1).

Благодаря потоку пара через вход для пара 128 и через сухую часть отверстий для жидкости 127, имеется небольшой перепад давления между наружным пространством распределительного узла и паровым пространством внутри верхней части прохода для жидкости 133. Распределитель на фиг. 8 и 9 будет, по этой причине, подобно распределителю на фиг. 7, показывать слегка повышенное неравномерное распределение, по сравнению с примерами настоящего изобретения, приведенными на фиг. 2, 3, 5 и 6, поскольку преимущество "Причины 1", рассмотренной выше, уменьшается. Поскольку через отверстия для жидкости 127 жидкость будет проходить в паровое пространство в трубе 121, "Причина 2" для понижения неравномерного распределения, рассмотренная выше, не будет работать для распределительной тарелки на фиг. 8 и 9.

Несмотря на два этих недостатка распределительных узлов 133/134, по сравнению с примерами распределительных узлов, приведенными на фиг. 2, 3, 5 и 6, распределительные узлы 133/134 будут по-прежнему показывать улучшенные рабочие характеристики, по сравнению с традиционными распределительными тарелками с патрубками, поскольку распределительные узлы 133/134 могут конструироваться с малым поперечным сечением и с высокими скоростями потока пара в переливном стакане 134 без значительного увеличения неравномерного распределения, как определяется в уравнении (1). Значительные преимущества малых распределительных узлов уже обсуждались выше.

В некоторых случаях работы с высоким потоком жидкости и низким потоком пара уровень жидкости внутри трубы 121 может возрасти. В этом случае пар не протекает через проход для жидкости 133 или ограничение для потока 126.

Типичная высота распределительных узлов находится в пределах между 100 и 500 мм, более предпочтительно между 150 и 300 мм. Плотность распределителей, как правило, составляет от 25 до 150 распределительных узлов на квадратный метр тарелки, более предпочтительно от 40 до 100 распределительных узлов на квадратный метр. Типичная структура расположения распределительных узлов на тарелке является треугольной или квадратной. Общая площадь поперечного сечения переливных стаканов, как правило, находится в пределах между 1 и 10% от площади тарелки. Площадь поперечного сечения каждого прохода для жидкости, как правило, находится в пределах между 150 и 1500 мм². Площадь поперечного сечения любой секции с уменьшенной площадью поперечного сечения потока, как правило, находится в пределах между 20 и 100% от площади поперечного сечения переливного стакана.

В общих терминах относительно настоящего изобретения может быть отмечено следующее.

Устройство для равномерного распределения стекающего вниз пара и жидкости по поперечному сечению емкости, в которой стекающий вниз пар и жидкость задерживаются посредством, по существу, горизонтальной тарелки, которая заставляет пар и жидкость протекать через отделенные друг от друга отверстия в тарелке, где отделенные друг от друга отверстия соединяются с проходами для жидкости, для перенесения большей части жидкости в переливные стаканы с целью перенесения большей части пара из пространства над пластиной тарелки и через отделенные друг от друга отверстия в тарелке, и где скорость потока пара через проходы для жидкости сводится к минимуму посредством одного или обоих из двух альтернативных способов 1 и 2.

Способ 1.

Указанный проход для жидкости имеет, по меньшей мере, одну секцию с протеканием жидкости, в целом, в восходящем направлении для генерирования жидкостного уплотнения, которое предотвращает протекание пара через проход для жидкости, иного, чем пар, растворенный или захваченный в жидкости, в течение, по меньшей мере, одного режима работы тарелки.

Способ 2.

Относительное сопротивление потоку проходов для жидкости и переливных стаканов создается для ограничения потока пара через проход для жидкости таким образом, что абсолютное давление внутри прохода для жидкости, в данном вертикальном положении, выше, чем абсолютное давление внутри переливного стакана, в таком же вертикальном положении по меньшей мере для одного вертикального положения и по меньшей мере для одного режима работы тарелки.

Предпочтительно $(P_{sur} - P_{lc}) / (P_{sur} - P_{vd})$ меньше, чем 0,9, где P_{sur} представляет собой абсолютное давление в окружающем паровом пространстве над указанной тарелкой, P_{lc} представляет собой абсолютное давление внутри прохода для жидкости в данном вертикальном положении и P_{vd} представляет собой абсолютное давление внутри переливного стакана в том же вертикальном положении. Это означает, что перепад давления для пара, поступающего в переливной стакан для жидкости, составляет менее чем 90% от перепада давления для пара, поступающего в переливной стакан.

Предпочтительно общее направление потока в переливных стаканах направлено вниз.

Предпочтительно, в переливных стаканах нет секций с потоком направленным вверх.

Минимальная скорость потока пара в проходе для жидкости меньше, чем минимальная скорость потока пара в переливном стакане, в течение по меньшей мере одного режима работы.

Минимальная скорость пара в проходе для жидкости предпочтительно меньше, чем 75% от минимальной скорости пара в переливном стакане в течение по меньшей мере одного режима работы.

Предпочтительно общая площадь поперечного сечения всех проходов для жидкости на указанной горизонтальной тарелке меньше, чем общая площадь поперечного сечения всех переливных стаканов на

указанной горизонтальной тарелке.

В предпочтительном варианте осуществления переливной стакан имеет одну или несколько секций с уменьшенной площадью поперечного сечения потока с уменьшенной площадью поперечного сечения потока и увеличенной скоростью потока для увеличения диспергирования жидкости.

Средства для улучшения распределения и диспергирования жидкости, такие как крыльчатки, перегородки, ленты, изогнутые пластины, перфорированные пластины или другие вставки, могут использоваться на выходе переливного стакана.

Эта функция может также обеспечиваться пластиной перегородки, такой как плоская или искривленная пластина с перфорацией или без нее, используемая ниже выхода из переливного стакана.

Колпачок над переливными стаканами может использоваться для предотвращения прямого протекания жидкости в открытый верхний край переливного стакана.

Колпачок может использоваться над проходом для жидкости, для предотвращения прямого протекания жидкости в проход для жидкости.

Переливные стаканы могут иметь открытые первые края в сообщении с объемом над тарелкой, а проходы для жидкости могут иметь одно или несколько входных отверстий в сообщении текучих сред с объемом над указанной тарелкой и одно или несколько выходных отверстий в сообщении текучих сред с указанным переливным стаканом. Входные отверстия в проходе для жидкости располагаются на высоте, которая ниже, чем указанный открытый верхний первый край переливного стакана.

В одном из вариантов осуществления, обходные проходы присоединяются над первым рядом указанных отверстий в тарелке или через него, и переливные стаканы присоединяются над вторым рядом указанных отверстий в тарелке или через него.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ для равномерного распределения нисходящего потока жидкости и пара по площади поперечного сечения емкости с двухфазным спутным нисходящим потоком под, по существу, горизонтальной тарелкой для сбора жидкости, способ включает в себя этапы

сбора жидкости в слое жидкости на указанной тарелке,

сбора пара в паровом пространстве над указанным слоем жидкости,

обеспечения множества распределительных узлов для прохождения указанного пара и указанной жидкости вниз через указанную тарелку, каждый из указанных распределительных узлов содержит переливной стакан, проход для жидкости и зону смешивания пара/жидкости,

указанный переливной стакан имеет вход для пара, расположенный в указанном паровом пространстве, для прохождения пара из указанного парового пространства через указанный вход для пара в указанную зону смешивания пар/жидкость, и

указанный проход для жидкости имеет стенку с одним или более отверстиями, проходящими через указанную стенку, на различных расстояниях над указанной тарелкой, для прохождения жидкости из указанного слоя жидкости через указанные отверстия и в указанную зону смешивания пар/жидкость, в этой зоне пар из указанного переливного стакана объединяется с жидкостью из указанного прохода для жидкости в один объединенный поток в указанной зоне смешивания пар/жидкость,

прохождения большей части указанного пара через указанные входы для пара, через указанные переливные стаканы и к указанным зонам смешивания пар/жидкость,

прохождения, по существу, всей указанной жидкости из указанного слоя жидкости через указанное одно или несколько отверстий в указанные зоны смешивания пар/жидкость через указанные проходы для жидкости,

прохождения указанного пара и указанной жидкости из указанной зоны смешивания пар/жидкость в пространство под указанной тарелкой и

уменьшения разности между давлением пара непосредственно над поверхностью указанной жидкости в точке рядом с указанной стенкой и выше по потоку от одного из указанных одного или более отверстий и давлением пара ниже по потоку от указанного одного из указанных отверстий на таком же уровне, как указанная поверхность.

2. Способ по п.1, в котором обеспечивают два или более отверстий, проходящих через указанную стенку на различных расстояниях над указанной тарелкой.

3. Способ по п.1 или 2, в котором указанное понижение разности давлений достигают посредством ограничения протекания указанной жидкости вверх по меньшей мере через часть указанного прохода для жидкости с формированием жидкостного уплотнения до достижения указанной зоны смешивания пар/жидкость, при этом предотвращая протекание пара через указанный проход для жидкости за исключением пара, захваченного или растворенного в указанной жидкости.

4. Способ по п.3, в котором ограничение для потока, такое как зауженные проходы, перегородки, крыльчатки, изогнутые пластины, набивка, перфорированные пластины, снабжается ниже по потоку от указанной зоны смешивания пар/жидкость для увеличения двухфазного перепада давления от указанной зоны смешивания пар/жидкость до пространства под указанной тарелкой, для уменьшения чувствитель-

ности к изменениям уровня жидкости на указанной тарелке у потока жидкости через один из указанных распределительных узлов.

5. Способ по п.4, в котором указанный двухфазный перепад давления превышает 50% общего перепада давления от указанного пространства пара над указанной тарелкой до парового пространства под указанной тарелкой.

6. Способ по п.4, в котором указанный двухфазный перепад давления превышает 80% общего перепада давления от указанного пространства пара над указанной тарелкой до парового пространства под указанной тарелкой.

7. Способ по п.1 или 2, в котором указанное уменьшение разности давлений достигается посредством уменьшения потока пара через указанный проход для жидкости за счет создания ограничения для потока, такого как секция с уменьшенной площадью сечения потока или зауженного прохода в положении ниже по потоку указанных отверстий и выше по потоку указанной зоны смешивания пар/жидкость.

8. Способ по п.7, в котором перепад давления на протяжении указанного ограничения для потока превышает 25% общего перепада давления от указанного пространства пара над указанной тарелкой до указанной зоны смешивания пар/жидкость.

9. Способ по п.7, в котором перепад давления на протяжении указанного ограничения для потока превышает 50% общего перепада давления от указанного пространства пара над указанной тарелкой до указанной зоны смешивания пар/жидкость.

10. Способ по п.7, в котором перепад давления на протяжении указанного ограничения для потока превышает 75% общего перепада давления от указанного пространства пара над указанной тарелкой до указанной зоны смешивания пар/жидкость.

11. Способ по пп.1-10, в котором общее направление потока через указанный переливной стакан направлено вниз.

12. Способ по любому из пп.1-11, в котором как указанные проходы для жидкости, так и указанные переливные стаканы в указанном распределительном узле простираются сквозь указанную тарелку и в котором указанная зона смешивания пар/жидкость представляет собой пространство под пластиной тарелки.

13. Способ по любому из пп.1-12, где указанный объединенный поток диспергируется и распространяется над большей площадью с помощью средств для улучшенного распространения и диспергирования жидкости, таких как крыльчатки, перегородки, ленты, изогнутые пластины или перфорированные пластины.

14. Способ по любому из пп.1-13, в котором колпачок располагается над указанным входом для пара для предотвращения прямого протекания жидкости из указанного парового пространства в указанный вход для пара.

15. Способ по любому из пп.1-14, в котором объединенная площадь горизонтального поперечного сечения всех указанных проходов для жидкости на указанной тарелке меньше, чем объединенная площадь горизонтального поперечного сечения всех указанных переливных стаканов на указанной тарелке.

16. Способ по любому из пп.1-15, в котором указанный вход для пара находится на большей высоте, чем все указанные отверстия.

17. Устройство для равномерного распространения нисходящего потока жидкости и пара по площади поперечного сечения емкости с двухфазным спутным нисходящим потоком, содержащее

по существу, горизонтальную сборную тарелку для жидкости для задержания стекающего вниз пара и жидкости и для сбора жидкости в слое жидкости на указанной тарелке и пара в паровом пространстве над указанным слоем жидкости,

множество распределительных узлов для прохождения указанного пара и указанной жидкости вниз через указанную тарелку, каждый из указанных распределительных узлов содержит переливной стакан, проход для жидкости, зону смешивания пар/жидкость и проход для объединенного потока, где

указанный переливной стакан снабжен входом для пара на его верхнем конце и образует проточный канал из указанного парового пространства через указанный вход для пара к указанной зоне смешивания пар/жидкость, для прохождения большей части указанного пара из указанного парового пространства в указанные зоны смешивания пар/жидкость,

указанный проход для жидкости имеет стенку с одним или более отверстиями, простирающимися через указанную стенку на различных расстояниях над указанной тарелкой, и образует проточный канал для жидкости из указанного слоя жидкости через указанное отверстие и в указанную зону смешивания пар/жидкость для прохождения, по существу, всей жидкости из указанного слоя жидкости в указанные зоны смешивания пар/жидкость,

указанный объединенный проход для потока образует проточный канал от указанной зоны смешивания пар/жидкость до положения под указанной тарелкой,

средства для уменьшения разности между давлением пара непосредственно над поверхностью указанной жидкости и в точке рядом с указанной стенкой и выше по потоку одного из указанных одного или более отверстий и давлением пара ниже по потоку от указанного одного из указанных отверстий на таком же уровне, как указанная поверхность.

18. Устройство по п.17, в котором предусмотрены два или более отверстий для жидкости, простирающихся через указанную стенку, на различных расстояниях над указанной тарелкой.

19. Устройство по п.17 или 18, в котором указанное уменьшение разности давлений получают посредством по меньшей мере части указанного прохода для жидкости выше по потоку указанной зоны смешивания пар/жидкость, простирающегося вверх в направлении от указанного слоя жидкости до указанной зоны смешивания пар/жидкость, для ограничения протекания указанной жидкости вверх через указанную часть указанного прохода для жидкости с формированием жидкостного уплотнения до достижения указанной зоны смешивания пар/жидкость, тем самым предотвращая протекание пара через указанный проход для жидкости за исключением пара, захваченного или растворенного в указанной жидкости.

20. Устройство по п.19, в котором ограничение для потока, такое как зауженный проход, перегородки, крыльчатки, изогнутые пластины, набивка или перфорированные пластины, снабжаются ниже по потоку указанной зоны смешивания пар/жидкость для увеличения двухфазного перепада давления от указанной зоны смешивания пар/жидкость до пространства под указанной тарелкой для уменьшения чувствительности к изменениям уровня жидкости на указанной тарелке у потока жидкости через один из указанных распределительных узлов.

21. Устройство по п.20, в котором минимальная площадь поперечного сечения потока через указанное ограничение для потока составляет меньше чем 80% от площади поперечного сечения потока через указанную зону смешивания пар/жидкость.

22. Устройство по п.20, в котором минимальная площадь поперечного сечения потока через указанное ограничение для потока составляет меньше чем 60% от площади поперечного сечения потока через указанную зону смешивания пар/жидкость.

23. Устройство по пп.19-22, в котором указанный проход для жидкости имеет все свои входные отверстия, погруженные в указанный слой жидкости, тем самым образуя указанное жидкостное уплотнение для предотвращения поступления пара в указанный проход для жидкости.

24. Устройство по пп.19-23, в котором указанные отверстия предусмотрены в стенке между указанным проходом для жидкости и указанной зоной смешивания пар/жидкость, таким образом формируя выход из прохода для жидкости.

25. Устройство по п.17 или 18, в котором указанное уменьшение разности давлений получают посредством обеспечения ограничения для потока, такого как секция с уменьшенной площадью поперечного сечения потока или зауженного прохода, в положении ниже по потоку указанных отверстий для жидкости и выше по потоку указанной зоны смешивания пар/жидкость для уменьшения потока пара через указанный проход для жидкости.

26. Устройство по п.25, в котором указанные отверстия предусмотрены в стенке между указанным слоем жидкости и указанным проходом для жидкости, таким образом формируя вход для жидкости в проход для жидкости.

27. Устройство по п.25 или 26, в котором указанный проход для жидкости выполнен с входным отверстием для пара, расположенным в указанном паровом пространстве для выравнивания давления по указанной стенке и для повышения указанного уменьшения разности давлений.

28. Устройство по п.27, в котором предусмотрен колпачок над указанным входным отверстием для пара для предотвращения прямого протекания жидкости в указанный проход для жидкости через указанное входное отверстие для пара.

29. Устройство по пп.25-28, в котором минимальная площадь поперечного сечения потока через указанное ограничение для потока меньше, чем 80% от внутреннего поперечного сечения указанного прохода для жидкости.

30. Устройство по пп.25-28, в котором минимальная площадь поперечного сечения потока через указанное ограничение для потока меньше, чем 60% от области внутреннего поперечного сечения указанного прохода для жидкости.

31. Устройство по пп.25-28, в котором минимальная площадь поперечного сечения потока через указанное ограничение для потока меньше, чем 50% от области внутреннего поперечного сечения указанного прохода для жидкости.

32. Устройство по пп.17-31, в котором общее направление потока через переливной стакан является нисходящим.

33. Устройство по любому из пп.17-32, в котором как указанные проходы для жидкости, так и указанные переливные стаканы в указанном распределительном узле простираются через указанную тарелку, и где указанная зона смешивания пар/жидкость представляет собой пространство под пластиной тарелки, и где указанный проход для объединенного потока представляет собой секцию указанной емкости с двухфазным спутным нисходящим потоком под указанной тарелкой.

34. Устройство по пп.17-33, в котором средства для улучшения распространения и диспергирования жидкости, такие как зауженные проходы, крыльчатки, перегородки, ленты, изогнутые пластины или перфорированные пластины, предусмотрены ниже по потоку от указанного прохода для объединенного потока или в нем для улучшения локального распространения и распределения жидкости и пара, поки-

дающих указанный распределительный узел.

35. Устройство по пп.17-34, в котором колпачок расположен над указанным входом для пара для предотвращения прямого протекания жидкости из указанного парового пространства через указанный вход для пара и в указанный переливной стакан.

36. Устройство по любому из пп.17-35, в котором площадь объединенного горизонтального поперечного сечения всех указанных проходов для жидкости на указанной тарелке меньше, чем объединенная площадь горизонтального поперечного сечения всех указанных переливных стаканов на указанной тарелке.

37. Устройство по любому из пп.17-36, в котором указанный вход для пара находится на большей высоте, чем все указанные отверстия.

38. Устройство по любому из пп.17-37, в котором распределительные узлы различной конструкции используются на одной тарелке.

39. Устройство по любому из пп.17-38, в котором два или более указанных проходов для жидкости используются в указанном распределительном узле.

40. Устройство по любому из пп.17-39, в котором два или более указанных переливных стаканов используются в указанном распределительном узле.

41. Устройство для равномерного распространения нисходящего потока жидкости и пара по площади поперечного сечения емкости с двухфазным спутным нисходящим потоком, указанное устройство содержит

по существу, горизонтальную сборную тарелку для жидкости для задержания протекающего вниз пара и жидкости и для сбора указанной жидкости в слое жидкости на указанной тарелке с указанным паром в паровом пространстве над указанным слоем жидкости,

множество распределительных узлов для прохождения указанного пара и указанной жидкости через указанную тарелку,

каждый из указанных распределительных узлов содержит

переливной стакан, простирающийся через указанную тарелку от указанного парового пространства до нижнего пространства под указанной тарелкой, указанный переливной стакан снабжен

входом для пара, расположенным на первом расстоянии над указанной тарелкой, большим, чем обычная максимальная глубина указанного слоя жидкости, так что указанный вход для пара, как правило, располагается в указанном паровом пространстве, и

выходом для пара/жидкости, расположенным под указанной тарелкой в указанном нижнем пространстве, и

проход для жидкости, имеющий часть стенки, снабженную

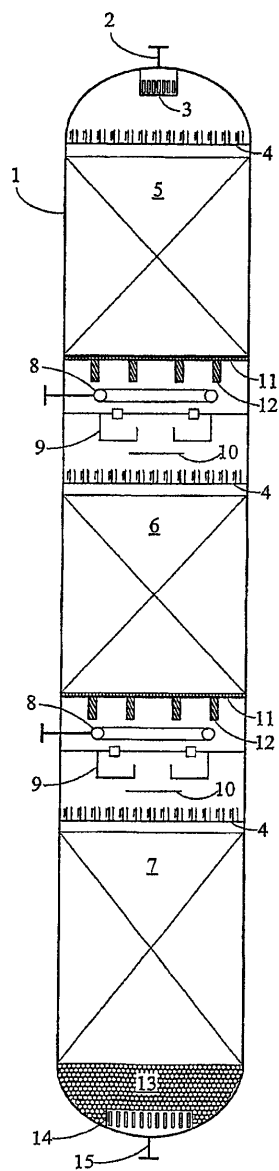
входом для жидкости, расположенным на втором расстоянии над указанной тарелкой, меньшем, чем обычная минимальная глубина указанного слоя жидкости, так что указанный вход для жидкости, как правило, располагается ниже поверхности указанного слоя жидкости, и

одним или несколькими выходами для жидкости, расположенными над указанным входом для жидкости и сообщаемыми по текучей среде с соответствующими отверстиями в части стенки указанного переливного стакана.

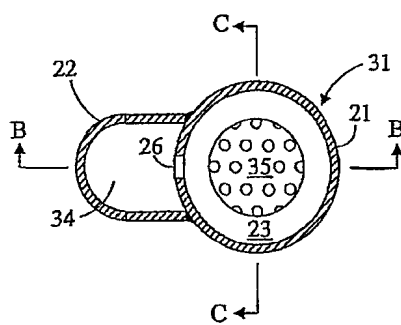
42. Устройство по п.41, в котором два или более выходов для жидкости расположены на отличающихся друг от друга расстояниях над указанной тарелкой.

43. Устройство по п.41 или 42, в котором указанный переливной стакан снабжается ограничением для потока, таким как поперечное сечение с уменьшенной площадью, расположенное ниже по потоку по меньшей мере от одного из указанных отверстий, а предпочтительно ниже по потоку от всех указанных отверстий.

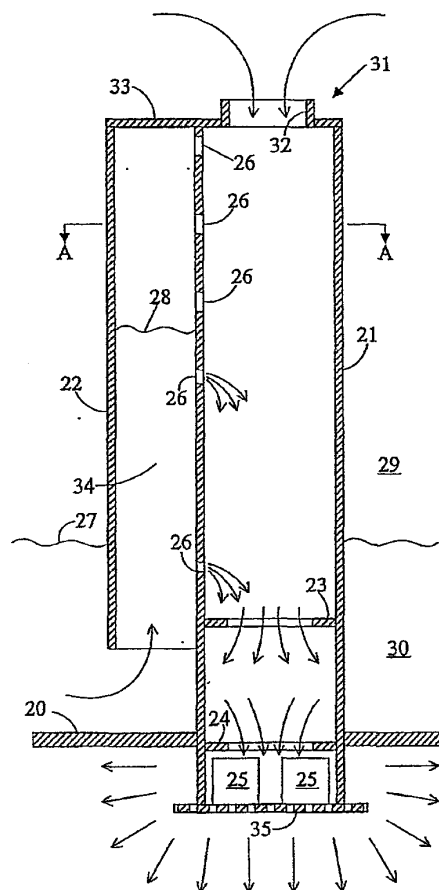
44. Устройство по любому из пп.41-43, в котором указанная часть стенки указанного переливного стакана составляет указанную часть стенки указанного прохода для жидкости.



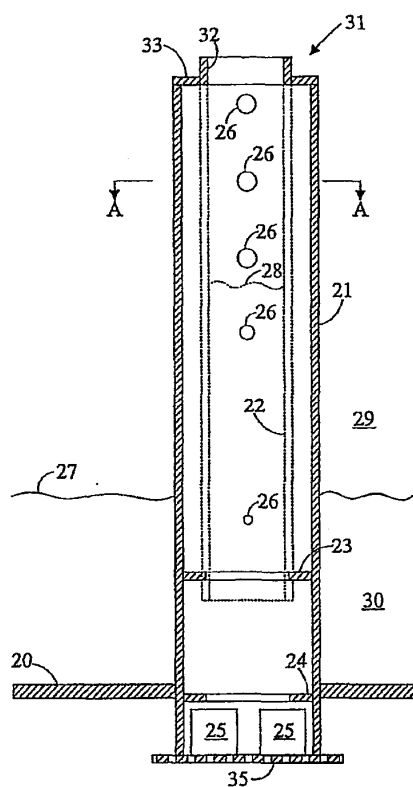
Фиг. 1



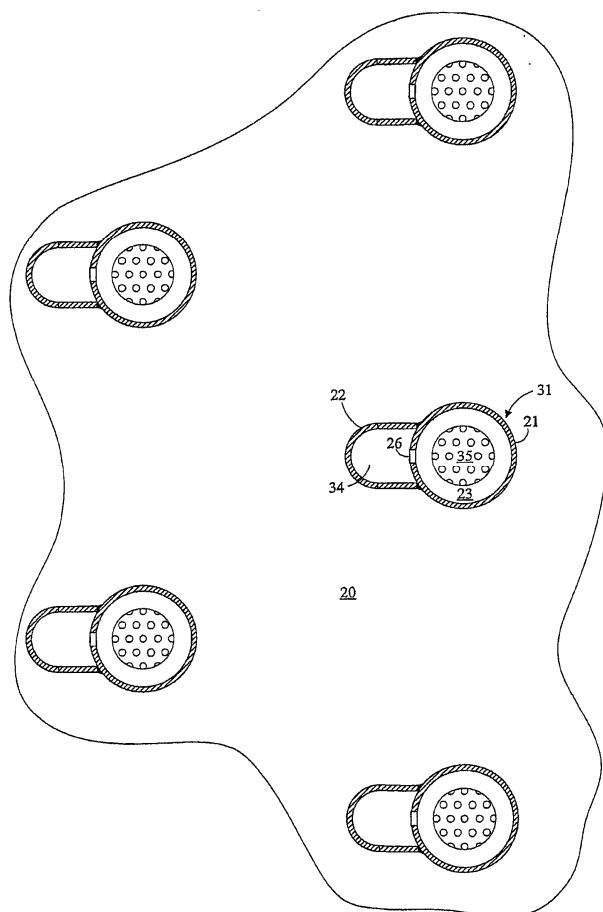
Фиг. 2А



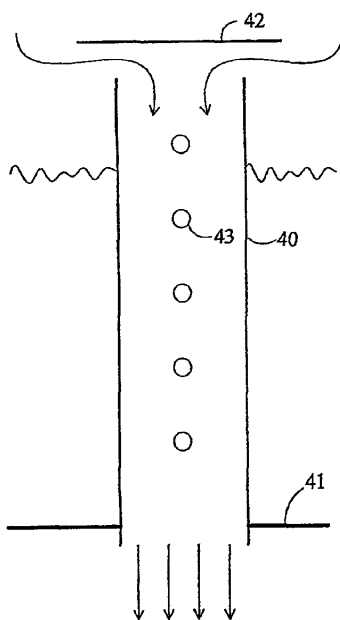
Фиг. 2В



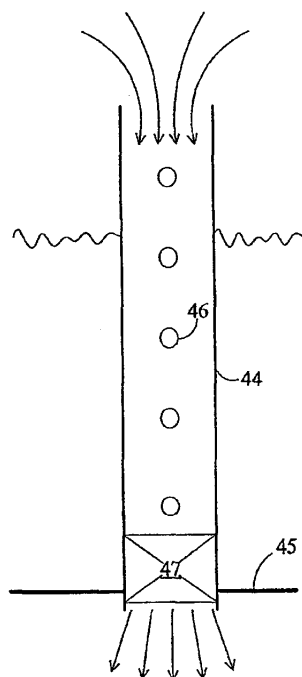
Фиг. 2С



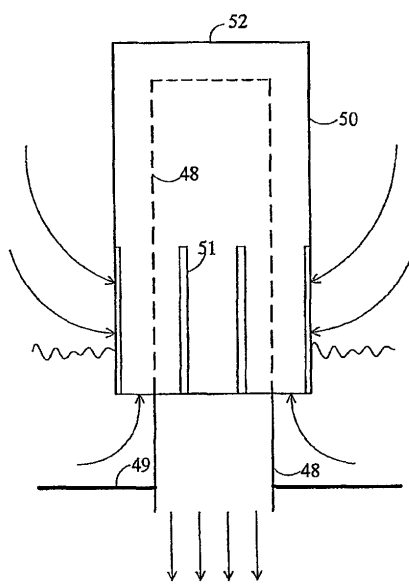
Фиг. 3



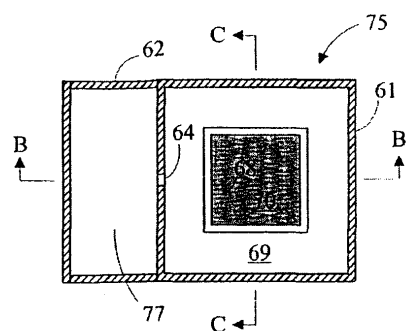
Фиг. 4А



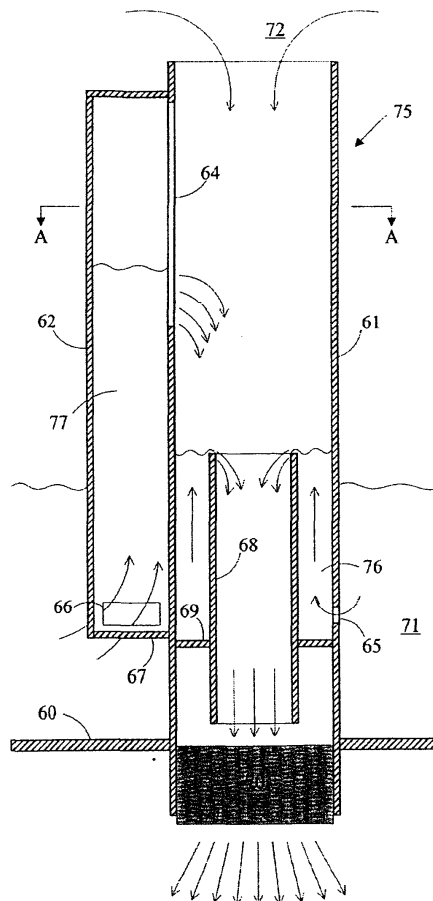
Фиг. 4В



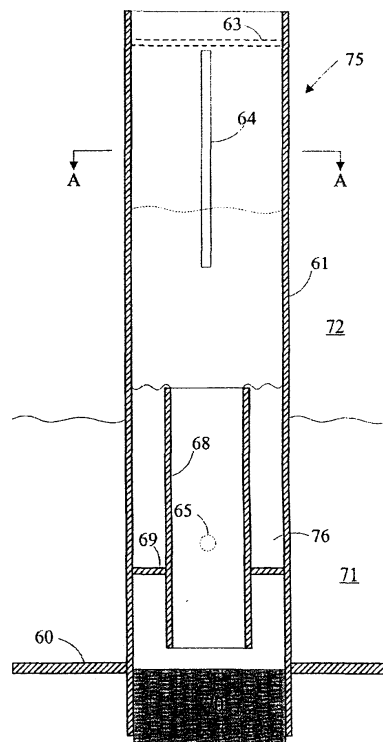
Фиг. 4С



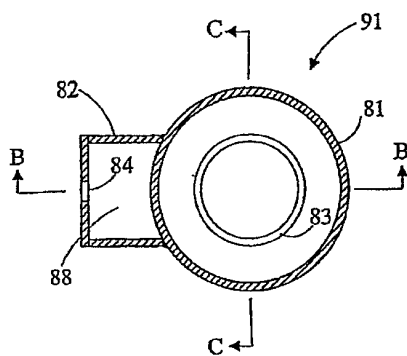
Фиг. 5А



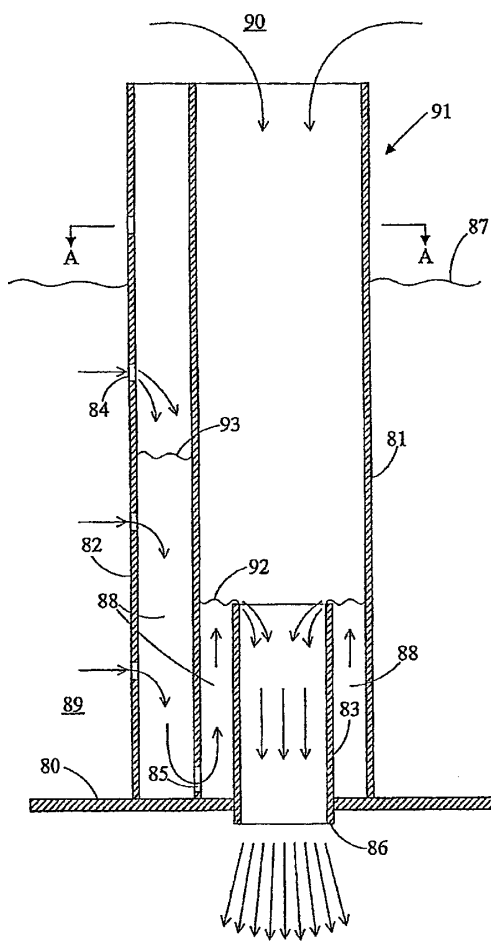
ФИГ. 5В



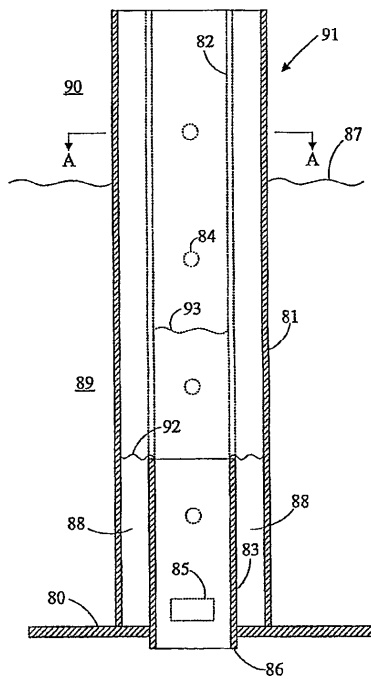
Фиг. 5С



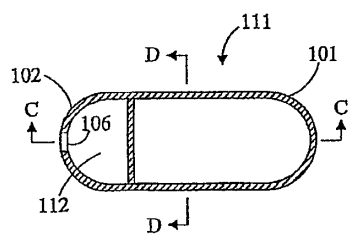
Фиг. 6А



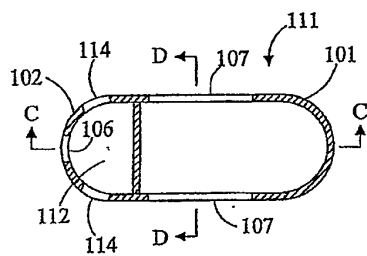
Фиг. 6В



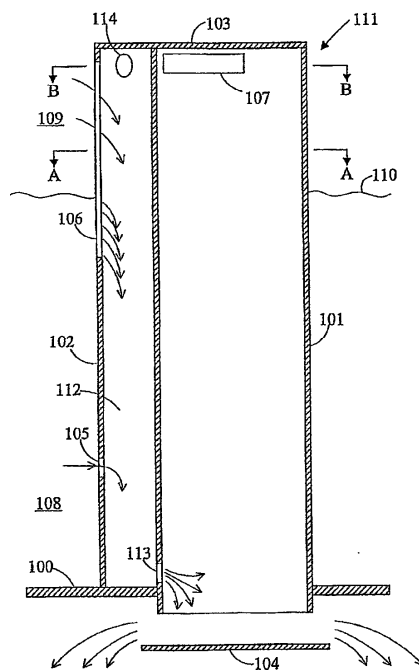
Фиг. 6С



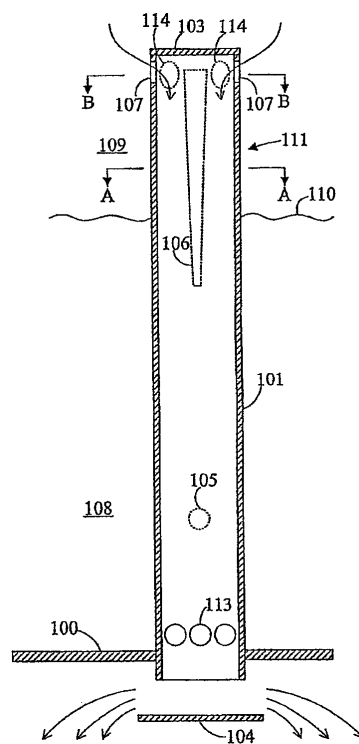
Фиг. 7А



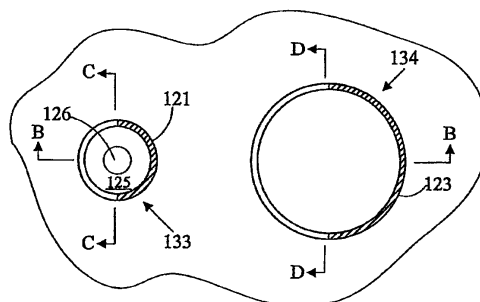
Фиг. 7В



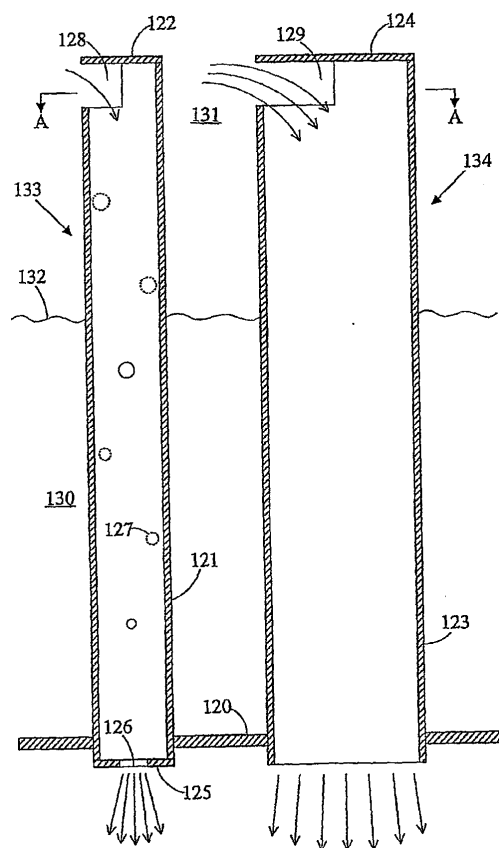
Фиг. 7С



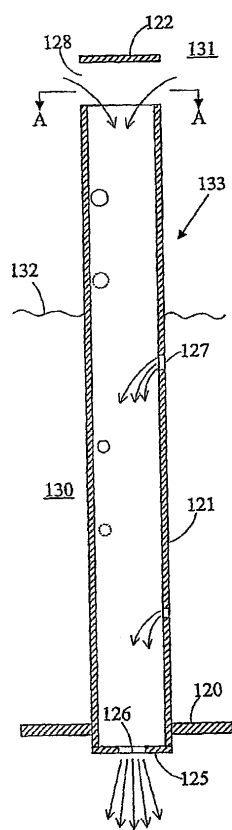
Фиг. 7D



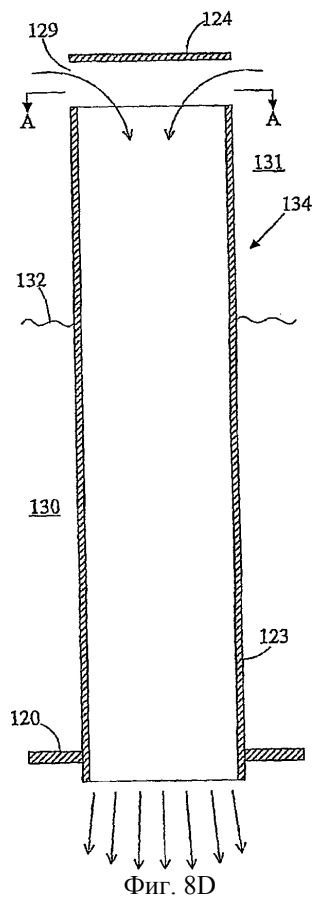
Фиг. 8А



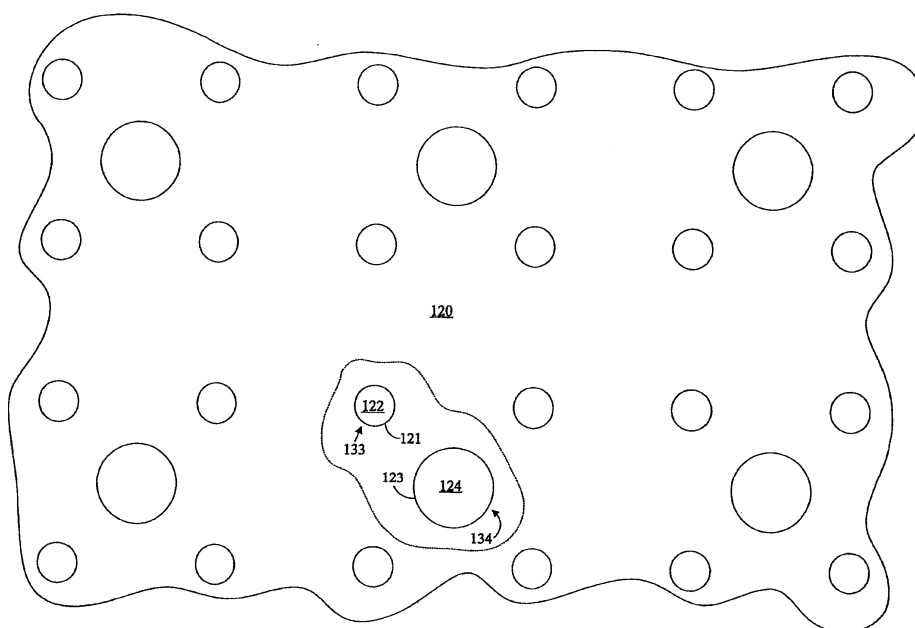
Фиг. 8В



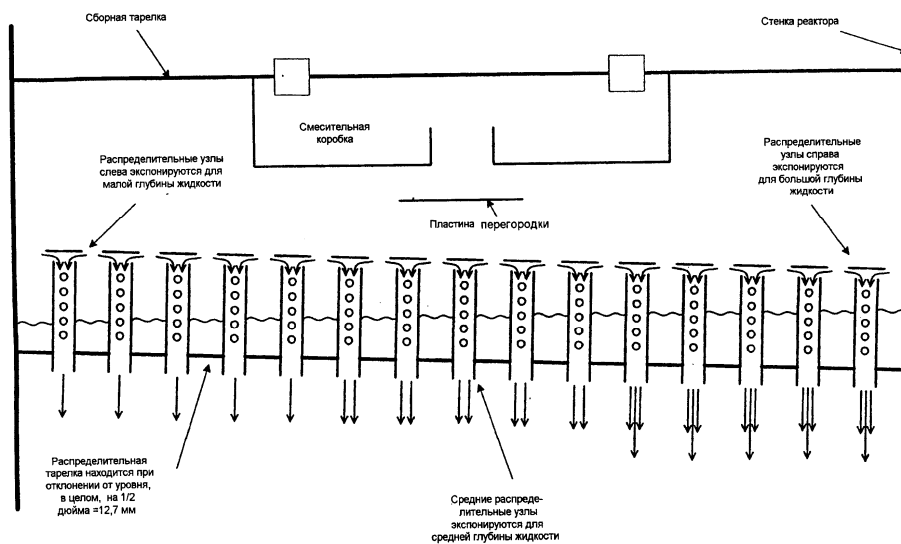
Фиг. 8С



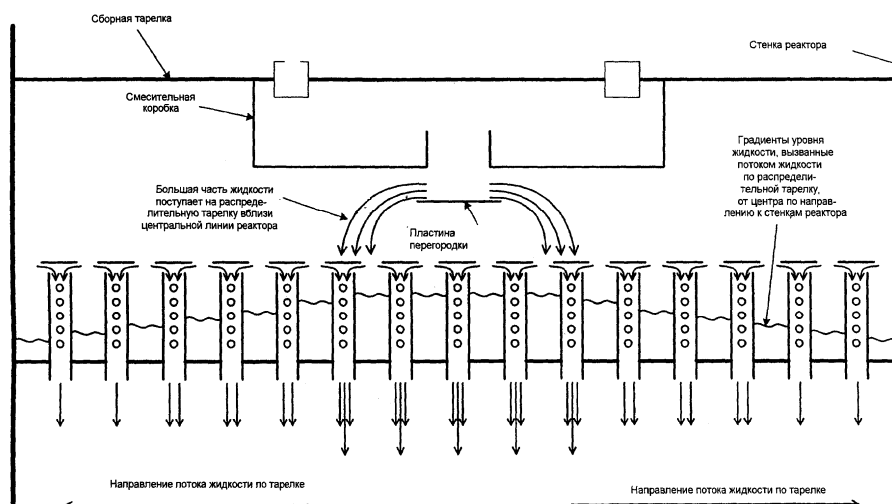
Фиг. 8D



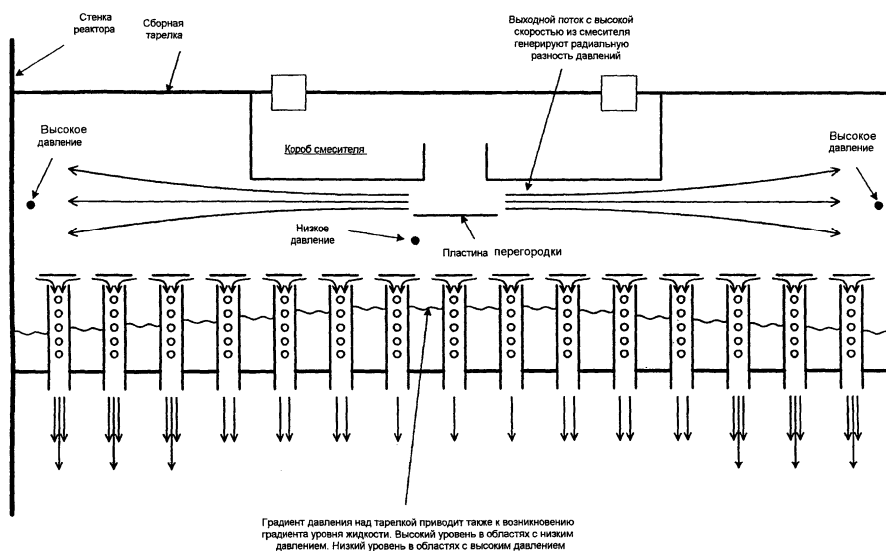
Фиг. 9



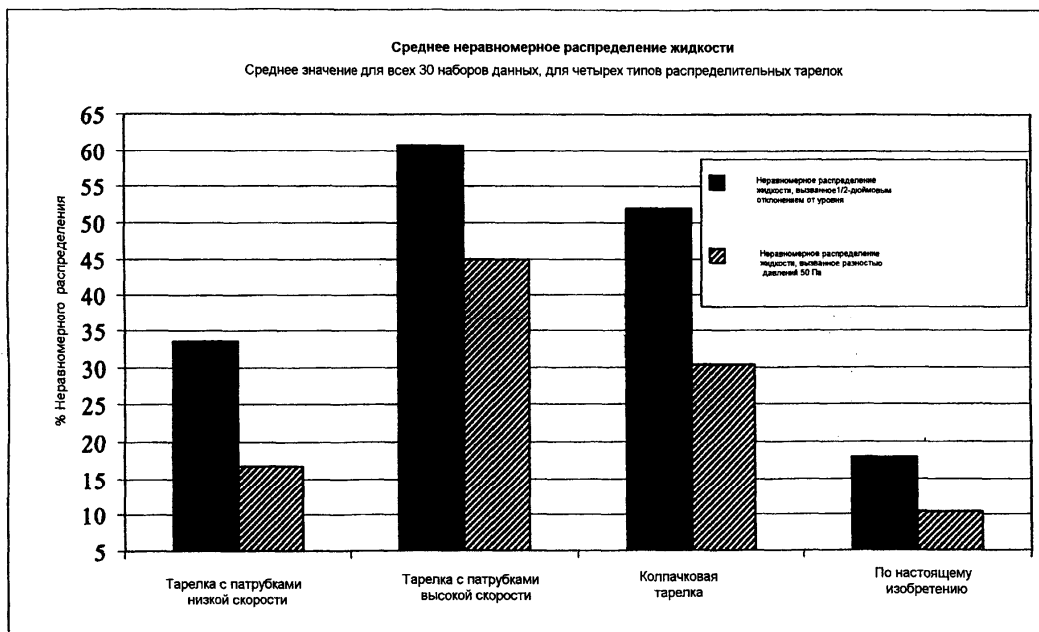
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13

