

## **é‡‰Í 9**

---

### **ВНУТРЕННИЕ УСТРОЙСТВА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ОБОРУДОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ, ОСУШКИ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ, НТС, РЕГЕНЕРАЦИИ АБСОРБЕНТОВ, РЕКТИФИКАЦИИ**

#### **9.1. ВНУТРЕННИЕ УСТРОЙСТВА ТАРЕЛЬЧАТОГО ТИПА**

##### **9.1.1. ТЕПЛОМАССООБМЕННАЯ ТАРЕЛКА**

###### **Краткое описание**

Предложенная тепломассообменная тарелка относится к клапанным тарелкам для процессов тепломассообмена в системах газ – жидкость и может использоваться в колонных аппаратах для процессов ректификации, дистилляции, абсорбции.

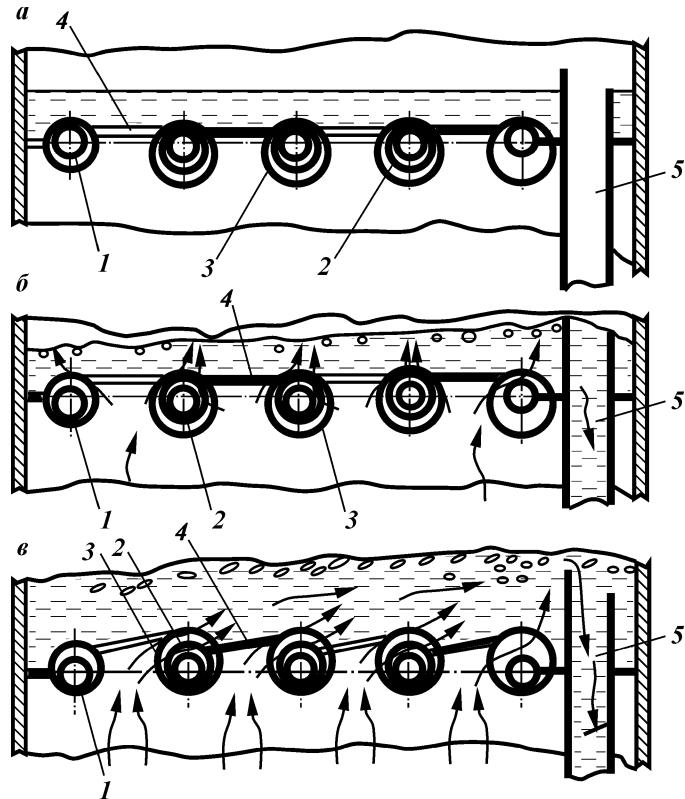
На рис. 9.1 схематично изображена тепломассообменная тарелка (продольный разрез).

Тарелка содержит основание, выполненное из труб 1, снаружи которых расположены размещенные с зазором одно в другом кольца 2 и 3. К внутреннему кольцу прикреплена одна сторона клапана 4, к наружному кольцу соседнего ряда – другая. Кроме того, тарелка содержит и переливное устройство 5.

Тарелка работает следующим образом.

При малых и средних нагрузках по газу клапаны приподнимаются над щелями, образованными трубами; за счет зазоров между кольцами 2 и 3 и трубами 1, газ выходит из-под клапанов с двух сторон, как у обычной клапанной тарелки.

При увеличении нагрузки по газу клапаны 4 поднимаются до упора колец 2 и 3 в трубы 1 и за счет разности в диаметрах колец 2 и 3 устанавливаются в наклонном положении.



**Рис. 9.1. Тепломассообменная тарелка:**  
 ፩ – тарелка, продольный разрез; • – тарелка при малых и средних нагрузках по газу и жидкости; , – тарелка при максимальных нагрузках по жидкости и газу.  
 1 – труба; 2 и 3 – кольца; 4 – клапан; 5 – переливное устройство

Струи газа выходят из-под клапанов в одном направлении и способствуют перемещению жидкой фазы в направлении переливного устройства 5. Тарелка работает в режиме струйной тарелки.

При прекращении подачи газа клапаны 4 автоматически возвращаются в исходное положение и перекрывают щели между трубами 1.

Клапаны 4 размещены над трубами 1 и поэтому не препятствуют теплообмену при подаче греющей или охлаждающей среды в трубы.

## **Эффективность**

Предложенное техническое решение позволяет интенсифицировать процесс тепломассообмена.

## **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

## **Литература**

Авторское свидетельство № 450578, БИ № 43, 1974 (Авторы: Г.К. Зиберт, Б.С. Язвенко, Ю.А. Кашицкий).

### **9.1.2. ТАРЕЛКА ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

#### **Краткое описание**

Предложенное техническое решение относится к внутренним устройствам для проведения массообмена в системах газ – жидкость (абсорбция, ректификация, десорбция и т.д.) в колонных аппаратах.

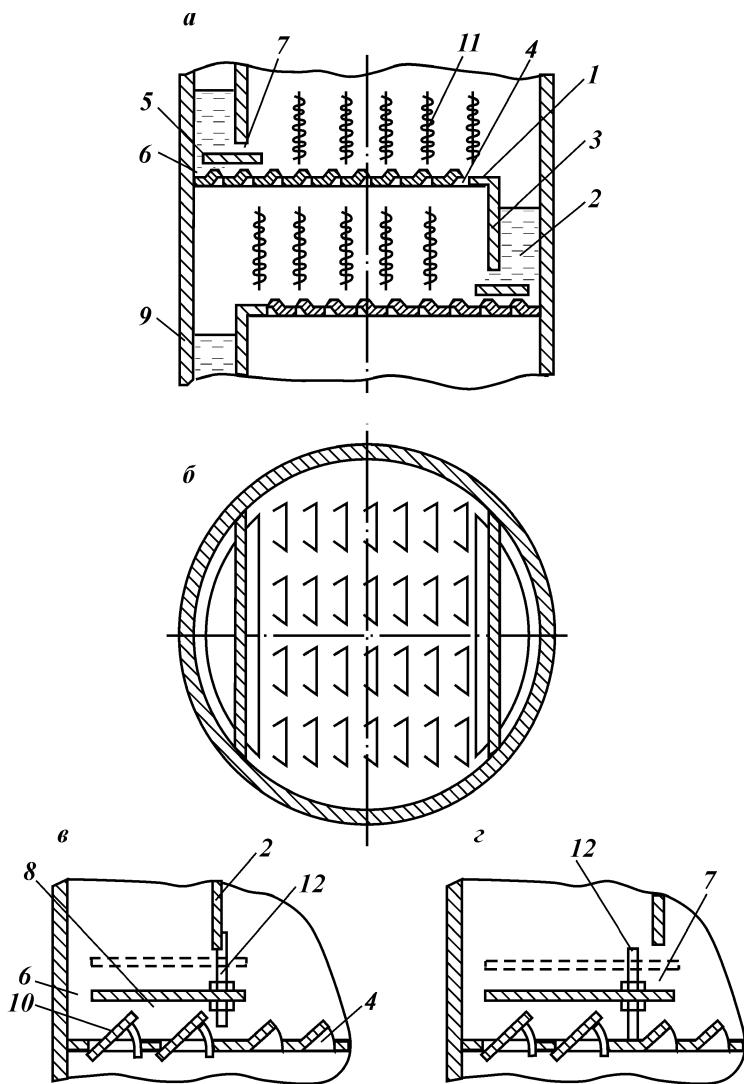
На рис. 9.2 изображена струйно-направленная тарелка.

Тарелка состоит из основания 1, переливного устройства 2, снабженного порогом 3. Основание имеет наклонные контактные элементы (отверстия) 4 для прохода газа; под переливным устройством 2 расположена пластина 5, образующая зазоры 6–8 с корпусом аппарата 9, нижними кромками переливного устройства 2 и основанием тарелки. Часть основания, расположенная под пластиной 5, снабжена дополнительными контактными элементами 10, например, клапанами направленного действия.

Для снижения уноса жидкости на вышележащую тарелку и увеличения поверхности массообмена при малых межтарельчайших расстояниях установлены отбойники (может быть установлена объемная сепарационная насадка). Для регулирования производительности пластину 5 можно крепить к основанию 1 или переливному устройству 2 на резьбовом соединении 12.

Тарелка работает следующим образом.

Жидкость, поступающая из переливного устройства 2, через зазор 7 подается на основание тарелки. Газ, поднимающийся снизу, проходит через наклонные контактные элементы 4, взаимодействуя с жидкостью на тарелке. При взаимодействии



**Рис. 9.2. Струйно-направленная тарелка:**  
 № – продольный разрез; · – вид сверху; , – крепление пластины к переливному устройству; „ – крепление пластины тарелки.  
 1 – основание тарелки; 2 – переливное устройство; 3 – порог; 4 – наклонные контактные элементы; 5 – пластина; 6–8 – зазоры с корпусом аппарата; 9 – корпус аппарата; 10 – дополнительные контактные элементы; 11 – отбойники; 12 – резьбовое соединение

газа с жидкостью происходит процесс тепломассообмена и одновременно транспортировка жидкости за счет инжекции в сторону сливного устройства 2. При малых нагрузках по газу дополнительные контактные элементы, например, клапаны 10, расположенные под пластиной 5, опущены. С увеличением расхода газа силы, действующие на клапаны 10, увеличиваются и последние открываются, пропуская большее количество газа. Газ проходит между основанием тарелки и пластиной 5 в сторону основного движения жидкости на тарелке, где кинетическая энергия газа передается жидкости. В зазорах 8 создается разрежение, в результате туда устремляется жидкость, которая подхватывается струей газа и выходит из зазора 8. Газожидкостная смесь, выходя из зазора 8, одновременно способствует распылению и транспортированию жидкости, вытекающей из зазора переливного устройства 2. При высоких скоростях газа жидкость распыляется в отбойники 11 или в объемную сепарационную насадку, где происходит дополнительный массообмен между газом и пленкой жидкости.

Скорость газа в сечении отбойника ниже, чем на выходе из наклонных контактных элементов, что позволяет жидкости за счет сил поверхностного натяжения и гравитации удерживаться на отбойниках или объемной сепарационной насадке. Капли жидкости коалесцируются на них и стекают на основание тарелки. Жидкость за счет направленного воздействия газа достигает корпуса и стекает в переливное устройство 2 на нижележащую тарелку.

Газ в тарелке совершает работу по перемещению жидкости на основаниях в сторону переливного устройства 2, работу по принудительному отбору жидкости из переливного устройства и подачу ее на нижележащую тарелку.

### **Эффективность**

Предложенная конструкция позволяет увеличить производительность струйно-направленной тарелки по газу и жидкости без увеличения ее габаритов, расширить диапазон эффективной работы. Техническое решение использовано в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

## **Литература**

Авторское свидетельство № 602203, БИ № 14, 1978 (Авторы: Г.К. Зиберт, И.А. Александров, Ю.А. Кашицкий, Л.Б. Макарова).

### **9.1.3. ТАРЕЛКА ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

#### **Краткое описание**

Предложенная тарелка относится к внутренним устройствам массообменных аппаратов для процессов абсорбции, десорбции, ректификации.

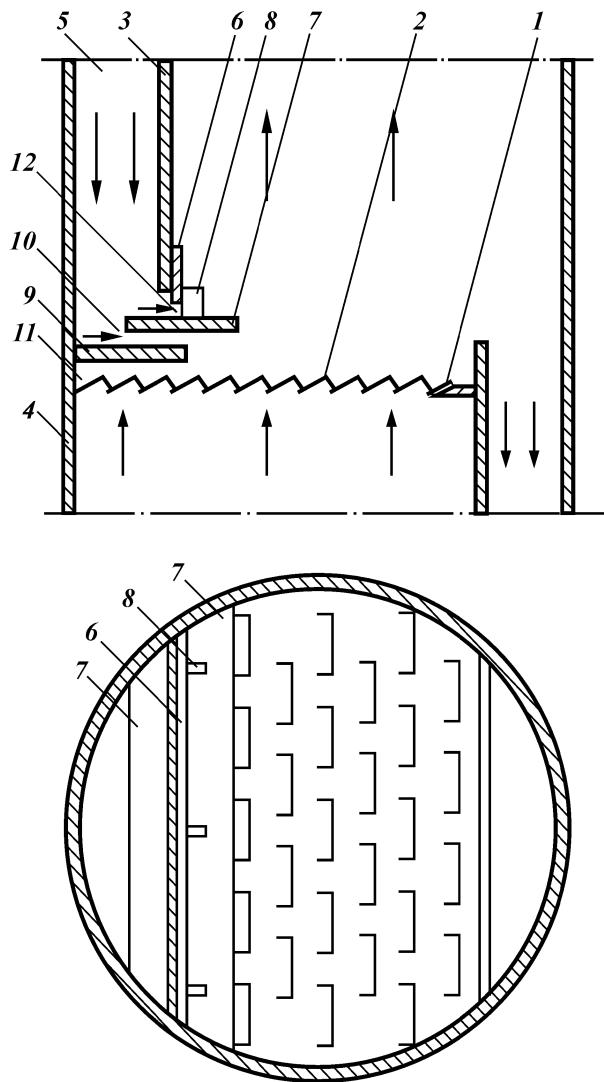
На рис. 9.3 схематически изображена массообменная тарелка. Тарелка состоит из основания 1 с расположенными на нем контактными элементами 2, сливной перегородки 3, крепящейся к корпусу аппарата 4, которые образуют переточный канал 5, вертикальной пластины 6, крепящейся к сливной перегородке 3 посредством резьбового соединения; разделительной пластины 7, расположенной на расстоянии от корпуса аппарата 4, основания тарелки 1 и нижней кромки сливной перегородки 3. При этом разделительная пластина 7 крепится к вертикальной пластине 6 при помощи пластины 8 резьбовым соединением, что позволяет размещать разделительную пластину 7 по высоте аппарата, защитного козырька 9, жестко укрепленного на корпусе аппарата. Между защитным козырьком 9 и разделительной пластиной 7 образуется канал 10 для прохода жидкости; между защитным козырьком 9 и основанием тарелки 1 образуется канал 11 для прохода газа (пара), вертикальная пластина 6 и разделительная пластина 7 образуют канал 12 для прохода жидкости.

Тарелка работает следующим образом.

Газ (пар), поднимающийся снизу колонны, проходит через свободное сечение основания тарелки 1 и взаимодействует с жидкостью, при этом происходит процесс тепломассообмена.

При выходе газа (пара) из канала 11 происходит понижение давления в канале 10 за счет эффекта инжекции. Жидкость из переточного канала 5 поступает в зону пониженного давления в канале 10. Газожидкостная смесь параллельным потоком поступает на основание тарелки 1, одновременно подхватывая жидкость из канала 12.

При перекрытии защитным козырьком более 10 и менее 90 % площади разделительной пластины практически исчезает



**Рис. 9.3. Массообменная тарелка:**

1 – основание; 2 – контактные элементы; 3 – сливная перегородка; 4 – корпус аппарата; 5 – переточный канал; пластины: 6 – вертикальная, 7 – разделительная; 8 – пластина; 9 – защитный козырек; каналы: 10, 12 – для прохода жидкости, 11 – для прохода газа

эффект инжекции в зоне между разделительной пластиной 7 и основанием тарелки 1.

### **Эффективность**

Использование защитного козырька, укрепленного на корпусе аппарата между разделительной пластиной и основанием тарелки и перекрывающего 10–90 % площади разделительной пластины, позволяет не только увеличить эффективность работы тарелки при сохранении ее производительности путем устранения провала жидкости через контактные элементы (создание эффекта инжекции), но и уменьшить расстояние между тарелками, в результате чего уменьшается высота аппарата, сокращается металлоемкость и, соответственно, энергозатраты.

Техническое решение использовано в промышленности.

### **Литература**

Авторское свидетельство № 722549, БИ № 11, 1980 (Авторы: М.Ш. Валеев, А.Ш. Дехтерман, В.Ф. Кондратьев, И.А. Александров, Г.К. Зиберт).

#### **9.1.4. ДВУХСЛОЙНАЯ ТАРЕЛКА ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

##### **Краткое описание**

Предложенное техническое решение относится к тепломассообменным аппаратам, используемым в нефтегазоперерабатывающей, нефтехимической и других отраслях промышленности.

На рис. 9.4 изображена двухслойная тарелка для массообменного аппарата.

Тарелка состоит из двух слоев: верхнего 1 и нижнего 2. Слои тарелки образованы горизонтальными участками 3 и 4 змеевиков 5 и 6. За счет чередования змеевика 5 с шагами  $\pm_1$  и  $\pm_2$  и змеевика 6 с шагами  $\pm_3$  и  $\pm_4$  и смещения их относительно друг друга слои имеют разное свободное сечение для прохода газа ( $S_1$  и  $S_2$ ). На входе и выходе теплоносителя из колонны змеевики соединены с коллектором 7 и 8. При необходимости введения в колонну нескольких теплоносителей змеевики могут быть выполнены секционно, т.е. по несколько тарелок на один теплоноситель, при этом каждая секция снабжается коллекторами входа и выхода.

Тарелка тепломассообменного аппарата работает следующим образом.

Газ (пар) подается снизу, а жидкость стекает через щели сначала верхнего слоя 1, затем – нижнего, контактируя с газом.

Совокупность двух слоев 1 и 2 позволяет проходить газу и жидкости через отверстия между трубами, в основном, каждой фазой своим путем. При этом доля сечения для прохода каждой фазы в зависимости от изменения нагрузок может меняться. При минимальных нагрузках или недогруженности колонны слой пены мал и в этом случае контакт газа и жидкости происходит между слоями 1 и 2.

Для заданных нагрузок контакт газа (пара) и жидкости происходит в барботажной зоне на верхнем слое.

Меньшее живое сечение нижнего слоя по сравнению с верхним позволяет не снижать пропускной способности по жидкости. Верхний слой тарелки не препятствует прохождению жидкости, а нижний слой лимитирует провал жидкости, что связано с высокой скоростью потока газа через отверстия: противодействует усиленному потоку газа возрастающий напор жидкости, скапливающейся между слоями тарелки.

Для съема или подвода тепла в зоне контакта газа с жидкостью в змеевики 5 и 6 по коллектору 7 подается тепло-(хладо-)носитель.

При необходимости возможно введение нескольких теплоносителей.

### **Эффективность**

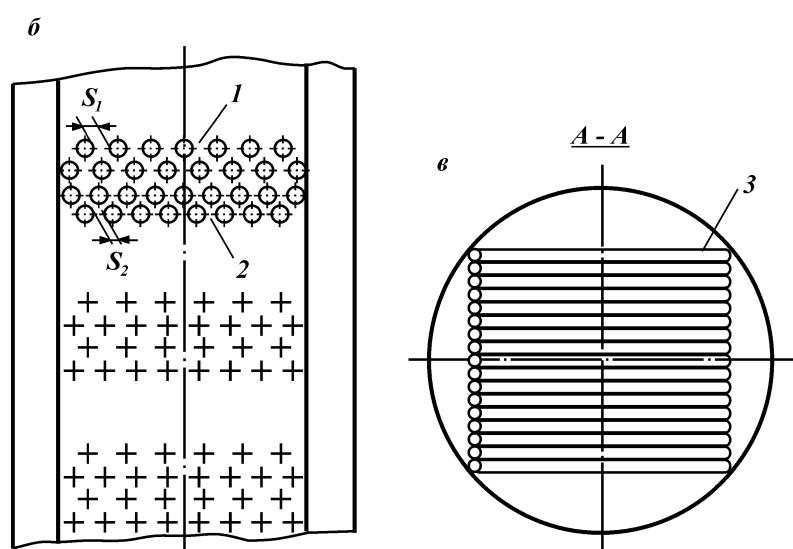
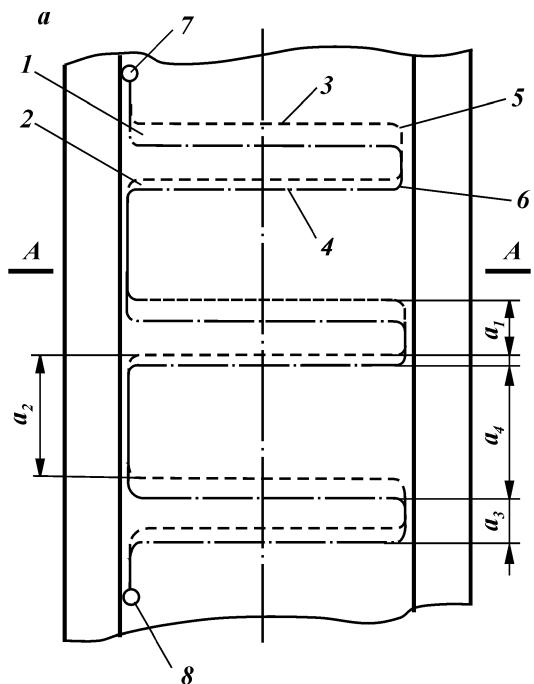
Изготовление и компоновка змеевиков может проводиться вне колонны. Скомплектованную конструкцию через открытый верхний фланец колонны с помощью подъемного механизма устанавливают внутри кожуха колонны, и затем фланец закрывают.

Это сокращает время и трудоемкость монтажа тарелок, не требует проведения сварочных работ внутри аппарата.

Змеевики 5 и 6 выполнены с плавными поворотами на 90°, что значительно снижает коэффициенты местного сопротивления, а следовательно, и гидравлическое сопротивление змеевика для теплоносителя.

### **Разработчик**

ВНИПИГазпереработка.



**Рис. 9.4. Двухслойная тарелка для тепломассообменных аппаратов:**  
 № – продольный разрез; • – вид сбоку.  
 1, 2 – верхний и нижний слой; 3, 4 – горизонтальные участки змеевиков; 5, 6 – змеевики; 7, 8 – коллекторы

### Литература

Авторское свидетельство № 1058564, БИ № 45, 1983  
 (Авторы: Ю.А. Арнаутов, Л.Н. Карепина, В.Г. Гореченков,  
 Г.К. Зиберт, Ю.А. Кашицкий).

#### 9.1.5. ТАРЕЛКА ДЛЯ МАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

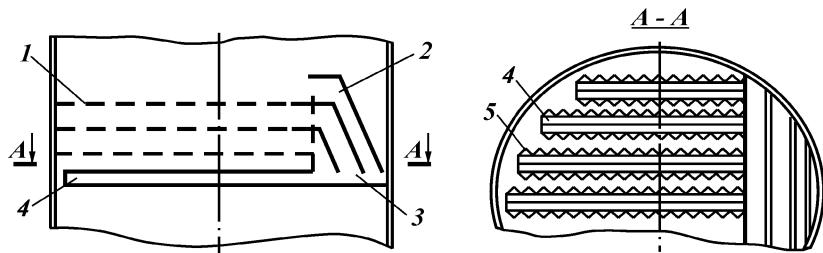
##### Краткое описание

Предложенная тарелка (рис. 9.5) относится к аппаратам для массообменных процессов в системе газ (пар) – жидкость, к контактным устройствам тарельчатого типа.

Тарелка содержит горизонтальные полотна 1, свободное сечение которых увеличивается от нижнего полотна к верхнему, камеры 2 слива, соединенные с переливным карманом 3, распределители жидкости 4, имеющие зубчатую отбортовку 5.

Тарелка работает следующим образом.

Жидкая фаза движется сверху вниз через перфорацию полотен 1, взаимодействуя при этом с восходящим потоком газа (пара). Избыточная часть жидкости сливается с каждого полотна через соответствующие камеры 2 слива в переливной карман 3 и поступает в распределители 4 жидкости, на которые попадает также жидкость с нижнего полотна тарелки. Наличие зубчатой отбортовки 5, выполненной с горизонтальной отгибкой зубцов, обеспечивает дробление потока жидкой



**Рис. 9.5. Тарелка для массообменных аппаратов:**  
 1 – полотна; 2 – камеры слива; 3 – переливные карманы; 4 – распределители жидкости; 5 – зубчатая отбортовка

фазы и ее равномерное распределение по сечению аппарата. Проконтактировавшая жидкость направляется на нижележащую тарелку, а поток газовой (паровой) фазы движется вверх для дальнейшего взаимодействия с жидкостью.

### **Эффективность**

Предложенная конструкция позволяет расширить диапазон устойчивой работы тарелки и повысить ее производительность.

### **Разработчик**

ВНИПИГазпереработка.

### **Литература**

Авторское свидетельство № 1237226, БИ № 22, 1986 (Авторы: Ю.А. Арнаутов, В.Г. Гореченков, Л.Н. Карепина, Г.К. Зиберт, З.С. Ахунов).

## **9.1.6. КЛАПАННАЯ ТАРЕЛКА**

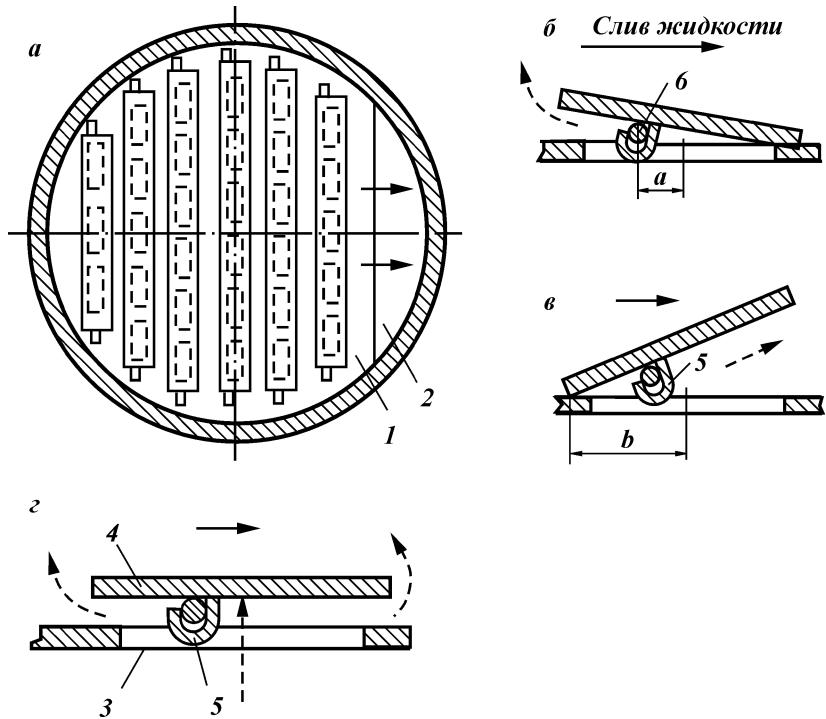
### **Краткое описание**

Предложенная клапанная тарелка (рис. 9.6) относится к контактным устройствам массообменных аппаратов для процессов ректификации, абсорбции, дистилляции, например, в колоннах регенерации метанола.

Тарелка состоит из полотна 1 со сливом 2 и с прямоугольными отверстиями 3, над которыми расположены плоские клапаны 4 с ограничителем подъема в виде ножки 5. Тарелка снабжена осью 6, прикрепленной к полотну 1, смешенной относительно оси симметрии ряда отверстий в сторону, противоположную сливу, и расположенной между полотном и клапаном.

Тарелка работает следующим образом.

При малых нагрузках по газу клапан 4 находится в приоткрытом состоянии, так как опирается на ось 8, прикрепленную к полотну тарелки 1. При этом между основанием тарелки и клапаном образуется щель, через которую газ поступает на контактирование с жидкостью в противотоке. При увеличении нагрузки по газу клапан 4 поворачивается относительно оси 6 (плечо поворота  $\frac{1}{2}$ ) и занимает горизонтальное положение. Происходит контакт газа и жидкости в перекрестном токе. При дальнейшем увеличении нагрузок по газу клапан 4 пово-



**Рис. 9.6. Клапанная тарелка:**  
 1 – тарелка, общий вид; рабочее положение клапана: • – при малой нагрузке по газу, , – при большой нагрузке, „ – при средней нагрузке.  
 1 – полотно тарелки; 2 – слив; 3 – прямоугольные отверстия; 4 – плоские клапаны; 5 – ограничитель подъема; 6 – ось

рачивается относительно оси 6, касается полотна тарелки 1 своей кромкой, приподнимается над осью и поворачивается уже относительно новой линии опоры (края клапана), плечо поворота становится равным b. Клапан полностью открыт, когда ограничитель 5 касается оси 6.

При полном открытии клапана происходит контакт газа с жидкостью в режиме прямотока. Такая последовательность открытия клапана тарелки обеспечивает высокую эффективность контакта газа с жидкостью при малых, средних и больших нагрузках по газу.

Ограничитель выполнен в виде оси, соединенной с полотном тарелки, смещенной относительно центра отверстий, и ножки, соединенной с клапаном и охватывающей ось. Ось закрепляется на полотне тарелки, а клапан лежит на оси,

смещенной относительно оси симметрии ряда отверстий. Это позволяет применять плоский клапан, исключает необходимость его перфорации, прилипание его к полотну тарелки. Расположение клапана на оси позволяет организовать начальное приоткрытие клапана (обеспечить зазор между клапаном и полотном тарелки при плоском клапане без его изгиба, т.е. без технологических операций изменения его формы).

Размещение клапана на оси и смещение ее в сторону, противоположную сливу, дает возможность установить следующую последовательность контактирования газа с жидкостью: прямоток, перекрестный ток, противоток при соответственно больших, средних и малых нагрузках по газу и небольших усилиях на открытие клапана при переходе от одной нагрузки по газу к другой с изменением плеча опоры (поворота) клапана. Таким образом обеспечиваются высокие показатели по эффективности. Это соответствует технологичности конструкции.

Ножка клапана охватывает ось в пределах тела клапана, что обеспечивает, кроме того, дополнительную перфорацию в клапане и создает подвижный шарнир для обеспечения плавного перехода открытия клапана с одной стороны на противоположную.

### **Эффективность**

Технико-экономическая эффективность предложенного технического решения заключается в экономии металла при расщеплении упрощенной конструкции клапана, не требующем специального штампа, производство является безотходным, т.е. снижается трудоемкость изготовления за счет упрощения оснастки и сокращения числа операций на изготовление клапана. Кроме того, повышается эффективность процесса разделения за счет уменьшения усилий на открытие клапана и изменения его положений в переходных режимах и увеличивается надежность конструкции путем исключения нагруженных участков клапана с остаточными напряжениями от штамповки.

Техническое решение использовано в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Авторское свидетельство № 1604389, БИ № 41, 1990 (Автор Г.К. Зиберт).

### **9.1.7. КОНТАКТНЫЙ ЭЛЕМЕНТ**

#### **Краткое описание**

Предложенное техническое решение относится к аппаратурному оформлению тепломассообменных процессов в системе газ (пар) – жидкость.

На рис. 9.7 показан контактный элемент.

Контактный элемент для контактирования газа с жидкостью представляет собой плато 1 с двумя совмещенными отверстиями, снабженными просечками 2, отогнутыми во встречных направлениях под плато 1, имеющими отгибы 3 в сторону плато 1 с образованием щелей 4 для прохода газовой фазы между передними кромками просечек 2 и плато 1. Отверстия в плато размещены таким образом, что часть просечки 2 одного отверстия под плато и отгиб 3 просечки 2 другого отверстия находятся в одной плоскости.

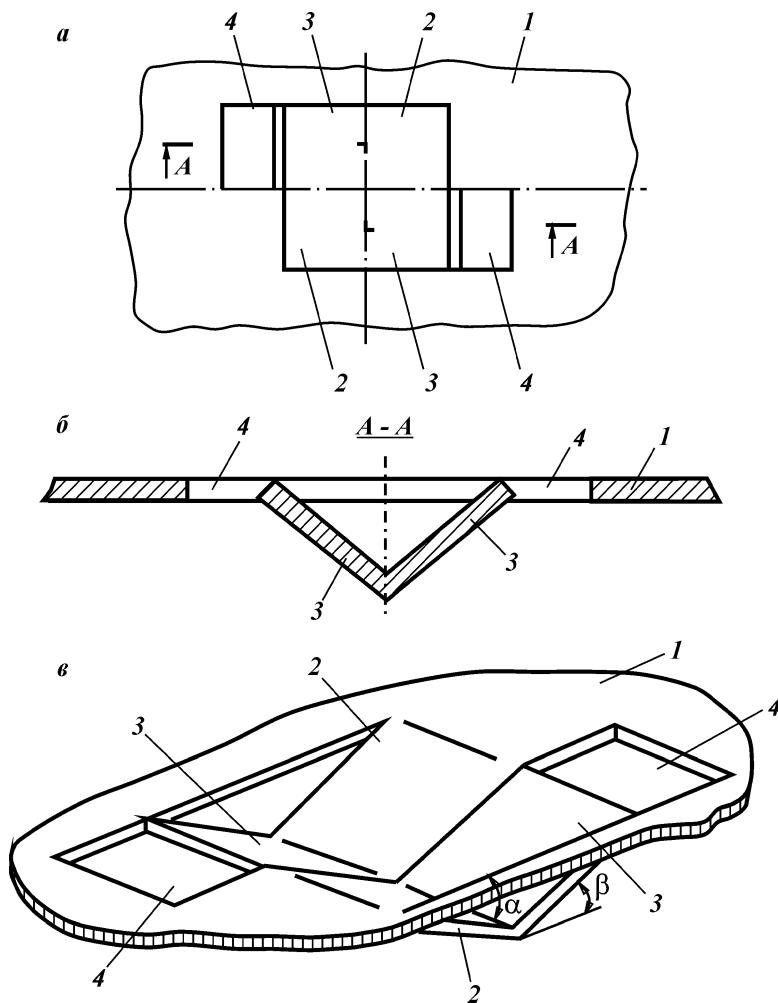
Угол  $\alpha$  отгиба просечек 2 под плато 1 может быть равен углу  $\beta$  отгиба просечек 3 в сторону плато 1.

Тепломассообменная тарелка, снабженная данными контактными элементами, работает следующим образом.

Газ (пар) поступает на тарелку снизу и, проходя через щели 4 под углом к плато 1, поступает в слой жидкости, подаваемой на плато 1 с вышележащей тарелки или распределительного устройства. При взаимодействии газа с жидкостью над плато 1 образуется двухфазный газожидкостной слой в виде пузырьков, капель и пленок жидкости, в котором происходит процесс тепломассообмена. Жидкость сливается организованными струями через треугольные щели, образованные боковыми кромками частей просечек 3, расположенных над плато 1, и кромками отверстий. Для предотвращения провала жидкости между просечками совмещенных отверстий часть просечки 2 одного отверстия, отогнутая под плато 1, и отгиб 3 просечки другого отверстия находятся в одной плоскости. Таким образом, каждый контактный элемент имеет по две щели для прохода газовой фазы и по две треугольные щели для слива жидкости. Для обеспечения технологичности изготовления тарелок и улучшения условий слива жидкости целесообразно контактные элементы располагать таким образом, чтобы угол  $\alpha$  отгиба просечек 2 под плато 1 был равен углу  $\beta$  отгиба 3 просечек в сторону плато 1.

#### **Эффективность**

Использование предложенного технического решения при конструировании противоточных тарелок позволяет увеличить



**Рис. 9.7. Контактный элемент:**  
1 – плато; 2 – просечки; 3 – отгибы; 4 – щели для прохода газовой фазы

проходное сечение до 40–45 %, что увеличивает производительность контактного элемента по газовой фазе.

#### Литература

Авторское свидетельство № 1613128, БИ № 46, 1990 (Авторы: Ю.Н. Скрынник, А.С. Меренов, В.Л. Зеленцов, О.С. Чехов, Ю.А. Арнаутов, В.И. Гибкин, Г.К. Зиберт).

### 9.1.8. ТЕПЛОМАССООБМЕННАЯ ТАРЕЛКА

#### Краткое описание

Предложенная тепломассообменная тарелка (рис. 9.8) предназначена для использования в процессах тепломаскообмена в системе газ – жидкость.

Тарелка содержит плато 1, на котором расположены рядами контактные элементы, выполненные в виде отверстий 2 в плато 1, каждое из которых снабжено просечкой 3, отогнутой под плато 1 и имеющей дополнительный отгиб 4 в сторону плато 1 с образованием с одной из кромок отверстия 2 щели 5 для прохода газовой фазы. Контактные элементы расположены так, что расстояние в плато между близлежащими передними кромками просечек 3 контактных элементов смежных рядов равно

$$l = 1,48 \dots 1,66(t - b), \text{ м},$$

где  $t$  – расстояние между продольными осями контактных элементов смежных рядов, м;  $b$  – ширина просечки контактного элемента, м.

Для рационального размещения контактных элементов в смежных рядах принимается, что они должны быть расположены таким образом, чтобы контакт между газожидкостными струями, истекающими из-под близлежащих просечек смежных рядов, проходил по их границам. В этом случае на границах струй обеспечивается большая разность скоростей потоков, возникают высокие касательные напряжения и происходит интенсивное дробление фаз. При этом предотвращается нежелательное лобовое столкновение струй.

Чтобы решить поставленную задачу, необходимо знать угол раскрытия струи, истекающей из-под просечки контактного элемента. Для этого провели исследования характера истечения газовой струи из-под просечки единичного контактного элемента. Исследованные контактные элементы имели размер отверстия 20×33 мм, 30×50 мм, 40×66 мм. Углы отгиба просечки под плато и дополнительного отгиба принимались равными и составляли 15, 30 и 45°. На основании обработки экспериментальных данных получено, что внешняя граница свободной струи имеет практически постоянный угол раскрытия, который равен  $2\alpha = 62 \pm 68^\circ$ .

Для нахождения оптимального взаиморасположения близлежащих просечек контактных элементов смежных рядов рассмотрим треугольник  $\triangle CDE$ , в котором угол  $\angle CDE$  равен

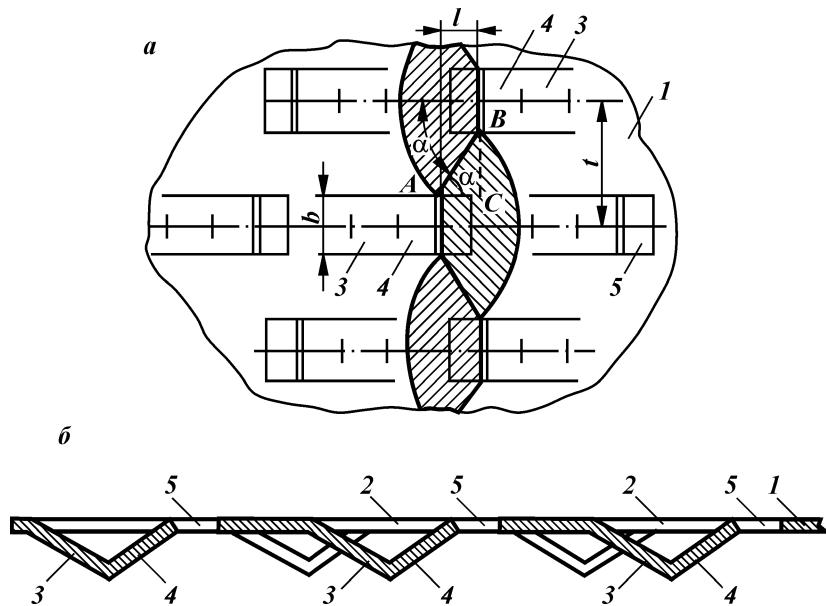


Рис. 9.8. Тепломассообменная тарелка:  
‡ – вид сверху; · – продольный разрез.  
1 – плато; 2 – контактные элементы; 3 – просечка; 4 – дополнительный отгиб;  
5 – щель для прохода газовой фазы

$\alpha = 31 \div 34^\circ$ , сторона  $\zeta_e = (t - b)$ , а сторона  $\lambda_e = 1$ . Тогда из  $\Delta \lambda \zeta_e$  имеем

$$l = (t - b) \operatorname{ctg} \alpha = 1,48 \dots 1,66(t - b), \text{ м.}$$

Тепломассообменная тарелка работает следующим образом.

Газ подается на тарелку снизу и, проходя через щели 5 между отогнутыми частями просечек 3 и кромками отверстий 2 в плато 1 под углом к плато 1, поступает в слой жидкости, подаваемой на тарелку с вышележащей тарелки.

При взаимодействии газожидкостных струй над плато 1 образуется высокотурбулизованный газожидкостный слой. Наиболее интенсивное взаимодействие происходит на границах струй, истекающих из-под близлежащих просечек 3 контактных элементов смежных рядов. При этом за счет интенсивного мелкодисперсного дробления газовой и жидкой фаз достигается развитая межфазная поверхность и высокая интенсивность тепломассообмена. Взаимодействие газожидкостных струй на их границах не вызывает столкновения их между собой, что

обеспечивает однородность распределения двухфазного слоя по плато и не приводит к росту гидравлического сопротивления и брызгоноса.

Жидкость с тарелки сливается через щели под плато 1, образованные кромками отверстий 2 и кромками частей просечки 3, расположенных под плато 1.

### **Эффективность**

Применение предложенного технического решения позволяет увеличить интенсивность процессов тепломассообмена за счет развития поверхности контакта фаз и улучшения однородности распределения газожидкостного слоя по плато, а также снизить гидравлическое сопротивление тарелки и межтарельчатый унос жидкости за счет предотвращения взаимо-встречного столкновения газожидкостных струй.

### **Литература**

Авторское свидетельство № 1637820, БИ № 12, 1991 (Авторы: Ю.Н. Скрынник, В.Л. Зеленцов, А.С. Меренов, О.С. Чехов, Ю.А. Арнаутов, Г.К. Зиберт, В.И. Гибкин, В.Г. Гореченков).

## **9.1.9. КОНТАКТНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

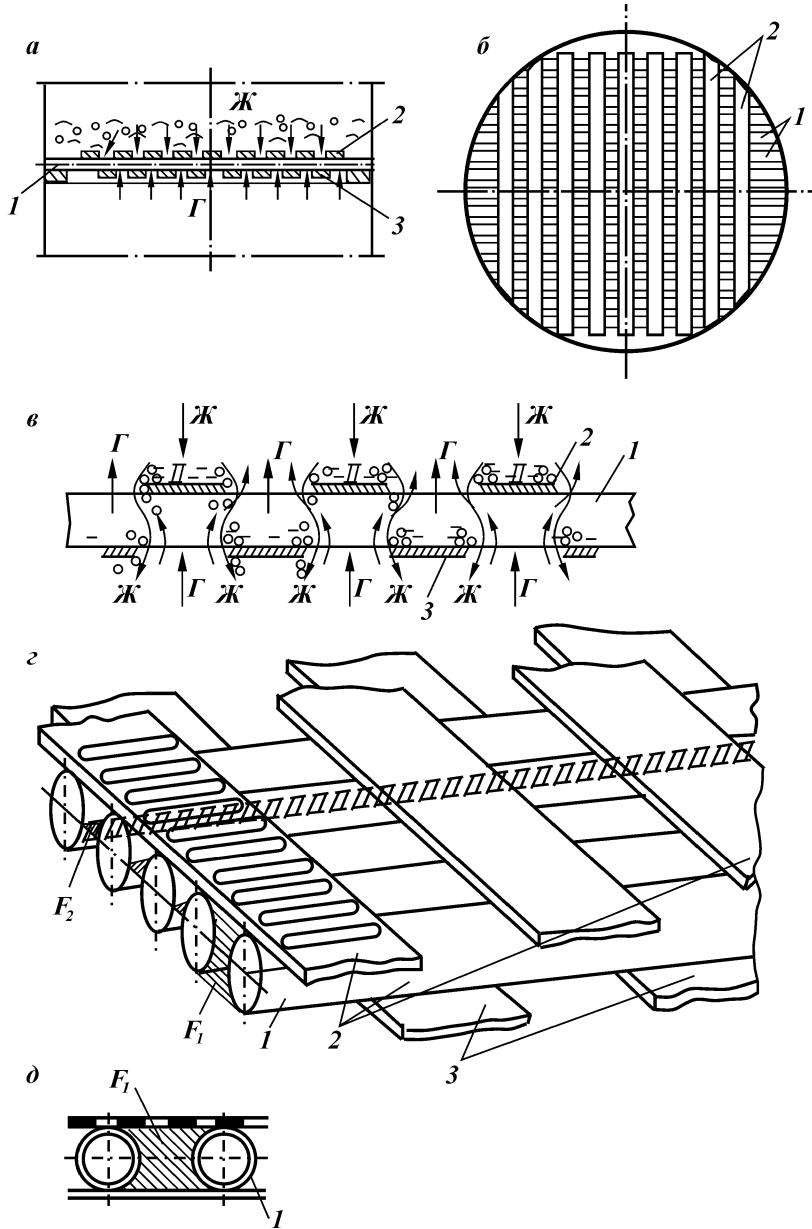
### **Краткое описание**

Предложенное контактное устройство относится к контактным устройствам тарельчатого типа в тепломассообменных аппаратах.

Как описывалось в п. 1.2.1, в аппаратах очистки газа от кислых примесей, работающих при высоких давлениях, целесообразно применение прямоточно-центробежных элементов с нисходящим движением фаз.

Для процессов сероочистки, протекающих при средних давлениях, предлагается использовать в качестве контактных устройств трубчато-пластинчатые тарелки. Трубчато-пластинчатая тарелка (рис. 9.9) имеет высокую производительность, благодаря хорошим аэродинамическим характеристикам и наличию большого свободного сечения.

Предложенная тарелка состоит из трубчатого полотна 1, изготовленного из ряда параллельных труб с зазором между



**Рис. 9.9. Трубчато-пластинчатая тарелка:**

— продольный разрез; · — вид в плане; , — схема движения потоков жидкости и газа на тарелке, продольный разрез; „ — часть тарелки, аксонометрия;  
— межтрубное пространство, заключенное между лентами и перфорация верхних лент в пределах проекции труб, поперечное сечение.  
1 — трубчатое полотно; 2, 3 — металлические ленты (пластины)

---

трубами, определяемым расчетно в зависимости от производительности тарелки на трубчатом полотне; под ним закреплены плоские металлические ленты 2 и 3 в поперечном направлении труб. Верхние ленты 2 смешены относительно нижних 3 с образованием зазора между ними. Зазор между кромками лент составляет 20–50 % от диаметра трубы. Площадь поперечного сечения межтрубного пространства, заключенного между лентами, равна сумме площадей продольного сечения минимального зазора между трубами  $\sum F_1 \approx \sum F_2$ . Верхние ленты 2 перфорированы в пределах проекций труб.

Контактное устройство работает следующим образом.

Газ и жидкость проходят противотоком через одни и те же проходы между трубами. При взаимодействии газа и жидкости на трубчатом полотне образуется слой газожидкостной смеси, которая стекает в проходы между трубами, омывая их.

На верхних и нижних лентах под действием газового потока снизу происходит дополнительная задержка жидкости, и вдоль кромок лент образуется сильнотурбулизированный слой, в котором также происходит массообмен между контактирующими фазами.

### Эффективность

Предложенное устройство позволяет улучшить условия контакта фаз за счет дополнительной зоны взаимодействия в проходных щелях между трубами, обеспечивающей повышение эффективности процесса.

Кроме того, трубчато-пластинчатые тарелки имеют простую конструкцию, исключающую специальную технологическую штампованную оснастку для изготовления на машиностроительных предприятиях. Это позволяет изготавливать их непосредственно эксплуатационными предприятиями с использованием трубок вышедших из строя теплообменников. Тарелки выполняются разборными, что позволяет монтировать и демонтировать их через люк-лазы.

Малое гидравлическое сопротивление и повышенная производительность и эффективность позволяют довольно широко использовать их в различных технологических процессах

помимо установок сероочистки. Техническое решение использовано в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Патент РФ № 1681877, БИ № 37, 1989 (Авторы: Г.К. Зиберт, Ю.А. Арнаутов, А.С. Меренов).

Холпанов Л.П., Запорожец Е.П., Зиберт Г.К., Кашицкий Ю.А. Математическое моделирование нелинейных термо-гидрогазодинамических процессов. – М.: Наука, 1998. – 320 с.

#### **9.1.10. СПОСОБ МАССООБМЕНА ПАРА (ГАЗА) НА ТРУБЧАТЫХ ТАРЕЛКАХ С ДВУМЯ ЗОНАМИ КОНТАКТА**

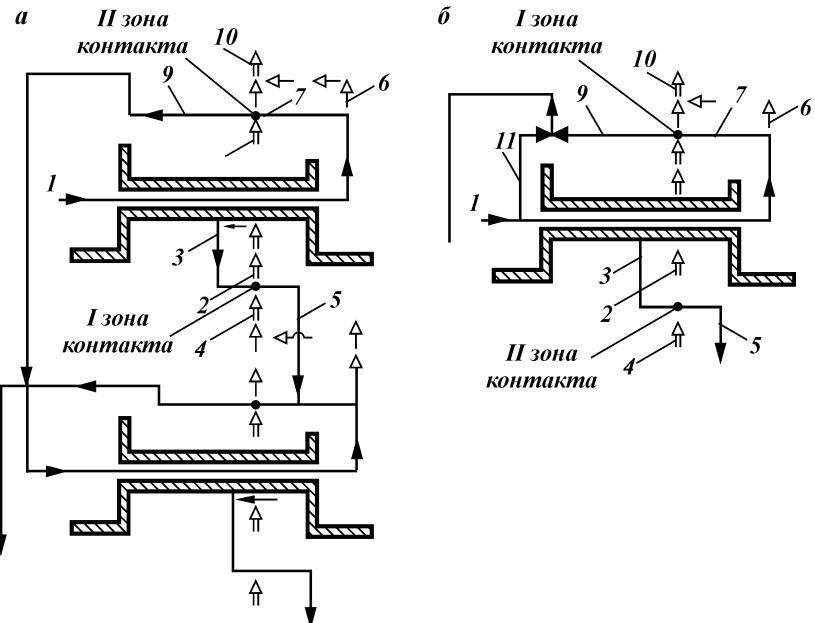
### **Краткое описание**

Предложенный способ относится к разделению многокомпонентных смесей путем противоточного массообмена между газом (паром) и жидкостью на трубчатых тарелках и может быть использован в процессах регенерации абсорбента, стабилизации газового конденсата, абсорбции углеводородов из газа.

На рис. 9.10,  $\ddagger$ , • показаны схемы реализации способа массообмена газа и жидкости.

Исходную охлажденную жидкую смесь (жидкостный поток) подают по линии 1 в трубы тарелки, охлаждая их стенки, на которых конденсируют из газового потока 2 низкокипящую его часть (поток 3). Далее поток 3 в виде газового конденсата подают навстречу поднимающемуся газовому потоку 4, осуществляя массообмен в первой зоне контакта, образуя жидкостный поток 5 и газовый поток 2. Нагретую газовым потоком 2 жидкую смесь по линии 1 выводят из трубок теплообменника, разделяют на газовый поток 6 и жидкостный поток 7. Жидкостный поток 7 подают на контакт с газовым потоком 8 (несконденсировавшейся частью газового потока 2), т.е. образуют вторую зону контакта. После контакта жидкостные потоки 9 и 5 направляют на нижележащую трубчатую тарелку, а образовавшийся газовый поток 10 – на вышележащую тарелку, где процесс может повторяться.

На рис. 9.10, • показана схема процесса, когда часть жид-



**Рис. 9.10. Схемы реализации способа массообмена газа и жидкости:**  
1–11 – технологические линии процесса массообмена

костного потока по линии 1 направляют в трубы тарелки, а другую часть – поток 11 – направляют непосредственно на тарелку для контакта с газовым потоком 8. Эта схема позволяет регулировать количество подаваемого холодного орошения в трубы тарелки, а следовательно, и количество потока 3 (создаваемой флегмы) под тарелкой.

### Эффективность

Предложенный способ массообмена газа и жидкости на трубчатых тарелках с двумя зонами контакта позволяет повысить эффективность массопередачи многокомпонентных смесей за счет образования флегмы в первой зоне, отличающейся по составу от орошаемой жидкости во второй зоне контакта.

Техническое решение используется в проектах ЦКБН.

### Разработчик

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

## **Литература**

Авторское свидетельство № 1152599, БИ № 16, 1985 (Авторы: Г.К. Зиберт, В.Г. Гореченков, Ю.А. Арнаутов).

### **9.1.11. МНОГОПОТОЧНАЯ КОНТАКТНАЯ ТАРЕЛКА**

#### **Краткое описание**

Многопоточная контактная тарелка относится к контактным устройствам для осуществления процессов ректификации, абсорбции, дистилляции в аппаратах для разделения газовых и жидкостных смесей (например, углеводородных), для очистки газа от сероводорода жидкими абсорбентами, а также при разделении углеводородного конденсата.

Многопоточная контактная тарелка обеспечивает эффективную работу колонного аппарата в условиях больших жидкостных нагрузок.

Многопоточная контактная тарелка (рис. 9.11) содержит основание 1, снабженное контактными элементами 2 и переливными коробами 3, выступающими над основанием 1.

В переливном коробе 3 на торцевых стенках 4 выше основания 1 выполнены отверстия 5, в которых размещены открытые торцы 6 коллектора 7, расположенного по оси сливного короба, снабженного в нижней части продольной щелью 8 для выхода жидкости в переливной короб 3. Коллектор 7 снабжен трубками 9, выведенными в боковые стенки 10 короба 3. В боковых стенках 10 ниже коллектора 7 расположена газоотводящая трубка 11, верхний конец которой выведен выше переливного короба 3. Трубка 11 установлена наклонно к боковым стенкам 10 короба 3, чтобы верхние концы трубы были удалены от перелива и не препятствовали перетоку жидкости.

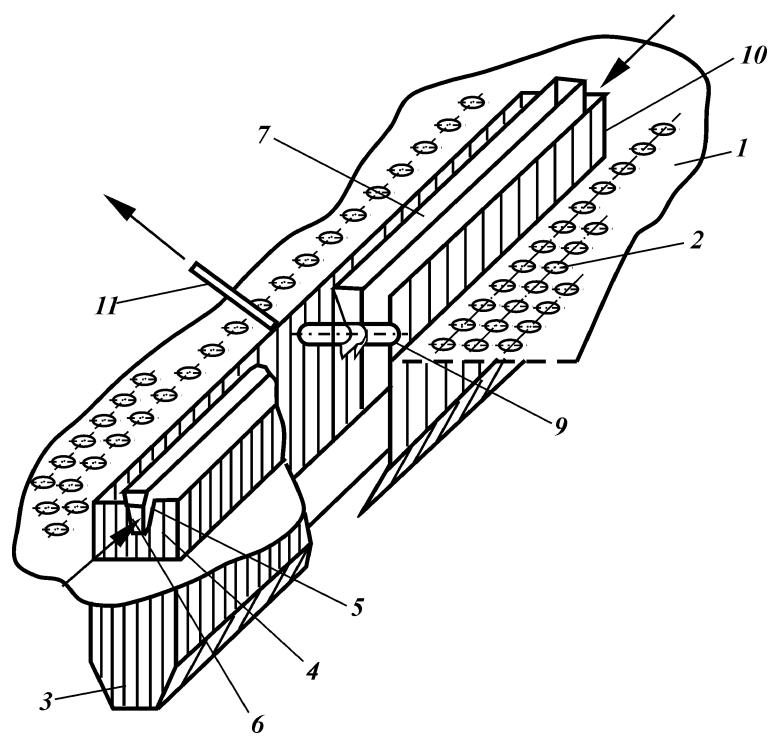
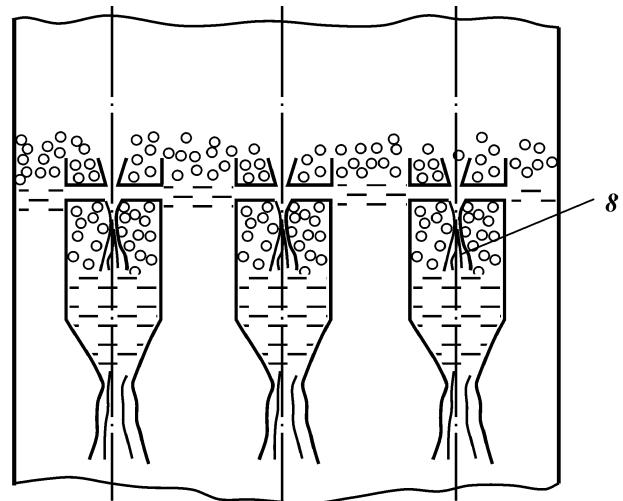
Предложенная тарелка работает следующим образом.

Газ, поднимающийся снизу основания 1 тарелки, проходит через контактные элементы (каналы) 2 и взаимодействует с жидкостью, расположенной на основании 1, после чего отводится с тарелки. При взаимодействии газа с жидкостью (барботаже) на основании 1 образуется слой газожидкостной смеси, при этом в нижней части располагается слой осветлен-

---

**Рис. 9.11. Многопоточная контактная тарелка:**

1 – основание; 2 – контактные элементы; 3 – переливной короб; 4 – торцевые стенки; 5 – отверстия; 6 – открытые торцы; 7 – коллектор; 8 – продольная щель; 9 – трубка; 10 – боковая стенка; 11 – газоотводная трубка



ной жидкости, высота которого зависит от высоты выступающей над основанием 1 части короба 3, а в верхней части – насыщенная газом жидкость (пена), т.е. жидкость с меньшей плотностью. Далее насыщенная газом жидкость переливается через боковые стенки 10, а более светлая жидкость поступает через отверстие 5, расположеноное вне зоны барботажа, а также через трубки 9 в коллектор 7, откуда через продольные щели 8 вертикальной плотной пленкой стекает в переливной короб 3. Поток осветленной жидкости, вытекающей из продольной щели 8, разделяет два встречных потока насыщенной газом жидкости, перетекающие через боковые стенки 10, и одновременно разрушает пенный слой в переливных коробах. Выделившийся при этом газ отводится через трубку 11, а жидкость из переливных коробов 3 поступает на нижележащую тарелку.

### **Эффективность и область применения**

Использование предложенной многопоточной контактной тарелки позволяет увеличить производительность колонных аппаратов в 1,4–1,6 раза, а также увеличить эффективность тарелки за счет лучшей дегазации жидкости в переливных коробах и подачи на нижележащую ступень осветленной жидкости.

Колонные аппараты с многопоточными ситчатыми тарелками (80 колонн) внедрены и успешно эксплуатируются на многочисленных отечественных заводах: Оренбургском ГПЗ, Мубарекском ГПЗ, Ухтинском ГПЗ, Краснодарском ГПЗ, Нижневартовском ГПЗ, Сургутском заводе по переработке конденсата.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Авторское свидетельство № 904725, БИ № 6, 1982 (Авторы: Г.К. Зиберт, И.К. Глушко, Д.Ц. Бахшиян, В.Г. Горченков, И.А. Александров).

Холпанов Л.П., Запорожец Е.П., Зиберт Г.К., Кащицкий Ю.А. Математическое моделирование нелинейных термо-гидрогазодинамических процессов. – М.: Наука, 1998. – 320 с.

#### **9.1.12. ПОЛУГЛУХАЯ ТАРЕЛКА**

##### **Краткое описание**

Предложенная полуглухая тарелка относится к тарелкам колонных аппаратов и напорных сосудов для жидкостно-непроницаемого разделения разных пространств.

На рис. 9.12 показана полуглухая тарелка в разрезе.

Полуглухая тарелка состоит из основания 1 чашеобразной формы, которое снабжено опорным элементом 2. Опорный элемент опирается на кронштейн 3, закрепленный на корпусе аппарата 4. Над основанием 1 с зазором установлено коническое кольцо 5, жестко связанное с корпусом 4. Основание полуглухой тарелки снабжено патрубком 6 слива жидкости. Для подачи жидкости в полуглухую тарелку над ней может быть установлено переливное устройство 7. Для регулировки уровня жидкости на полуглухой тарелке в корпусе аппарата 4 предусматривается штуцер 10, который соединен по жидкости с основанием полуглухой тарелки 1.

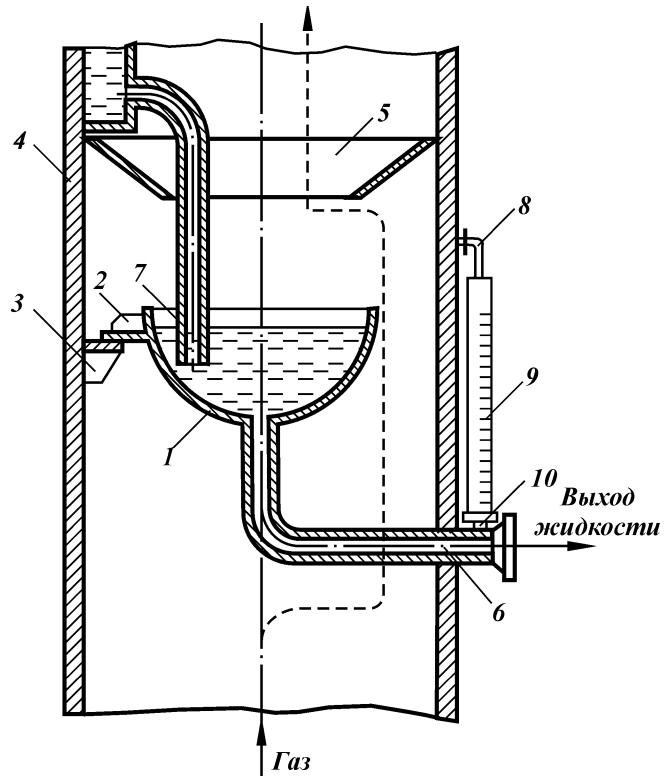
Устройство работает следующим образом.

Жидкость поступает в основание 1 чашеобразной формы, набирается до определенного уровня (задается регулятором 9 уровня), после чего выводится из аппарата.

Газ поступает с нижней части аппарата, обтекает основание 1 чашеобразной формы, поднимается между стенкой корпуса 4 и основанием 1 вверх по кольцевому зазору между коническим кольцом 5 и основанием 1.

В случае провала жидкости по сечению аппарата жидкость стекает по стенкам конического кольца 5 в основание 1, т.е. исключается попадание жидкости в газовое пространство ниже основания 1. При этом герметичность крепления конического кольца к корпусу играет второстепенную роль, так как шов проверки конического кольца не затоплен и жидкость по направляющей поверхности конуса свободно стекает на основание.

Чашеобразная форма полуглухой тарелки позволяет выполнить ее методом штамповки из целого листа, а в случае сварного варианта проверить ее герметичность вводом жидкости вне аппарата в вертикальном рабочем положении. Это исключает дополнительные операции по контролю герметичности полуглухих тарелок на колоннах после их монтажа в вертикальном положении и необходимость ремонта (повторной проварки швов), что наблюдается, например, в серийных колонных аппаратах высокого давления по осушке газа.



**Рис. 9.12. Полуглухая тарелка:**  
1 – основание; 2 – опорный элемент; 3 – кронштейн; 4 – корпус аппарата;  
5 – коническое кольцо; 6 – патрубок слива жидкости; 7 – переливное устройство;  
8, 10 – штуцер; 9 – регулятор уровня

### Эффективность

Предложенное техническое решение – установка конического кольца с зазором к основанию – исключает жесткое соединение корпуса с основанием полуглухой тарелки, а следовательно, и силовые напряжения между ними, позволяет выполнить их из металлов с различными линейными расширениями и биметаллов. Это упрощает конструкцию и монтаж. Выполнение конуса диаметром равным или менее диаметра основания исключает проникновение жидкости ниже основания полуглухой тарелки, что дает возможность исключить потери, например, ДЭГ, повысить герметичность поверхности.

Предложенное техническое решение повышает надежность технологического оборудования за счет исключения потерь жидкости, например дорогостоящих абсорбентов, которые возможны из-за разгерметизации полуглухой тарелки с корпусом в местах сварки, например, из-за температурных перепадов в аппарате.

Упрощается конструкция за счет исключения приварки тарелки к корпусу, контроля полуглухой тарелки, так как она может быть проверена в рабочем (вертикальном) положении на герметичность вне аппарата наливом, и, самое главное, основание не связано жестко со стенками корпуса и может свободно расширяться независимо от расширения стенок корпуса.

Техническое решение использовано в промышленности.

#### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

#### **Литература**

Патент РФ № 1327899, БИ № 29, 1987 (Автор Г.К. Зиберт).

#### **9.1.13. КОНТАКТНЫЕ И СЕПАРАЦИОННЫЕ ПРЯМОТОЧНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ**

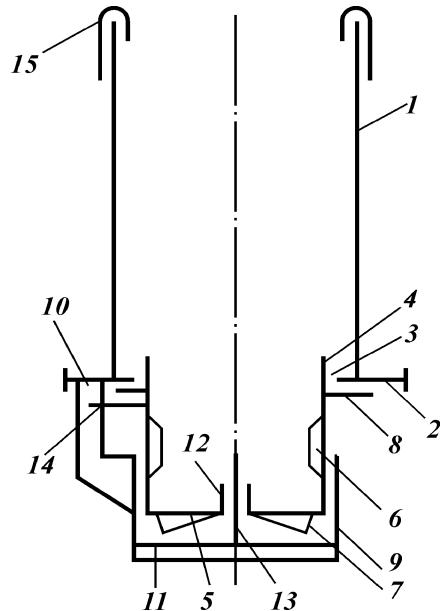
##### **КОНТАКТНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

#### **Краткое описание**

Предложенное контактное устройство относится к области тепломассообменных устройств, применяемых в колонных аппаратах для процессов абсорбции, десорбции, ректификации.

На рис. 9.13 показан продольный разрез устройства.

Устройство содержит цилиндрический патрубок 1, расположенный на основании 2 с отверстием 3 для прохода газа, расположенным соосно с цилиндрическим патрубком. В отверстии 3 под основанием 2 размещен цилиндрический клапан 4 с горизонтальной перегородкой-донышком 5 и направляющими центробежными каналами 6 и 7. Для ограничения подъема



**Рис. 9.13. Контактное устройство для тепломассообменных аппаратов:**  
 1 – цилиндрический патрубок; 2 – основание; 3 – отверстие для прохода газа; 4 – клапан; 5 – донышко; 6, 7 – каналы; 8 – кольцо; 9 – обечайка; 10 – дистанционная направляющая; 11, 14 – фиксатор; 12 – ползун; 13 – направляющая; 15 – каплесъемник

клапан снабжен кольцом 8. Кольцо 8 является также уплотнительным, так как при поднятом клапане препятствует проскоку газа в зазор между колпачковым клапаном 4 и основанием 2. Клапан 4 размещен соосно в цилиндрической обечайке 9, перекрывающей в опущенном состоянии его центробежные каналы. Обечайка 9 крепится к основанию 2 дистанционными направляющими 10. В нижнем положении клапан 4 ограничивается фиксаторами 11. Для предотвращения перекоса клапана он снабжен ползуном 12 и направляющей 13. Для предотвращения вращения клапан 4 может быть снабжен фиксатором 14. В верхней части патрубка устанавливается каплесъемник 15.

Устройство работает следующим образом.

При малых нагрузках по газу клапан 4 опущен и устройство работает как провальная тарелка: газ проходит через зазор между клапаном 4 и основанием и через направляющие центробежные каналы 6 и 7, при этом происходит массообмен между жидкостью и газом. При дальнейшем увеличении нагрузок по газу напор газа запирает жидкость в зазоре между клапаном и патрубком, и она переливается через края клапана на его донышко; газ, проходящий через направляющие центробежные каналы в цилиндре клапана, интенсивно контактирует с жидкостью, а в дальнейшем в закрученном виде поступает в

патрубок 1, где сепарируется от жидкости, которая затем стекает на основание через зазор между клапаном и каплесъемником 15. Оставшаяся жидкость стекает через клапан 4. При дальнейшем увеличении потока газ поднимает клапан 4, проходя через центробежные каналы в клапане, и инжектирует в зазоре между патрубком и клапаном 4 жидкость, закручивая ее в патрубке. При этом происходит интенсивный контакт между газом и жидкостью и их разделение за счет центробежных сил с последующим отделением жидкости с помощью каплесъемника.

### **Эффективность**

Предложенная конструкция контактного устройства позволяет за счет перераспределения газового потока, т.е. направления его через поперечное сечение клапана, снизить гидравлическое сопротивление контактной ступени примерно на 30 %, а следовательно, снизить высоту разделительных колонных аппаратов и энергетические затраты на разделение.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

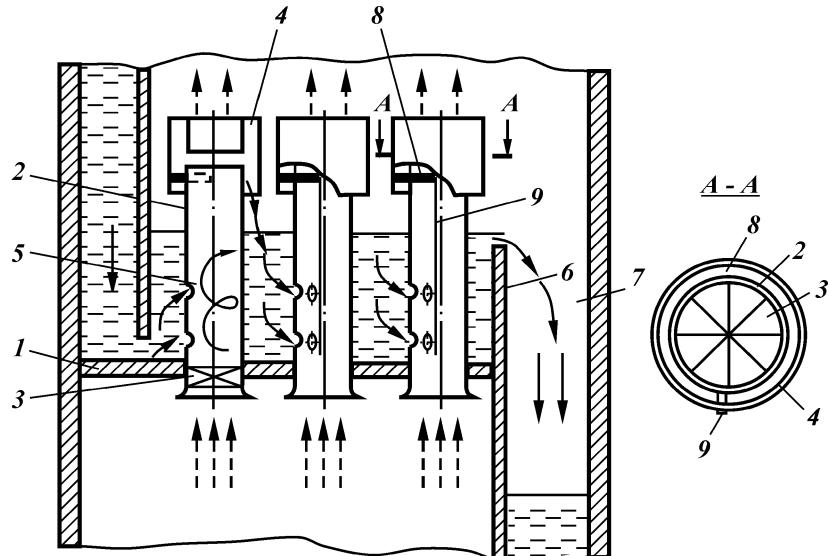
Авторское свидетельство № 773999 (Автор Г.К. Зиберт).

## **МАССООБМЕННАЯ ТАРЕЛКА**

### **Краткое описание**

Предложенная массообменная тарелка (рис. 9.14) относится к конструктивным элементам оборудования газовой, химической, нефтеперерабатывающей и других отраслей промышленности, в которых требуется осуществлять взаимодействие газа (пара) с жидкостью. Предпочтительная область применения – абсорбционные колонны осушки и отбензинивания природного газа.

Сущность предложенной конструкции заключается в том, что отверстия для подвода жидкости выполнены на стороне патрубков, обращенной от переливного устройства, а каждый



**Рис. 9.14. Массообменная тарелка:**

1 – полотно; 2 – вертикальные патрубки; 3 – центробежные завихрители; 4 – колпачковые сепараторы; 5 – отверстия для подачи жидкости; 6 – сливной перегородкой; 7 – сливное устройство; 8 – кольцевые секторы; 9 – ребра

патрубок снабжен кольцевым сектором, расположенным в нижней части колпачкового сепаратора в зоне над отверстиями для подвода жидкости.

Устройство содержит полотно 1, в котором укреплены трубчатые элементы в виде вертикальных патрубков 2 с центробежными завихрителями 3. Над патрубком 2 установлены колпачковые сепараторы 4. Вертикальные патрубки 2 снабжены отверстиями 5 для подачи жидкости. Полотно 1 снабжено сливной перегородкой 6, образующей сливное устройство 7. В зазорах между патрубками 2 и колпачковыми сепараторами 4 со стороны, противоположной сливному устройству 7, установлены кольцевые секторы 8, которые предотвращают сток жидкости в месте ее входа в вертикальный патрубок 2 и служат одновременно опорой колпачковых сепараторов 4. Для предотвращения вращения жидкости вдоль наружной стенки вертикального патрубка 2 установлены ребра 9.

Устройство работает следующим образом.

Жидкость, поступающая на тарелку, попадает на полотно 1, откуда поступает через отверстия 5 в первый ряд вертикальных патрубков 2. Движущийся через патрубок с высокой скоп-

ростью снизу вверх газ захватывает жидкость и в закрученном потоке после центробежных завихрителей 3 интенсивно контактирует с ней. Жидкость под действием центробежных сил отделяется от газа, поступает в зазор между колпачковым сепаратором 4 и вертикальным патрубком 3, после чего с противоположной стороны от входа стекает вдоль патрубка вниз на тарелку. Далее жидкость поступает в следующий ряд вертикальных патрубков и т.д. до сливного устройства 7. Отсепарированный от жидкости газ через центральное отверстие колпачкового сепаратора 4 поступает на вышележащую тарелку.

### **Эффективность**

Использование предложенной теплообменной тарелки позволяет повысить эффективность массопередачи и увеличить расход по жидкости.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

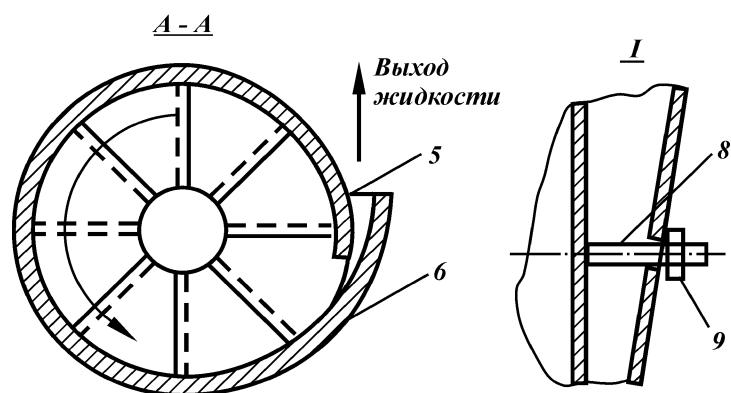
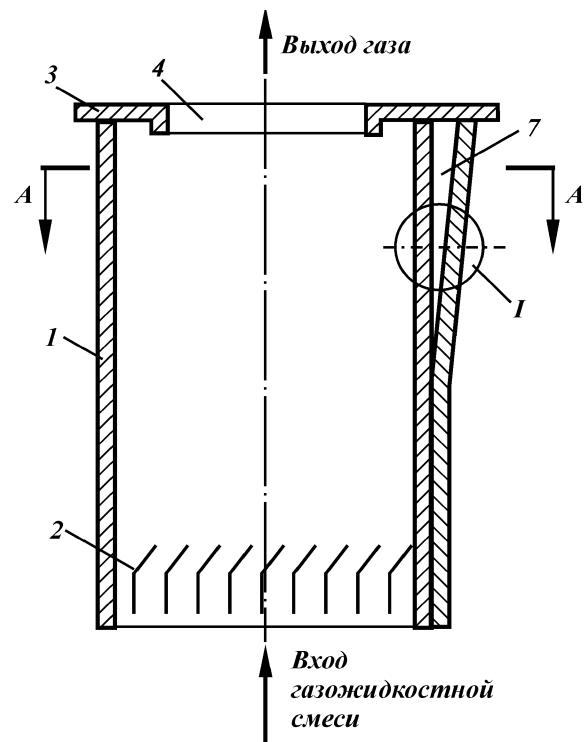
Авторское свидетельство № 807516 (Авторы: Г.К. Зиберт, Ю.Д. Владимиров).

## **КОНТАКТНОЕ УСТРОЙСТВО**

### **Краткое описание**

Предложенное контактное устройство (рис. 9.15) относится к тепломассообменным устройствам, применяемым в колонных аппаратах газовой и нефтехимической промышленности, в частности к устройствам для контактирования газа и жидкости в процессах абсорбции, десорбции и ректификации и может быть использовано в абсорберах осушки и отбензинивания природного и нефтяного газа.

Устройство состоит из прямоточного патрубка 1, на входе которого размещен завихритель 2, а на выходе непосредственно на патрубке 1 размещен каплесъемник (пленкосъемник) 3 с центральным отверстием 4. Патрубок 1 выполнен со щелью, при этом внутренняя кромка 5 и внешняя кромка 6 расположены



**Рис. 9.15. Контактное устройство:**  
1 – прямоточный патрубок; 2 – завихритель; 3 – каплесъемник; 4 – центральное отверстие; 5 – внутренняя кромка; 6 – внешняя кромка; 7 – канал; 8 – шпилька; 9 – гайка

ны под острым углом и образуют с каплесъемником 3 расширяющийся сверху канал 7, снабженный регулировочным приспособлением, состоящим, например, из шпильки 8 и гайки 9.

Устройство работает следующим образом.

Газожидкостная смесь поступает в прямоточный патрубок 1 и закручивается на завихрителе 2. При этом происходит тепломассообмен между газом и жидкостью. Так как жидкость по плотности значительно отличается от газа, она сбрасывается силами инерции на внутреннюю стенку патрубка 1 и движется по нему по восходящей спирально-винтовой линии. Попадая в улиткообразный канал 7, она отводится за счет сил инерции по касательной к прямоточному патрубку в направлении слинового устройства путем ориентации канала. При малых нагрузках по жидкости проконтактировавшая жидкость заполняет его полностью. При значительно больших нагрузках по жидкости (абсорбера отбензинивания) улиткообразный канал может быть расширен резьбовым соединением (шпилькой 8 и гайкой 9). Проконтактировавший газ, отсепарированный от жидкости, проходит через центральное отверстие 4 каплесъемника 3.

### **Эффективность**

Использование данного предложения позволяет применять одно и то же конструктивное исполнение контактного устройства для малых и больших нагрузок по жидкости, например в колоннах осушки газа (малые расходы жидкости) и колоннах отбензинивания (большие расходы жидкости).

Кроме того, контактное устройство позволяет за счет более эффективной сепарации жидкости при различных нагрузках и исключения повторного перемешивания жидкости повысить эффективность массопередачи. За счет увеличения скорости движения жидкости на контактной ступени периметры сливов, а следовательно, и диаметр аппарата могут быть уменьшены.

Конструкция патрубка с перекрывающимися образующими поверхностями позволяет выполнять прямоточный патрубок вальцовкой из листа и отказаться от применения более металлоемких патрубков из трубных заготовок.

Техническое решение использовано в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

## **Литература**

Авторское свидетельство № 856480, БИ № 31, 1981 (Автор Г.К. Зиберт).

### **МАССООБМЕННАЯ ТАРЕЛКА**

#### **Краткое описание**

Предложенная массообменная тарелка (рис. 9.16) относится к контактным устройствам для проведения тепломассообмена на установках осушки газа, переработки попутного нефтяного газа, аппаратах сероочистки.

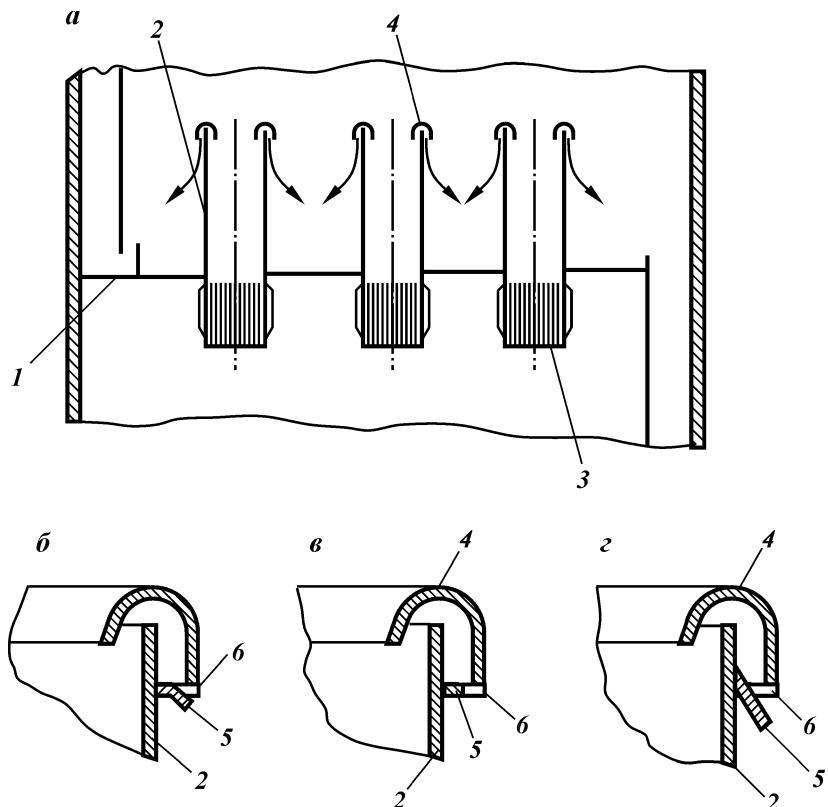
Массообменная тарелка состоит из полотна 1 с установленными на нем контактными элементами, включающими патрубок 2, завихритель 3, пленкосъемник 4 и отбойную перегородку 5 с выступами 6.

Массообменная тарелка работает следующим образом.

Газожидкостный поток образуется в патрубке 2 или поступает с нижележащей распыливающей ступени через завихритель 3 в патрубок 2, где приобретает вращательно-поступательное движение. Благодаря этому тяжелая фаза – жидкость в виде пленки поднимается в верхнюю часть патрубка 2, где снимается пленкосъемником 4 и вместе с частью газового потока попадает в пространство между пленкосъемником 4 и наружной поверхностью патрубка 2. Образовавшийся газожидкостный поток, благодаря отбойной перегородке, выходит из-под пленкосъемника не вертикально вниз, а под углом к полотну массообменной тарелки, вследствие чего жидкость отбрасывается от контактного элемента. При этом, сохранив свой вращательный момент, газожидкостный поток одного контактного элемента сталкивается с газожидкостным потоком соседнего контактного элемента, и в зоне между, по крайней мере, двумя контактными элементами происходит их взаимное гашение. При этом энергии соседних газожидкостных потоков становится недостаточно для срыва жидкости с полотна тарелки. Этим ликвидируется вторичный унос жидкости со ступени контакта.

#### **Эффективность**

Предложенное техническое решение позволяет уменьшить количество контактных элементов, а тем самым диаметр аппарата, что, в свою очередь, позволяет снизить металлоемкость



**Рис. 9.16. Массообменная тарелка:**  
 ♫ – тарелка; • – кольцевая перегородка с отогнутым концом; , – вариант перегородки, расположенной под углом 90° к патрубку; „ – вариант перегородки, установленной под острым углом к патрубку.  
 1 – полотно; 2 – патрубок; 3 – завихритель; 4 – пленкосъемник; 5 – перегородка; 6 – выступы

оборудования. Кроме того, повышается эффективность и производительность за счет снижения вторичного уноса жидкости газовым потоком при динамическом гашении скорости газовых потоков. Техническое решение используется в промышленности.

#### Разработчик

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

## **Литература**

Патент РФ № 891103, БИ № 47, 1981 (Авторы: Г.К. Зиберт, О.С. Петрашкевич, В.И. Гибкин).

### **МАССООБМЕННАЯ ТАРЕЛКА**

#### **Краткое описание**

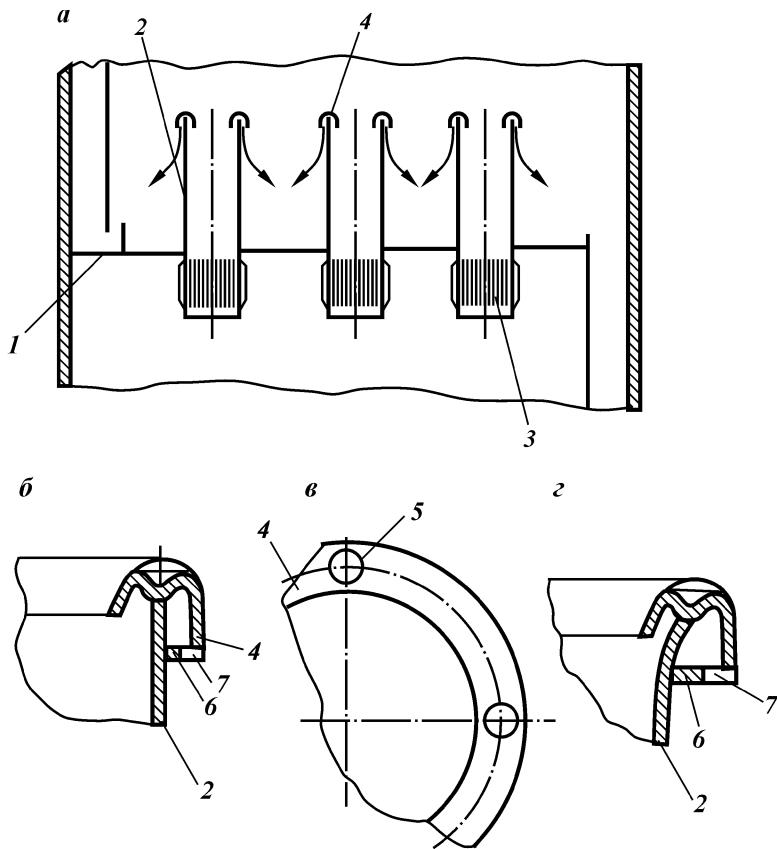
Предложенная массообменная тарелка (рис. 9.17) относится к контактным устройствам для проведения массообмена в процессах абсорбции, десорбции, ректификации на установках осушки газа, переработки попутного нефтяного газа, аппаратах сероочистки.

Массообменная тарелка работает следующим образом.

Газожидкостный поток образуется в патрубке 2 или поступает с нижележащей распыливающей ступени через завихритель 3 в патрубок 2, где приобретает вращательно-поступательное движение. Благодаря этому тяжелая фаза – жидкость в виде пленки поднимается в верхнюю часть патрубка 2, где принимается каплесъемником 4 и вместе с частью газового потока попадает через гарантированный зазор, образованный сфероидальными выступами 5, в пространство между пленкосъемником 4 и наружной поверхностью патрубка 2. Образовавшийся газожидкостный поток, благодаря отбойной перегородке, выходит из-под пленкосъемника не вертикально вниз, а под некоторым углом к полотну массообменной тарелки, вследствие чего жидкость отбрасывается от контактного элемента. Таким образом, предотвращается ее рециркуляция в одном контактном элементе. При этом, сохраняя вращательно-поступательное движение, газожидкостный поток одного контактного элемента сталкивается с газожидкостным потоком соседнего контактного элемента, и в зоне между, по крайней мере, двумя соседними контактными элементами происходит их взаимное гашение. При этом энергия соседних газожидкостных потоков становится недостаточна для срыва жидкости с полотна тарелки. Тем самым ликвидируется унос жидкости со ступени контакта.

#### **Эффективность**

Предложенное техническое решение позволяет повысить эффективность контактных элементов за счет увеличения сечения для прохода фаз при жесткой фиксации колпачкового пленкосъемника с патрубком и отказаться от необходимости выполнения специальных приспособлений для сборки.



**Рис. 9.17. Массообменная тарелка:**  
 † – общий вид; • – колпачковый пленкоъемник со сфероидальными выступами, патрубком и кольцевой перегородкой; , – то же, вид в плане; „ – то же, с отбортовкой.  
 1 – полотно; 2 – патрубок; 3 – завихритель; 4 – съемник; 5 – сфероидальные выступы; 6 – отбойная перегородка; 7 – выступ

#### Разработчик

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

#### Литература

Авторское свидетельство № 1066624, БИ № 2, 1984 (Авторы: Г.К. Зиберт, О.С. Петрашкевич, А.Ю. Кащицкий).

## КОНТАКТНО-СЕПАРАЦИОННАЯ ТАРЕЛКА

### Краткое описание

Предложенная контактно-сепарационная тарелка (рис. 9.18) относится к контактным устройствам для проведения массообмена и сепарации в процессах абсорбции, десорбции, ректификации, в частности, на установках осушки газа, аппаратах сероочистки.

Тарелка состоит из полотна 1 с установленными на нем прямоточно-центробежными элементами, включающими патрубок 2, тангенциальный завихритель 3 с донышком 4. Патрубок 2 и завихритель 3 соединены вертикальной стенкой 5 отбортированного кольца, которое опирается горизонтальной стенкой 6 на прокладку 7 и на полотно 1. Прямоточно-центробежные элементы прижаты к полотну 1 скобами 8, причем скобы 8 соединены тягами 9 с донышком 4 тангенциального завихрителя 3. Вертикальная стенка 5 совмещает внутренние стенки патрубка 2 и тангенциального завихрителя 3, может быть охвачена цилиндрическим патрубком 2, образуя с ним кольцевой конический канал 10 (инжектор), соединенный каналами 11 с межпатрубками на полотне тарелки, и заглушается заглушкой 12, соединенной тягой 13 со скобой 8. Нижняя часть тангенциального завихрителя 3 разделена на равные участки 14, повернутые относительно внутренней образующей цилиндра наружу на одинаковый угол. Величина разворота равна примерно  $1/3$  длины участка 14.

В верхней части патрубок 2 для улучшения сепарации может быть снабжен колпачковым пленкоъемником 15.

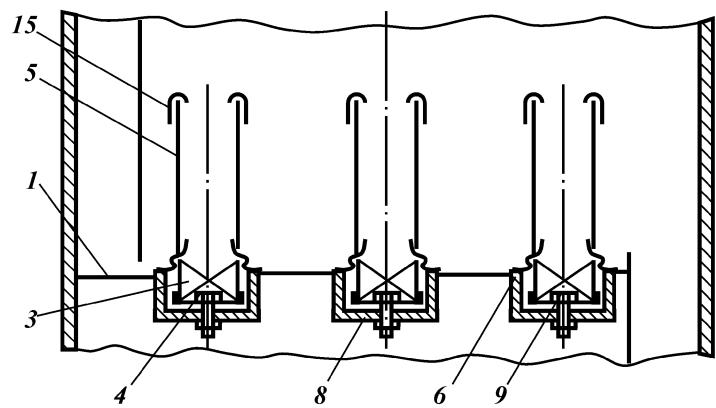
Контактно-сепарационная тарелка работает следующим образом.

Газовый поток поступает в прямоточно-центробежные элементы через тангенциальные щели завихрителя 3 и приобретает вращательно-поступательное движение. Затем закрученный поток проходит сужение, образованное вертикальной стенкой 5 отбортированного кольца. При этом скорость потока

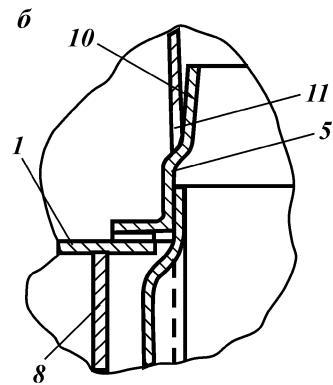
Рис. 9.18. Контактно-сепарационная тарелка:

— массообменная тарелка, общий вид; • — узел соединения полотна тарелки с патрубком и тангенциальным завихрителем; , — то же, вертикальная часть снаружи патрубка; „ — узел соединения завихрителя; % — узел отглущения прямоточно-центробежного элемента.  
1 — полотно; 2 — патрубок; 3 — завихритель; 4 — донышко; 5 — вертикальная стенка отбортированного кольца; 6 — горизонтальная стенка; 7 — прокладка; 8 — скобы; 9, 13 — тяги; 10 — инжектор; 11 — канал; 12 — заглушка; 14 — равные участки нижней части завихрителя

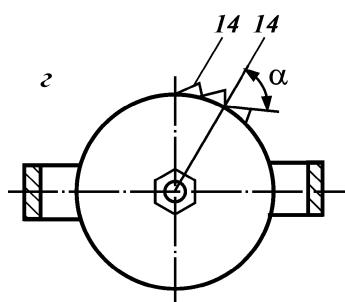
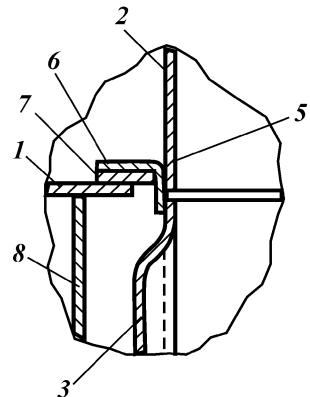
*a*



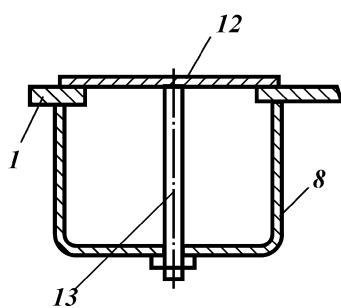
*b*



*c*



*d*



постепенно увеличивается, создавая разрежение на выходе кольцевого конического канала 10. Благодаря этому, жидкость из полотна тарелки подсасывается через каналы 11 в патрубок 2, где смешивается с газовым потоком, образуя газожидкостный поток. Последний может поступать также с нижележащей распыливающей ступени через завихритель 3 в патрубок 2, в котором жидкость, как более тяжелая фаза, отбрасывается на стенки патрубка и по винтовой линии поднимается вместе с газом, при этом происходит интенсивный массообмен между жидкостью и газом. Далее жидкость отводится через кольцевой зазор между патрубком и колпачковым пленкосъемником 15, а отсепарированный газ – через центральное отверстие пленкосъемника.

При подаче газожидкостного потока с нижележащей распыливающей ступени в кольцевой канал 10 поступает часть отсепарированного газожидкостного потока.

### **Эффективность**

Предложенное техническое решение позволяет снизить капитальные затраты на изготовление массообменного и сепарационного оборудования за счет снижения материоемкости прямоточно-центробежных патрубков, снижения затрат на их крепление к полотну тарелки, исключения промежуточных распыливающих ступеней контакта на изготавливаемых абсорберах осушки газа, и повысить производительность за счет использования отбортованных колец, образующих с патрубками кольцевые каналы, и рециркуляции газожидкостного потока.

Техническое решение широко используется в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Патент РФ № 1072865, БИ № 6, 1982 (Автор Г.К. Зиберт).

## СПОСОБ КОНТАКТА ГАЗА И ЖИДКОСТИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

### Краткое описание

Предложенные устройство и способ (рис. 9.19) могут быть использованы в процессах и аппаратах ректификации и абсорбции, например, при подготовке природного газа к транспорту.

Способ контакта газа и жидкости осуществляют следующим образом.

Газовый поток  $G_0$  закручивают и подают в него жидкость  $L_0$ , где происходит первая стадия контактирования (зона  $\hat{A}$ ) между газом и жидкостью. После этого жидкостный поток формируют закрученным газовым потоком по его оси в виде пленки на поверхности тела вращения. При этом осуществляют вторую стадию контактирования (зона  $C$ ) между жидкостной пленкой  $L_1$  и турбулизирующим ее газовым потоком.

Далее пленку жидкости  $L_1$  диспергируют закрученным газовым потоком  $G_0$  на мелкодисперсную узкую фракцию капель жидкости (зона  $\ddot{e}$ ) с получением значительной межфазной поверхности. При этом осуществляют контакт между газом и жидкостью в образовавшемся газожидкостном потоке  $G_1 + L_2$  и подают его на разделение. После разделения часть газового потока  $G_1$  направляют на соединение с газовым потоком  $G_2$  с получением конечного газового потока  $G_k$ , а жидкостный поток  $L_k$  подают на нижележащую ступень контакта.

Качественное диспергирование жидкостной пленки закрученным газовым потоком с образованием мелкодисперсной узкой фракции капель жидкости и строго определенным направлением подачи образовавшейся газожидкостной смеси на разделение приводит к тому, что унос жидкости на вышележащую ступень контакта с газом  $G_1$  крайне незначителен, поэтому жидкостные потоки  $L_0$  и  $L_k$  можно количественно приравнять:

$$L_0 = L_k.$$

Экспериментально установлено, что максимальная межфазная поверхность массообмена достигается при образовании мелкодисперсной узкой фракции капель жидкости с диаметром 100–400 мкм.

Устройство для осуществления предложенного способа работает следующим образом.

Газовый поток подают под основание 1 в завихритель 2, на котором его закручивают. В закрученный газовый поток через каналы 6 подают жидкость, после чего по оси поднимающегося закрученного газового потока формируют жидкость в виде

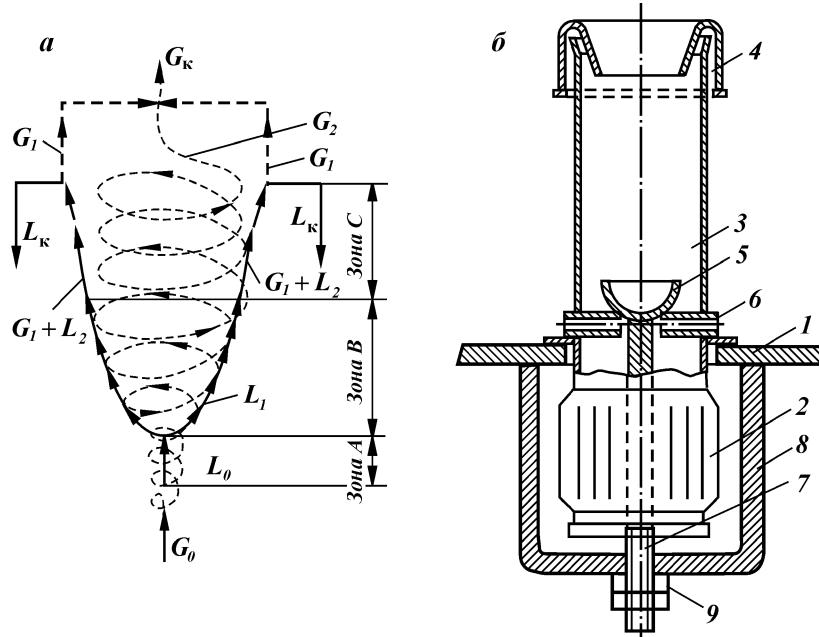


Рис. 9.19. Способ контакта газа и жидкости (а) и устройство для его осуществления (б):

$G_0, G_1, G_2, G_k$  – газовые потоки;  $L_0, L_1, L_2, L_k$  – жидкостные потоки;  $G_1 + L_1 + L_2$  – газожидкостный поток; 1 – основание; 2 – завихритель; 3 – стакан; 4 – пленкосъемник; 5 – обтекатель; 6 – каналы для подачи жидкости; 7 – шпилька; 8 – скоба; 9 – гайка

пленки на поверхности обтекателя 5, выполненного в виде параболоида вращения.

Затем жидкостную пленку диспергируют закрученным газовым потоком, срывая ее с наружной кромки обтекателя 5, на мельчайшие капли, причем размеры капель зависят от скорости газа и диаметра обтекателя. Образовавшийся газожидкостный поток во внутреннем объеме стакана 3 направляют в сторону пленкосъемника, где его разделяют на составляющие фазы. Другая часть закрученного газового потока, практически не содержащего жидкости, минуя канал между пленкосъемником 4 и стаканом 3, проходит на вышележащую ступень контакта.

### Эффективность

Использование предложенного способа и устройства для его осуществления обеспечивает высокую эффективность массопереноса.

редачи на ступени контакта и тем самым значительно повышает КПД контактной тарелки, что наряду со снижением уноса жидкой фазы позволяет существенно сократить межтарельчные расстояния и снизить высоту аппарата, создавая возможность уменьшения его металлоемкости. Техническое решение широко используется в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Патент РФ № 1149475 (Авторы: Г.К. Зиберт, В.И. Гибкин).

## **КОНТАКТНО-СЕПАРАЦИОННАЯ ТАРЕЛКА**

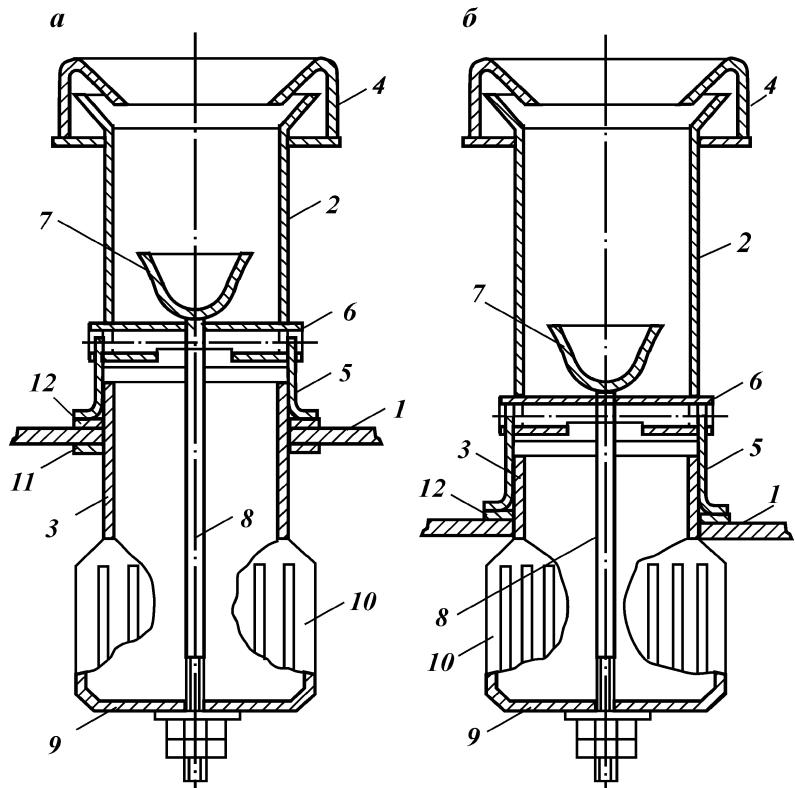
### **Краткое описание**

Предложенная контактно-сепарационная тарелка (рис. 9.20) может быть использована в процессах и аппаратах ректификации и абсорбции, например, при подготовке природного газа к транспорту.

Контактно-сепарационная тарелка содержит основание (полотно) 1 с установленным на нем прямоточно-центробежным элементом, выполненным с поперечным разъемом, который включает верхний 2 и нижний 3 патрубки. На верхнем патрубке 2 установлен пленкосъемник 4, нижняя часть верхнего патрубка снабжена наружным опорным кольцом 5, выполненным с внутренней отбортовкой, на которую опирается полая поперечная балка 6 с каналом для подачи жидкости. На балке 6 установлен параболический рассекатель 7 потока со стяжной шпилькой, связывающей верхний патрубок с днищем 9 тангенциального завихрителя 10, установленного в нижнем патрубке 3. Завихритель 10 снабжен упорами 11, размещенными в верхней части нижнего патрубка 3. Диаметр опорного кольца 5 должен быть не более диаметра завихрителя 10. Под кольцом 5 размещена мягкая прокладка 12.

Устройство работает следующим образом.

Газ поступает в тангенциальный завихритель 10, где приобретает вращательное движение, при этом жидкость сепарируется на внутренней стенке прямоточно-центробежного эле-



**Рис. 9.20. Контактно-сепарационная тарелка:**  
 ‡ – продольный разрез; · – элемент с завихрителем, в котором упор выполнен за одно целое с завихрителем.  
 1 – полотно; 2, 3 – верхний и нижний патрубки; 4 – пленкосъемник; 5 – опорное кольцо; 6 – поперечная балка; 7 – рассекатель; 8 – стяжная шпилька; 9 – днище завихрителя; 10 – тангенциальный завихритель; 11 – упор; 12 – мягкая прокладка

мента. Далее закрученный поток, поднимаясь вверх по верхнему патрубку 2, контактирует с жидкостью, поступающей с полотна 1 тарелки через канал полой поперечной балки 6, и срывает ее с наружной кромки параболического рассекателя 7, что интенсифицирует массообмен. Образовавшаяся на стенах верхнего патрубка 2 пленка жидкости снимается пленкосъемником 4 и отводится на полотно 1 тарелки, а газ выходит из элемента и направляется на следующую ступень контакта.

## **Эффективность**

Выполнение элемента из двух частей и с опорным кольцом диаметром не более диаметра завихрителя дает возможность установить на полотне тарелки значительно большее количество элементов, что позволяет увеличить производительность тарелки. Установка полой поперечной балки на отбортовке опорного кольца позволяет получить тарелку, в которой ввод жидкости внутри элемента с полой тарелки может выполняться на различной высоте от полотна тарелки. Это увеличивает диапазон работы тарелки, так как установка на наибольшем расстоянии от полотна тарелки до полой балки прямоточно-центробежного элемента даст возможность использовать ее как сепарационную, а на наименьшем расстоянии – как контактную тарелку. Предложенная конструкция исключает скобу крепления прямоточно-центробежного элемента, что значительно снижает металлоемкость тарелки и упрощает ее монтаж. Кроме того, предложенная конструкция прямоточно-центробежного элемента позволяет иметь тонкостенный корпус, так как нагрузка, прикладываемая для закрепления элемента на основании (полотне) тарелки, через полуую поперечную балку передается на отбортовку опорного кольца, что наряду с исключением скобы уменьшает металлоемкость тарелки.

## **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

## **Литература**

Авторское свидетельство № 1274172 (Автор Г.К. Зиберт).

## **СПОСОБ КОНТАКТА ГАЗА И ЖИДКОСТИ**

### **Краткое описание**

Предложенный способ контакта газа и жидкости может быть использован в процессах абсорбции, ректификации, например, при подготовке природного газа к транспорту при извлечении влаги и примесей.

Способ осуществления контакта газа и жидкости показан на рис. 9.21.

Газовый поток 1 закручивается в зоне  $\ddot{A}$ , в него подают

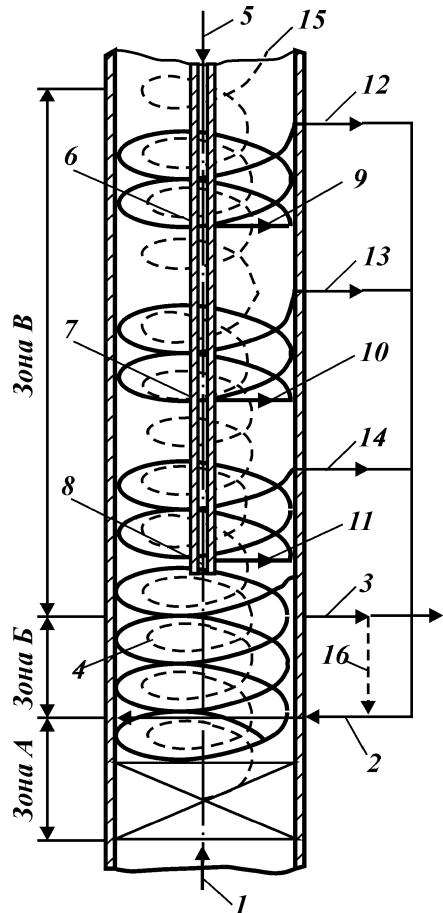


Рис. 9.21. Способ контакта газа и жидкости:  
1–16 – материальные потоки

жидкостный поток 2 (с вышележащих ступеней контакта), где происходит массообмен между газом и жидкостью на основной ступени контакта – зона А. При этом происходит распыление жидкости газовым потоком 1 и формирование ее в пленку жидкости, которую отбирают потоком 3 и подают на нижележащую ступень контакта или выводят в качестве жидкостного продукта. Отсепарированный от жидкости газовый поток 4 за счет сил инерции образует закрученный инерционный столб вихря – зона С, в который подают исходный (или с вышележащей тарелки) жидкостный поток 5 в различные точки 6, 7, 8 по высоте закрученного инерционного столба вихря. При раз-

делении потока 5 на потоки 9, 10, 11 отбирают проконтактировавшую жидкость после каждой зоны контакта в виде жидкостной пленки, образующей потоки 12, 13, 14, которые объединяют в жидкостный поток 2 с последующей подачей его в основной газовый поток 1.

Газовый поток 15, отделенный от жидкости, отбирают в виде готового продукта или подают на вышележащую контактную тарелку.

Наиболее эффективен вариант разделения исходного жидкостного потока 5 на потоки 9, 10, 11 таким образом, чтобы поток 9 был меньше потока 10, а поток 10 меньше потока 11, при этом всегда обеспечивается условие, что поток 11 меньше жидкостного потока 2. В данном способе обеспечивается постепенное снижение удельной нагрузки по жидкости к выходу газа, что снижает унос жидкости с газовым потоком на последней ступени контакта.

Потоки 3 и 2 соединяют и образуют рециркулирующий поток 16, т.е. часть отсепарированной жидкости из потока 3 после контакта в закрученном газовом потоке (зона  $\tilde{A}$ ) может смешиваться с объединенным жидкостным потоком 2, что обеспечит наиболее полную отработку жидкости на входе газового потока 1.

В зависимости от высоты инерционного столба вихря потоки 12, 13, 14 могут повторно подаваться в него ниже точек первичной подачи 6, 7, 8.

### **Эффективность**

Предложенный способ позволяет повысить эффективность массопередачи за счет увеличения объема обрабатываемого газа, увеличения количества зон контакта и снижения уноса жидкости с газом. Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Авторское свидетельство № 1327335 (Автор Г.К. Зиберт).

## СПОСОБ СЕПАРАЦИИ ЖИДКОСТИ ОТ ГАЗА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

### Краткое описание

Предложенный контактно-сепарационный элемент относится к центробежным элементам нового поколения с тонкой фильтрацией газового и жидкостного потоков, а также с фильтрацией байпасирующего газового потока.

Способ контакта газа и жидкости с последующей сепарацией фаз осуществляется следующим образом (рис. 9.22, †).

Газожидкостный поток  $G_{\text{гж}}$  закручивают. Жидкостный поток  $L_n$  формируют закрученным газовым потоком в виде пленки на внутренней поверхности тела вращения в поле центробежных сил. Предварительно разделенный газовый поток  $G_r$  подают на коническую поверхность на фильтрацию (на вторую ступень сепарации), отфильтрованную жидкость (поток 1) объединяют с жидкостным потоком пленки  $L_n$  и с байпасирующим потоком газа  $G_6$  для улучшения транспортировки жидкости. Часть этого объединенного потока подают на рециркуляцию ( $G_p$ ), часть потока фильтруют ( $G_\phi$ ) на общей замкнутой поверхности. Отфильтрованную жидкость отбирают потоком  $L$ , а газ для транспортировки – потоком  $G_{\text{тр}}$ , после чего его смешивают с основным газовым потоком  $G$ . Таким образом, основной газовый поток и поток  $G_{\text{тр}}$  проходят ступень тонкой очистки (фильтрацию). Ступени грубой и тонкой фильтрации одновременно проходит и предварительно разделенный жидкостный поток.

Устройство для осуществления предложенного способа работает следующим образом (рис. 9.22, .).

Газожидкостный поток подают под основание 1 на завихритель 3, в котором поток закручивают. Жидкость на внутренней стенке стакана формируют в виде пленки, после чего поток предварительно разделяют на два потока. Один – газовый основной с оставшейся в нем жидкостью фильтруют на пористом конусе 6; газ, прошедший две ступени сепарации, отводят. Отсепарированную жидкость со второй ступени сепарации и с первой центробежной сепарации совместно с оставшимся потоком газа транспортируют на цилиндрическую часть 7 пористой поверхности, на которой фильтруют жидкость и газ; отфильтрованный газ объединяют с основным потоком, прошедшим также две ступени сепарации, а отфильтрованную жидкость отводят. Часть газа и жидкости, не прошедшие фильтрации, подают на рециркуляцию.

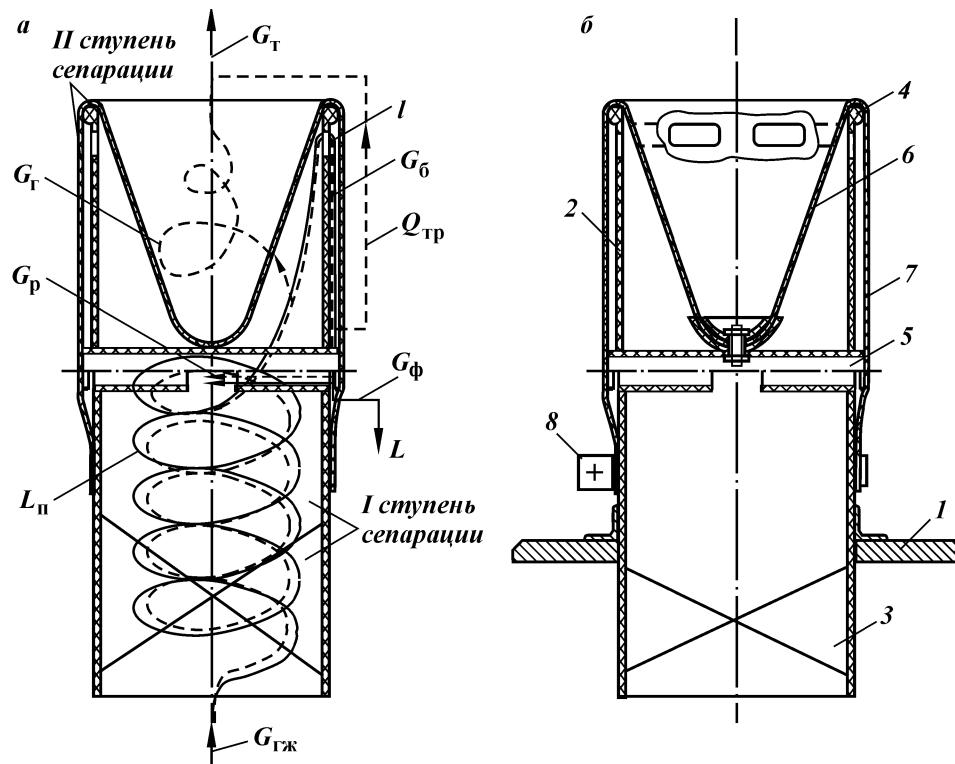


Рис. 9.22. Способ сепарации жидкости от газа (‡) и устройство для сепарации жидкости от газа (·):

$G_{\text{гж}}$  – газожидкостный поток;  $G_{\text{т}}$  – газовый поток;  $L_{\text{п}}$  – жидкостный поток;  $G_6$  – байпасирующий поток газа;  $G_{\phi}$  – поток на фильтрацию;  $G_p$  – рециркуляционный поток;  $G_{\text{тр}}$  – поток газа на транспортировку;  $G$  – основной поток газа;  $L$  – основной поток жидкости; 1 – основание; 2 – стакан; 3 – завихритель; 4 – пленкосъемник; 5 – трубка рециркуляции; 6 – конус из пористого материала; 7 – цилиндрическая часть пористой поверхности; 8 – хомут

## **Эффективность**

Использование данного способа и устройства для сепарации жидкости от газа обеспечивает высокую эффективность сепарации в объеме центробежного элемента, т.е. практически в габаритах устройства сепаратора первой ступени. Высокая эффективность достигается тем, что все потоки проходят вторую ступень сепарации, и применена общая фильтрующая замкнутая поверхность, обеспечивающая выравнивание давлений и скоростей основных и вспомогательных потоков. Одновременно происходит очистка от механических примесей как газа, так и жидкости при ее фильтрации, что дает возможность уменьшить габариты и количество единиц технологического оборудования. Уменьшению уноса жидкости с газом способствуют применение на второй ступени более эффективной сепарации – фильтрации и то, что транспортирующий поток до объединения с основным отсепарированным потоком газа также проходит ступень тонкой очистки (фильтрации).

Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

## **Литература**

Патент РФ № 1769722, БИ № 38, 1992 (Автор Г.К. Зиберт).

Холпанов Л.П., Запорожец Е.П., Зиберт Г.К., Кашицкий Ю.А. Математическое моделирование нелинейных термо-гидrogазодинамических процессов. – М.: Наука, 1998. – 320 с.

## **ТАРЕЛКА КОНТАКТА ГАЗА (ПАРА) С ЖИДКОСТЬЮ**

### **Краткое описание**

Предложенная тарелка для контакта газа с жидкостью относится к аппаратурному оформлению массообменных процессов в системе газ (пар) – жидкость и может быть использована в абсорберах осушки газа гликолями.

На рис. 9.23 представлена конструкция тарелки.

Тарелка состоит из основания 1, патрубка 2, снабженного в верхней части сепаратором 3, в нижней части – тангенциальным завихрителем 4, который закрыт донышком 5 и расположен под основанием 1, канала 6 для подвода жидкости, размещенного над основанием 1 внутри патрубка 2 на его стенках, и выполненного с отверстием 7 на боковой поверхности по оси патрубка 2 над завихрителем 4, трубки 8, установленной по оси завихрителя 4, сообщенной с каналом 6 через отверстие 7

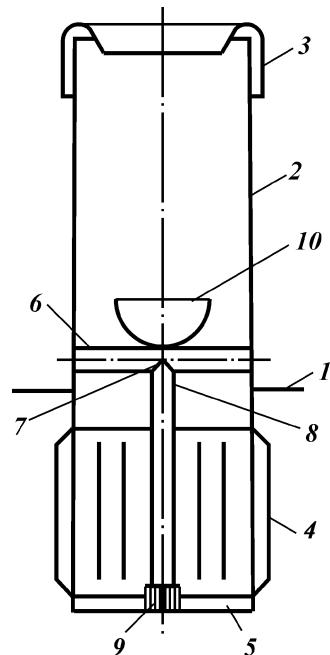
на его боковой поверхности, нижний конец которой выполнен с отверстиями 9, расположенными над донышком 5, обтекателя 10, установленного коаксиально патрубку 2 на стенке канала 6 и выполненного в виде параболоида вращения, расширяющегося в направлении сепаратора 3. Установленная по оси завихрителя трубка 8, сообщенная с каналом для подвода жидкости через отверстие на его боковой поверхности, нижний конец которой выполнен с отверстиями, расположенными над донышком завихрителя, позволяет подводить жидкость в элемент у его основания, что увеличивает время контакта газа с жидкостью, улучшает условия формирования закрученного газожидкостного потока.

Повышению эффективности массопереноса способствует и перемешивание газа (пара) с жидкостью в завихрителе.

Тарелка работает следующим образом.

Жидкость, находящаяся на основании 1, поступает на донышко 5 тангенциального завихрителя 4 по каналу 6 с отверстием 7 и трубке 8 с отверстием 9.

Газ (пар) под основанием 1 поступает в завихритель 4, в котором он захватывает с донышка 5 жидкость, перемешивает-



**Рис. 9.23. Тарелка для контакта газа (пара) с жидкостью:**

1 – основание; 2 – патрубок; 3 – сепаратор;  
4 – завихритель; 5 – донышко; 6 – канал  
для подвода жидкости; 7 – отверстие на  
боковой поверхности канала; 8 – трубка;  
9 – отверстия, расположенные над доныш-  
ком; 10 – обтекатель

ся с ней и закручивается. Таким образом, взаимодействие газа (пара) с жидкостью начинает осуществляться у самого основания элемента. После этого закрученный газожидкостный поток поступает в патрубок 2, на стенках которого под действием центробежных сил образуется вращающаяся пленка жидкости, с которой интенсивно контактирует газ (пар) в сепараторе 3. Часть жидкости за счет сил сцепления движется вверх по внешней поверхности трубы 8, затем поступает под обтекатель 10 и срывается с его кромки в виде мелких капель, что способствует увеличению межфазной поверхности и, следовательно, повышению эффективности массопереноса между фазами. Эти капли жидкости под действием центробежных сил также движутся к стенке патрубка 2, соединяясь на ней с пленкой жидкости. Обтекатель 10 предотвращает возникновение обратных токов газа (пара) в осевой зоне закрученного газового потока, что способствует уменьшению гидравлического сопротивления элемента.

### **Эффективность**

Использование предложенной тарелки позволяет обеспечить высокую эффективность массопередачи на ступени контакта, т.е. повысить КПД, а также уменьшить унос жидкой фазы, что приведет к уменьшению межтарельчатого расстояния и, следовательно, высоты аппарата и его металлоемкости.

Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Авторское свидетельство № 1594740 (Авторы: С.И. Кузьмин, Г.К. Зиберт).

## **ПРЯМОЧНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ**

### **Краткое описание**

Предложенный прямоточно-центробежный элемент относится к контактным и сепарационным устройствам, может быть использован для разделения газожидкостной смеси в сепара-

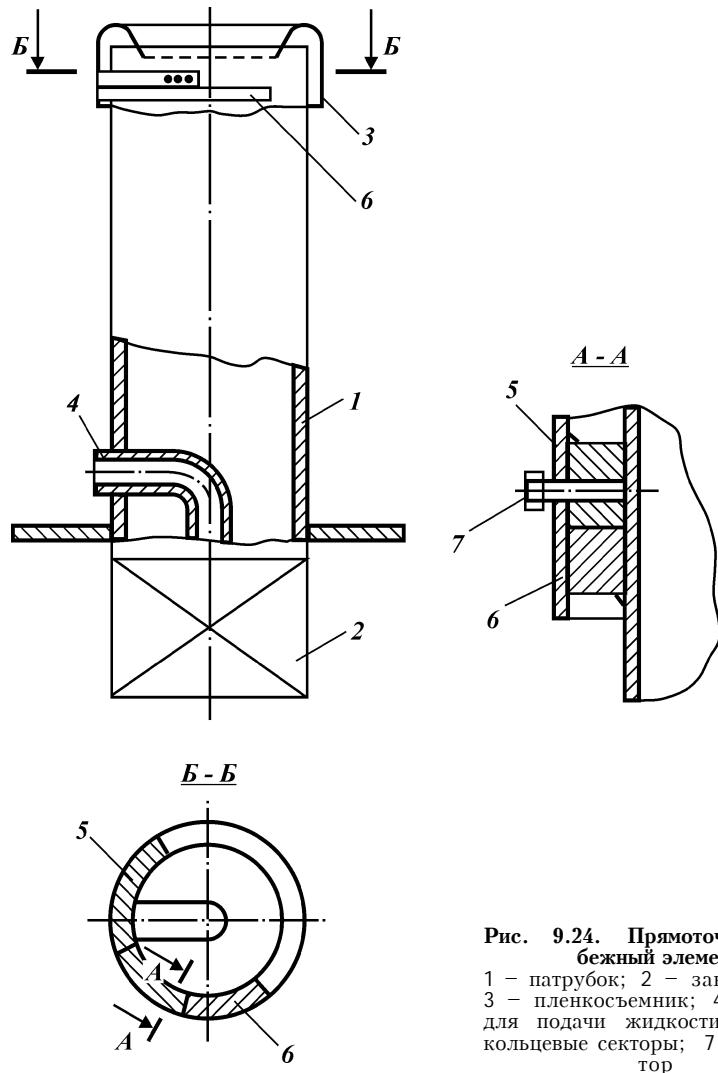


Рис. 9.24. Прямоточно-центробежный элемент:  
1 – патрубок; 2 – завихритель;  
3 – пленкосъемник; 4 – трубка  
для подачи жидкости; 5, 6 –  
кольцевые секторы; 7 – фикса-  
тор

торах и колоннах газовой, химической и нефтехимической промышленности.

На рис. 9.24 представлен общий вид элемента, вертикальное сечение элемента по  $\ddot{A}-\ddot{A}$ , сечение элемента в плане по кольцевым секторам.

Прямоточно-центробежный элемент представляет собой ци-

цилиндрический патрубок 1 с завихрителем 2, расположенным в нижней части, и пленкосъемником 3 в верхней части патрубка, который можно поворачивать относительно патрубка 1. Над завихрителем 2 патрубок 1 снабжен трубкой 4 для подачи жидкости. В зазоре между каплесъемником 3 и патрубком 1 в зоне над трубкой 4 установлена кольцевая перегородка, выполненная из двух размещенных друг над другом секторов 5 и 6. Сектор 5 жестко закреплен на внутренней поверхности пленкосъемника 3, а сектор 6 – на наружной поверхности патрубка 1. Кольцевые секторы 5 и 6 установлены относительно друг друга таким образом, чтобы создавалась необходимая площадь сечения канала для выхода жидкости из цилиндрического патрубка 1. Максимальный расход газожидкостной смеси обеспечивается, когда открытые части кольцевых секторов 5 и 6 полностью совпадают. Кольцевая перегородка закреплена к внутренней поверхности каплесъемника 3 и наружной поверхности патрубка 1 фиксатором 7.

Элемент, установленный в массообменных аппаратах, работает следующим образом.

Газ поступает в патрубок 1 через завихритель 2, образуя при этом закрученный поток. За счет разрежения, возникающего в центральной части закрученного потока, с полотна тарелки через трубку 4 происходит подсос жидкости в патрубок 1, где жидкость, перемешиваясь с газом, контактирует с ним. Под действием центробежной силы закрученный газожидкостный поток поднимается вдоль оси патрубка, разделяется. Газ отделяется от жидкости и выходит закрученным потоком через центральное отверстие патрубка 1, а жидкость отбрасывается к стенкам патрубка 1 и, поднимаясь вверх, выходит из патрубка 1 через щель между цилиндрическим патрубком 1 и пленкосъемником 3 с открытой стороны регулируемой перегородки.

В сепараторах данный элемент работает аналогично с той разницей, что через трубку 4 происходит подсос газожидкостной смеси, выходящей из пленкосъемника 3, для рециркуляции с целью отделения унесенного с жидкостью газа. Требуемое положение секторов по отношению к патрубку 1 устанавливается фиксатором 7.

### **Эффективность**

Применение предложенного технического решения позволяет расширить диапазон эффективной работы прямоточно-центробежных элементов по жидкости и увеличить эффектив-

ность разделения газовой и жидкой фаз за счет обеспечения возможности регулирования живого сечения выходного канала для жидкости.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Патент РФ № 2094073, БИ № 30, 1997 (Автор Г.К. Зиберт).

## **ЗАВИХРИТЕЛЬ**

### **Краткое описание**

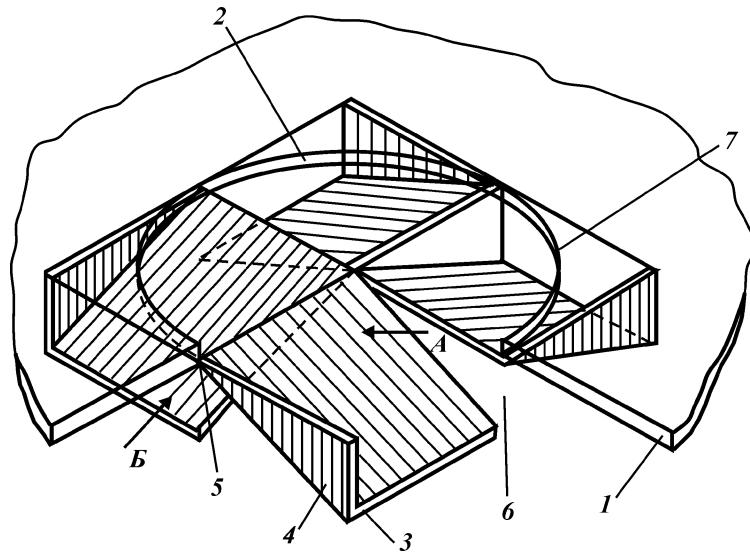
Предложенный завихритель может быть использован для выделения жидкости из потока газа, например, в сепараторах и колоннах газовой, химической и нефтехимической промышленности.

Конструкция завихрителя представлена в аксонометрии на рис. 9.25.

Завихритель укреплен под полотном тарелки 1 под отверстием 2 и представляет собой уголки 3, расположенные вокруг оси отверстия. В данном случае он выполнен из четырех уголков. Каждый уголок 3 состоит из вертикальной полки 4 и горизонтальной 5. Верхняя кромка полки 4 срезана под углом к горизонтальной полке 5 с целью обеспечения угла ее наклона к полотну тарелки 1. Вертикальная полка 4 уголка 3 укреплена срезанной кромкой на полотне 1 и расположена перпендикулярно полотну тарелки 1 и по касательной к отверстию 2 в полотне тарелки 1. Таким образом, за счет срезанной под углом верхней кромки вертикальной полки 4 горизонтальная полка 5 располагается под углом к полотну тарелки и образует за счет этого наклонные щели 6 для отклонения газового потока в осевом направлении  $\ddot{A}$ , а расположение полки 4 по касательной к отверстию 2 образует тангенциальные каналы 7, что позволяет ей отклонять поток в тангенциальном направлении  $\dot{A}$ . Уголки 3 крепятся к полотну сваркой или любым другим известным способом.

Завихритель работает следующим образом.

Поток газа или газожидкостной смеси поступает под полотно тарелки 1, откуда часть потока поступает по направлению



**Рис. 9.25. Завихритель:**  
1 – полотно тарелки; 2 – отверстия; 3 – уголки; 4 – вертикальная полка

в тангенциальном расположении каналы 7, создав закрученный поток; оставшаяся часть потока на этой же высоте подается в направлении  $\vec{A}$  в щели 6, расположенные в осевом направлении. Над каждым уголком 3 тангенциальные и осевые закрученные потоки складываются, образуя общий закрученный поток после завихрителя.

### Эффективность

Предложенная конструкция позволяет снизить капитальные и энергетические затраты за счет ее упрощения, уменьшения габаритов, а следовательно, и металлоемкости завихрителя, а также снизить его гидравлическое сопротивление.

Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

### Разработчик

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### Литература

Патент РФ № 2107535, БИ № 9, 1998 (Автор Г.К. Зиберт).

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТАКТА ЖИДКОСТИ И ГАЗА

### Краткое описание

Предложенное устройство для контакта жидкости и газа (рис. 9.26) может быть использовано в колонных и сепарационных аппаратах установок подготовки и переработки газа, газового конденсата и нефти.

Устройство состоит из основания 1 и коаксиально установленных завихрителей 2, стакана 3 с отверстиями для первичной сепарации жидкости 4, расположенными в его верхней части и соединенными с карманом 5 для отвода жидкости, пленкосъемника 6, обтекателя 7, диафрагмы 8, расположенной между завихрителем 2 и стаканом 3 внутри устройства, и тангенциальных каналов для подачи жидкости в нижней части стакана 3 над диафрагмой 8, выполненных в виде отбортованных отверстий 9 с размерами отбортовок, не превышающими ширину кольца диафрагмы.

Завихритель 2 состоит из корпуса 10, в верхней части которого выполнены тангенциальные каналы для подачи газа в виде отбортованных отверстий 11. Внутри корпуса 10 расположены осевые лопатки 12.

Отверстия 9 тангенциальных каналов для подачи жидкости отбортованы в ту же сторону, что и отверстия 11 тангенциальных каналов для подачи газа, и симметричны им относительно основания 1.

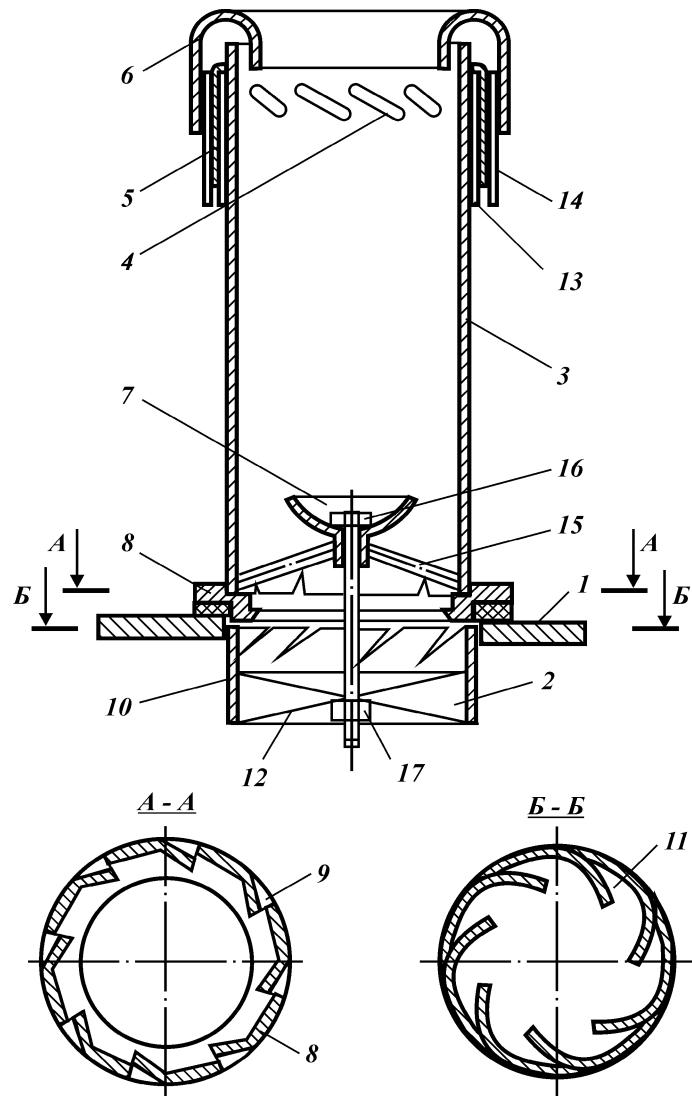
Карман 5 соосно зафиксирован со стаканом 3 дистанционными прутками 13, а каплесъемник 6 – дистанционными прутками 14.

Обтекатель 7 соосно зафиксирован со стаканом распорками 15, корпус завихрителя 10 соосно установлен в отверстии основания 1 и закреплен на нем.

Стакан 3 соосно установлен в диафрагме 8 и жестко закреплен в ней. Стакан 3 и завихритель 2 соединены резьбовым соединением, состоящим, например, из болта 16 и гайки 17, соединенной с осевыми лопатками 12.

Устройство работает следующим образом.

Газовый поток подается под основание 1 в завихритель 2, в котором газ закручивается, частично проходя через осевые каналы между осевыми лопатками 12, а частично – через отверстия 11 тангенциальных каналов. В закрученный газовый поток в стакане через отверстия 9 тангенциальных каналов всасывается жидкость. Так как тангенциальные каналы выполнены по окружности стакана 3 в его нижней части над диа-



**Рис. 9.26. Устройство для контакта жидкости и газа:**  
 1 – основание; 2 – завихритель; 3 – стакан; 4 – отверстия для первичной сепарации жидкости; 5 – карман для отвода жидкости; 6 – пленковъемник; 7 – обтекатель; 8 – диафрагма; 9 – отбортированные отверстия; 10 – корпус завихрителя; 11 – отбортированные отверстия; 12 – осевые лопатки; 13, 14 – дистанционные прутки; 15 – распорки; 16 – болт; 17 – гайка

фрагмой 8 в виде отверстий 9, отбортованных в ту же сторону, что и отверстия 11 тангенциальных каналов для подачи газа, и симметричны им относительно основания 1, а размеры отбортовок не превышают ширину кольца диафрагмы, поток жидкости ориентируется в направлении закрученного потока газа. После чего часть жидкости поднимается в закрученном виде по внутренней стенке стакана 3 и отводится в карман 5 через отверстия первичной сепарации жидкости 4. Другая же ее часть поднимается по оси закрученного газового потока, дробится на распорках 15 и формируется в виде пленки на поверхности обтекателя 7. Затем жидкостная пленка диспергируется закрученным газовым потоком, срывающим ее с наружной кромки обтекателя 7, в мельчайшие капли. Из образовавшегося таким образом газожидкостного потока во внутреннем объеме стакана 3 жидкость отделяется на первой ступени сепарации через отверстия 4 в карман 5 и затем оставшаяся жидкость отделяется в канале между пленкосъемником 6 и верхней частью кармана 5. Чтобы исключить попадание большого количества газа в канал между стаканом 3 и пленкосъемником 6, его диафрагмируют верхней частью кармана 5. Осушенный газ направляется на вышележащую ступень контакта.

Выполнение диафрагмы в виде кольца, расположенного между корпусом завихрителя 10 и стаканом 3, и тангенциальных каналов для подачи жидкости в нижней части стакана 3 над диафрагмой 8 в виде отбортованных отверстий 9, размеры которых не превышают ширину диафрагмы, отбортованы в ту же сторону, как и отверстия тангенциальных каналов для подачи газа, и симметричны им относительно основания, позволило значительно увеличить входное сечение канала для подачи жидкости в зоне разрежения, так как каналы расположены не в центре, где сечение стакана ограничено, а на периферии, тем самым увеличивая расход по газу и жидкости при снижении гидравлического сопротивления устройства.

Верхняя часть кармана 5, расположенная в зазоре между стаканом 3 и пленкосъемником 6, играет роль диафрагмы в выходном канале вторичной сепарации жидкости, обеспечивающей эффективную очистку выходного потока газа при увеличении его расхода.

### **Эффективность**

Предложенное техническое решение позволяет расширить диапазон эффективной работы устройства, обеспечивая автом

матическое увеличение расхода жидкости при увеличении расхода газа.

Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Патент РФ № 2122880, БИ № 34, 1998 (Автор Г.К. Зиберт).

## **9.2. ВНУТРЕННИЕ УСТРОЙСТВА НАСАДОЧНОГО ТИПА**

### **9.2.1. БЕСПРОВАЛЬНАЯ ТАРЕЛКА ИЗ ПРОСЕЧНО-СЖАТОГО ЛИСТА**

#### **Краткое описание**

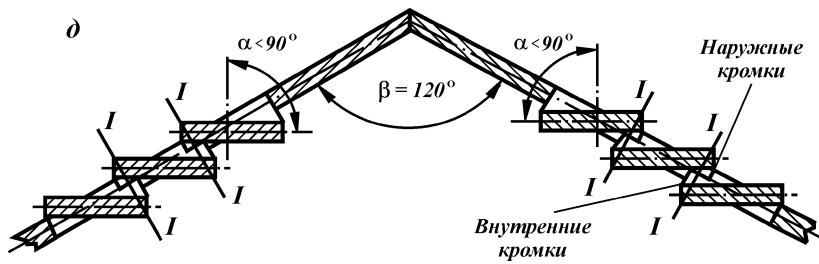
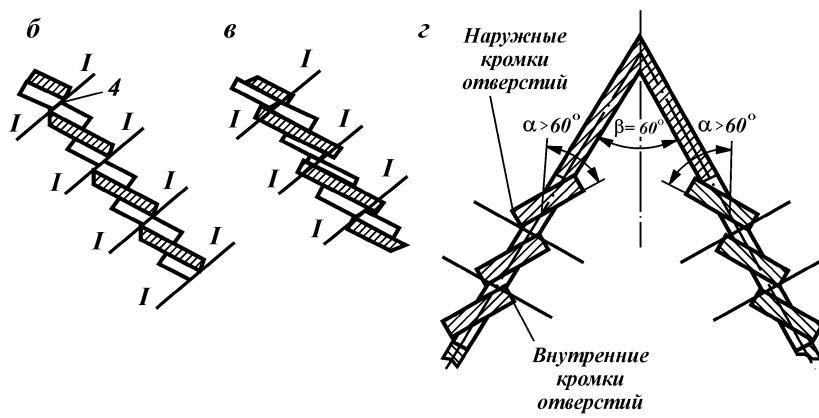
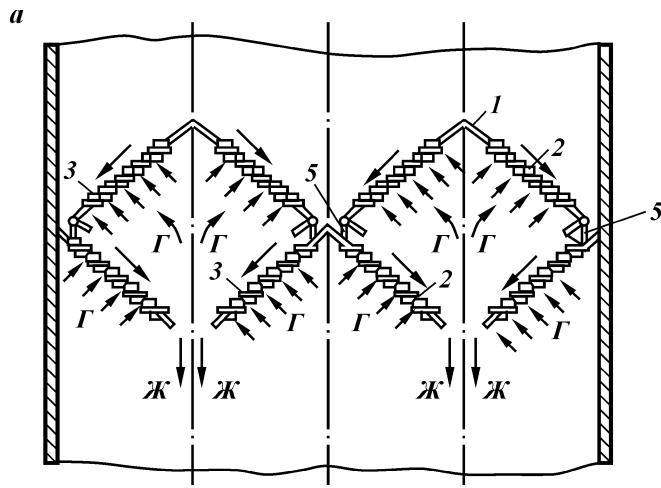
Беспровальную тарелку из просечно-сжатого листа целесообразно применять в теплообменных процессах с минимальным давлением, где аппараты в целях упрощения изготовления могут быть выполнены не только диаметрального, но и другого сечения, например, прямоугольного. К таким процессам относится очистка природного газа от сероводорода и углекислого газа в промышленных установках низкого давления.

На рис. 9.27 представлена тарелка насадочного типа для теплообменных аппаратов.

Тарелка работает следующим образом.

---

**Рис. 9.27. Регулярная насадка для теплообменных аппаратов:**  
‡ – насадка с наклоном просечек в сторону наклона пластин; · – элемент насадки с просечными отверстиями, наружная и внутренняя кромки которых находятся в одной плоскости, перпендикулярной к плоскости перфорированной пластины; , – элемент насадки с просечными отверстиями, наружная кромка которых перекрывает внутреннюю в сечении, перпендикулярном плоскости перфорированной пластины элемента; „ – насадка с углом соединения пластин  $\beta = 60^\circ$  и углом отгиба внутренней кромки от вертикали  $\alpha$  более  $60^\circ$ ; % – насадка с углом соединения пластин  $\beta = 120^\circ$  и углом отгиба внутренней кромки от вертикали  $\alpha$  не менее  $90^\circ$ .  
1 – насадка; 2, 3 – наклонные пластины; 4 – просечные отверстия; 5 – перегородки-клапаны



Газ проходит через направленные просечные отверстия 4 в пластинах 2 и 3, контактирует с жидкостью, стекающей по наклонным перфорированным боковым сторонам элементов, разрывает и дробит в капли пленку, отбрасывает ее направленным потоком в зону интенсивного контакта. Нахождение наружной и внутренней кромок в одной плоскости, перпендикулярной к плоскости перфорированной пластины (или перекрытие верхней кромки нижней) исключает провал жидкости при уменьшении нагрузок по газу до нуля, что резко увеличивает диапазон устойчивой работы. Наличие вертикальных перегородок-клапанов 5 у нижних кромок исключает проскок газа при изменении нагрузок по жидкости и обеспечивает упорядоченный переток жидкости через щели, образованные нижними кромками перфорированных пластин вышележащих элементов и боковыми пластинами нижележащих элементов. Жидкость стекает по наклонным пластинам, отклоняет перегородку-клапан 5, который в свою очередь направляет жидкость на нижерасположенный элемент. Угол наклона пластин ( $60\text{--}120^\circ$ ) обеспечивает беспробуральный режим течения жидкости, упорядоченный переток ее по высоте тарелки и прижатие жидкости к наклонным перфорированным пластинам для более тесного ее контакта с газом.

### Эффективность

В предложенной конструкции беспробуральной тарелки отсутствуют застойные зоны. Выполнение полотен наклонными обеспечивает стекание грязи и предотвращает ее скопление, что особенно важно для процессов сероочистки.

Конструкция тарелки не требует большой площади переливных карманов и организации в них статических гидрозатворов, что позволяет резко сократить площади перелива (особенно в колоннах с большими нагрузками по жидкости), более эффективно использовать площадь аппарата, т.е. повысить его производительность.

Беспробуральную тарелку из просечно-сжатого листа целесообразно применять в аппаратах с большими нагрузками по жидкости ( $L/G = 3\text{--}10 \text{ кг}/\text{кг}$ ) и с переменными нагрузками (особенно по нижнему пределу) и составами газожидкостных потоков (например, в аппаратах переработки конденсата на ГПЗ), малой гидравликой и загрязненными средами, а также в массообменных процессах, где время пребывания жидкости на тарелках ограничено.

Техническое решение использовано в проектах ЦКБН.

## **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

## **Литература**

Авторское свидетельство № 1731265, БИ № 17, 1992 (Автор Г.К. Зиберт).

### **9.2.2. НАСАДКА ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

#### **Краткое описание**

Предложенная насадка для тепломассообменных аппаратов относится к устройствам контакта между газом и жидкостью и используется преимущественно в колоннах очистки газа от примесей, например, от сероводорода.

Насадка может иметь любую объемную форму (рис. 9.28): шара, цилиндра, призмы, куба.

Насадка может быть выполнена в виде шара 1, снабженного глухими каналами 2. Каналы 2 попарно смешены относительно оси, проходящей через центр тяжести насадки, и направлены в противоположные стороны.

Насадка может быть выполнена в виде цилиндра 3 с глухими разнонаправленными продольными каналами 5, смешенными относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести насадки.

Насадка может быть выполнена в виде призмы 6, снабженной глухими разнонаправленными продольными каналами 7 и торцевыми каналами 8.

Смещение каналов относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести насадки, обеспечивает ее вращение в любом направлении.

Устройство работает следующим образом.

Все глухие каналы насадки заполняются жидкостью, подаваемой в массообменный аппарат, а при подаче газа с низу аппарата часть каналов, направленных вниз, заполняется этим газом, так как он вытесняет оттуда жидкость.

При этом на насадку действует сила, направленная вертикально вверх и приложенная со смещением относительно центра тяжести. С другой стороны на насадку действует сила, определяемая весом жидкости, заполняющей каналы, направленная вниз и расположенная по другую сторону от вертикальной оси, проходящей через центр тяжести насадки.

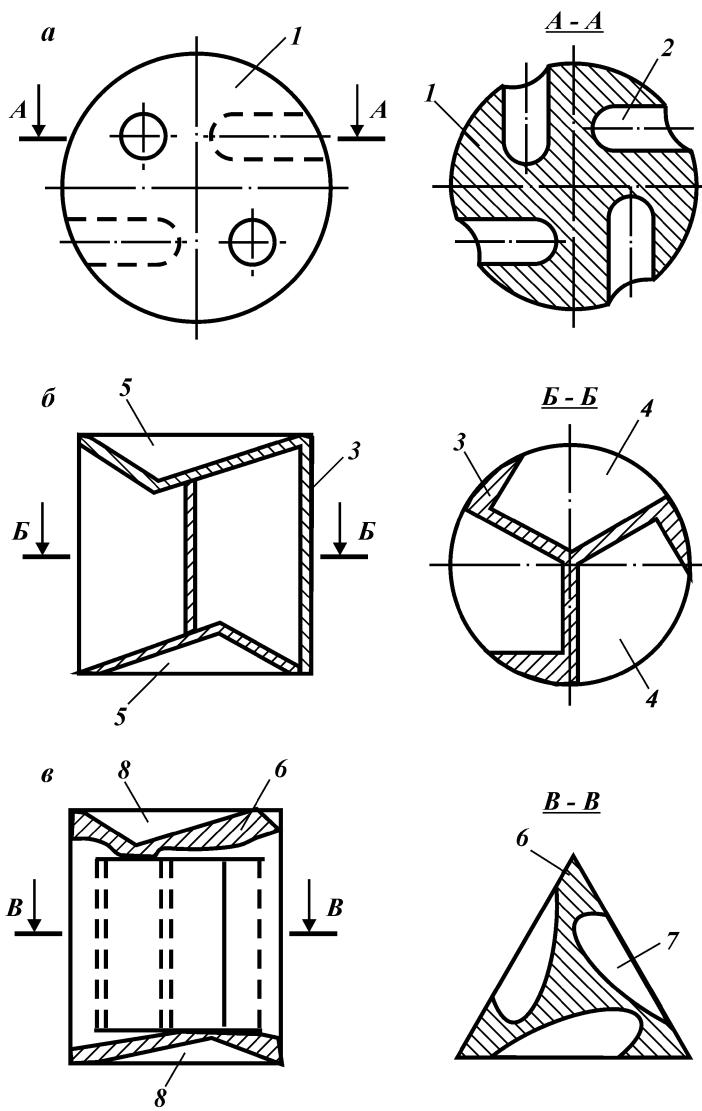


Рис. 9.28. Насадка для тепломассообменных аппаратов, имеющая форму:

$\frac{1}{\cdot}$  – шара;  $\cdot$  – цилиндра;  $,$  – призмы.

1 – шар; 2, 4, 5, 7, 8 – каналы; 3 – цилиндр; 6 – призма

Поскольку плотность поднимающегося газа всегда меньше плотности стекающей жидкости (заполняющих разнонаправленные каналы), разнонаправленные силы обеспечивают по-

стоянное интенсивное вращение насадки, что в свою очередь способствует интенсивному перемешиванию жидкости с газом, чем и достигается повышение эффективности массообмена между ними.

### **Эффективность**

Предложенное техническое решение позволяет повысить эффективность массопередачи между газом и жидкостью за счет интенсивного их перемешивания и увеличения поверхности контакта между ними, а следовательно, сократить габариты массообменных аппаратов. Эффективность реальных ступеней контакта повышается, а количество их в аппарате уменьшается. За счет более равномерного распределения газожидкостной смеси повышается допустимая скорость газа в аппаратах. Это приводит к снижению габаритов аппаратов приблизительно на 15 %.

Техническое решение использовано при модернизации технологического оборудования.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Авторское свидетельство № 915918, БИ № 12, 1982 (Автор Г.К. Зиберт).

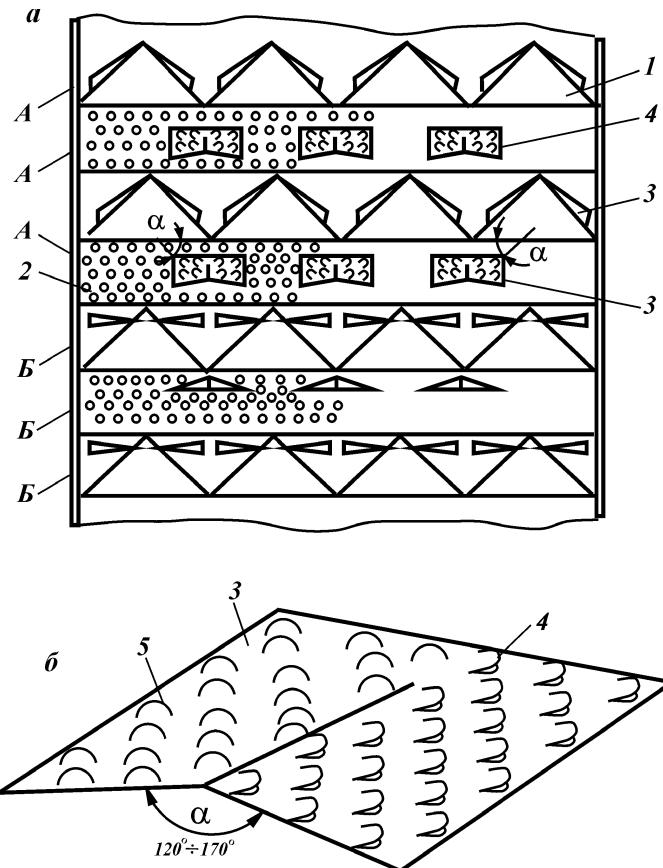
## **9.2.3. НАСАДКА ДЛЯ МАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

### **Краткое описание**

Предложенная насадка относится к массообменной аппаратуре, применяемой в нефтеперерабатывающей, химической, газоперерабатывающей промышленности.

На рис. 9.29 изображен аппарат с насадкой.

Насадка для массообменных аппаратов содержит гофрированные полотна 1 с отверстиями 2, расположенные относительно друг друга перпендикулярно. На гофрированных полотнах установлены клапаны 3 прямоугольной формы. Верхняя сторона клапана в виде прямой прикреплена подвижно к плоскости полотна 1, нижняя сторона клапана изогнута в средней



**Рис. 9.29. Насадка для массообменных аппаратов:**  
 ‡ – аппарат с насадкой, продольный разрез; · – клапан, общий вид.  
 1 – гофрированное полотно; 2, 4 – отверстия; 3 – клапаны; 5 – просечные элементы

части, образуя в вершине сгиба угол  $120\text{--}170^\circ$ . Клапаны расположены на полотне таким образом, что ребро угла каждого клапана 3 нижележащего полотна находится под впадиной гофр вышележащего полотна. Клапаны 3 имеют отверстия 4 с просечными элементами 5, которые направлены от ребра угла клапана в противоположные стороны, под острым углом  $\alpha$  к вершине гофр полотна. Сечение отверстий клапана меньше, чем сечение отверстий 2 гофрированного полотна.

Насадка работает следующим образом.

Газовый поток проходит насадку снизу вверх через отвер-

стия 2 гофрированного полотна 1 и через отверстия клапанов 4. Жидкость подается сверху, образуя с газовым потоком барботажный слой на гофрированном полотне 1, причем жидкость, стекая в основном из впадин гофрированного полотна, попадает на вершины угла сгиба клапанов, распределяясь по наклонной плоскости гофр. Эффект равномерного распределения барботажного слоя и жидкости вдоль наклонной плоскости гофр обеспечивается направлением движения газа, создаваемым просечными элементами 5. При увеличении нагрузки на насадку по жидкости и по газу клапаны 3 открываются, увеличивается свободное сечение полотна, обеспечивая устойчивую эффективную работу насадки. При этом клапаны обеспечивают дополнительный контакт фаз, т.е. клапаны выполняют роль дополнительной ступени контакта, расположенной между вершинами гофр полотна, а также равномерное распределение барботажного слоя по полотну 1 насадки.

### **Эффективность**

За счет регулируемого свободного сечения полотен и обеспечения равномерного распределения барботажного слоя и жидкости, стекающей с вышележащих полотен по гофрам полотна, и дополнительного контакта фаз при открытых клапанах предложенная конструкция позволяет повысить эффективность работы насадки и расширить диапазон эффективной работы контактного устройства до 3–3,5.

### **Разработчик**

ВНИПИГазпереработка.

### **Литература**

Авторское свидетельство № 1292816, БИ № 8, 1987 (Авторы: Ю.А. Арнаутов, В.Г. Гореченков, Г.К. Зиберт, Л.Н. Карепина, З.С. Ахунов).

#### **9.2.4. РЕГУЛЯРНАЯ НАСАДКА ДЛЯ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

### **Краткое описание**

Предложенное техническое решение относится к конструкциям регулярных насадок, предназначенных для проведения тепломассообменных процессов в системе газ (пар) – жидкость.

На рис. 9.30 изображен насадочный элемент регулярной насадки для тепломассообменных аппаратов.

Насадка включает уложенные в пакет плоские, параллельные листы с выступами, расположенными под углом 25–45° относительно вертикали и выполненными в виде жгута из вязаного рукава, который уложен на лист по винтовой спирали со смещением витков относительно друг друга, причем листы в пакете уложены таким образом, что выступы на поверхности листов, обращенных друг к другу, расположены в противоположных направлениях. Листы могут быть перфорированные и рифленые.

Регулярная насадка работает следующим образом.

Жидкая фаза подается на верхний торец насадки и стекает в виде тонкой пленки по поверхности листов, взаимодействуя с восходящим потоком газа (пара). Выступы в виде гибкого жгута, выполненного из вязаного рукава, турбулизируют жид-

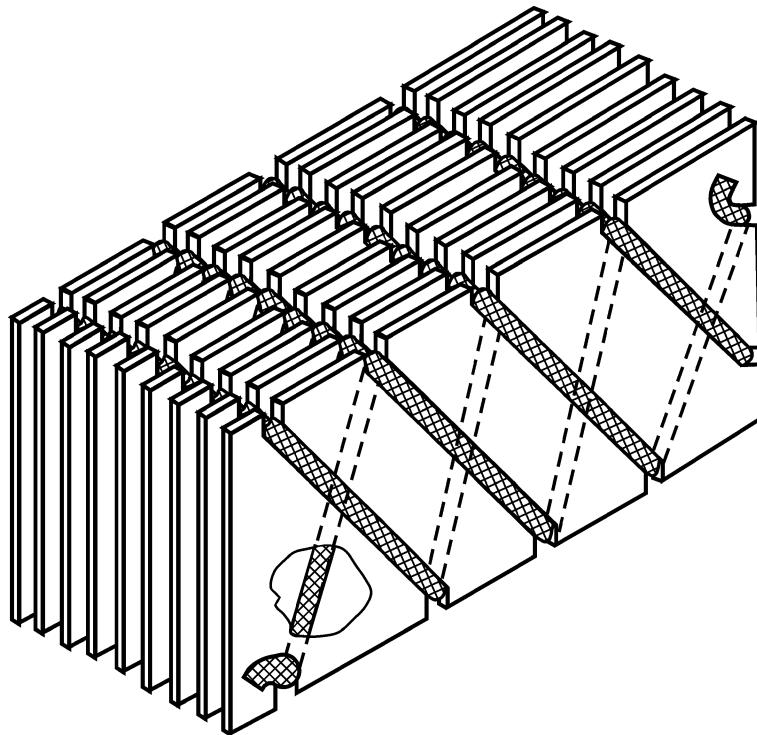


Рис. 9.30. Регулярная насадка для тепломассообменных аппаратов

костную пленку, способствуя тем самым увеличению контакта фаз вследствие ее интенсивного обновления.

Угол наклона 25–45° выступов к вертикальной оси и соответствующее их выполнение обеспечивают более рациональное использование рабочего объема насадочного слоя вследствие эффективного перераспределения жидкости по поверхности насадочных элементов.

Выполнение элементов насадки с выступами из вязаного рукава позволило дополнительно получить эффект сепарации и дренажа, что исключило срыв капель при перемещении жидкости навстречу потоку газа.

### **Эффективность**

Предлагаемая регулярная насадка легка в изготовлении, не требует изготовления штампов, если конфигурация листа не изменяется, что значительно снижает стоимость насадки и трудоемкость ее изготовления.

Техническое решение использовано в проектах ЦКБН и внедрено в промышленность.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

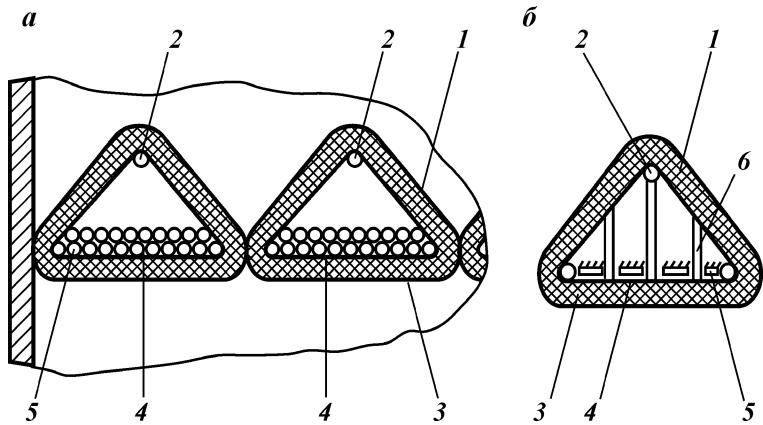
Патент РФ № 2113900, 1997 (Автор Г.К. Зиберт).

## **9.2.5. КОНТАКТНО-СЕПАРАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО**

### **Краткое описание**

Предложенная конструкция (рис. 9.31) относится к устройствам для очистки газа от примесей, в частности к сепарационному и колонному оборудованию, которое применяется на газовых промыслах и газобензиновых заводах.

Устройство содержит набор пакетов 1, состоящих из пространственных рам 2, на которые намотан проницаемый для газа пористый материал, например сетчатый рукав 3. Внутри пакетов 1 на основании 4 размещена объемная насадка 5, которая может быть объемной насыпной или плоской. Внутренняя по-



**Рис. 9.31. Контактно-сепарационное устройство:**  
 † – с объемной насадкой; · – с плоской насадкой.  
 1 – набор пакетов; 2 – пространственные рамы; 3 – сетчатый рукав; 4 – основание; 5 – объемная насадка; 6 – перегородка

лость пакета 1 может быть секционирована направляющими (или перегородками) 6, исключающими местное смещение насадки, например, при транспортировке.

Устройство работает следующим образом.

При малом расходе газа насадка 5 лежит на основании 4 внутренней полости пакета 1, перекрывая часть его живого сечения. Газ проходит через основание 4 пакета 1 по его краям, часть газа проходит через слой насадки 5, при этом происходит контакт газа с жидкостью, стекающей между пакетами 1 навстречу газу и смачивающей поверхность насадки 5 и пакета 1.

Затем газ проходит через развитую поверхность верхних слоев пакета 1, где сепарируется от жидкости. Далее процесс повторяется на вышележащих пакетах.

При увеличении расхода газа насадка 5 поднимается (перемещается), увеличивая постепенно живое сечение. Газ проходит через основание 4 пакета 1, контактируя с жидкостью в барботажном режиме через слой насадки 5, ограниченной пористым материалом 3, где контактирует с жидкостью в режиме работы насадки 5 во взвешенном слое. Далее газ сепарируется в верхних слоях пакета 1. Так как насадку 5 в каждом пакете 1 можно заранее набрать слоем требуемой высоты и она не сможет смещаться в горизонтальной плоскости (накапливаться, например, у стенки корпуса, где скорость газа обычно ниже, чем в центре), потоки газа и жидкости распре-

деляются равномерно по всему сечению аппарата и его высоте.

При дальнейшем увеличении нагрузок по газу, последний поднимает насадку к верхней части пакета 1, где она располагается стационарно рядами и служит уже для распределения жидкости, с которой контактирует поднимающийся газ.

### **Эффективность**

У предложенного устройства расширен диапазон работы за счет изменения его живого сечения в зависимости от нагрузок по газу и жидкости, повышена эффективность разделений газожидкостной смеси за счет более равномерного распределения слоя насадки по сечению устройства, так как она размещена во внутренней полости пакета и не может перемещаться за его пределы и перераспределяться по сечению и высоте устройства, перераспределяясь в пакете. При этом высота набора слоя (взвешенного) насадки не ограничена, так как вес насадки в вышележащем пакете не влияет на вес нижележащей. Кроме этого, исключается истирание (эррозия) стенок корпуса устройства движущейся насадкой, так как она заключена в пакеты и не касается их. Последнее имеет большое значение для эксплуатации устройств, работающих под давлением.

В предложенном устройстве исключена возможность уноса насадки с газом при больших расходах или пульсирующих режимах, что позволяет монтировать насадку на заводе-изготовителе и исключает перемещение ее по корпусу во время транспортировки. Кроме того, уменьшается гидравлическое сопротивление устройства, так как исключается зависание насадки на большой высоте и по всему сечению устройства. Пакеты насадок унифицированы: не изменяя конструкции пакета, можно получить любую требуемую порозность и поверхность, а в качестве насадки использовать существующие основные промышленностью элементы.

Техническое решение использовано в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

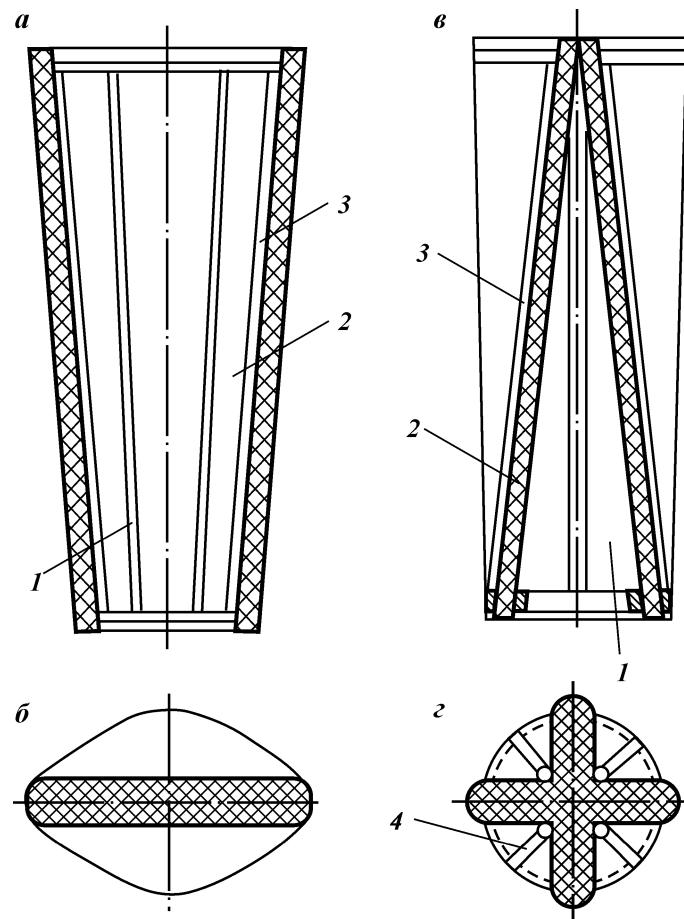
### **Литература**

Авторское свидетельство № 1528536, БИ № 46, 1989 (Автор Г.К. Зиберт).

## 9.2.6. ОБЪЕМНАЯ НАСАДКА

### Краткое описание

Предложенная объемная насадка (рис. 9.32) представляет собой фильтрующий элемент со сплюснутым выходом и относится к контактным и сепарационным устройствам насадочного типа.



**Рис. 9.32. Объемная насадка:**  
‡ – разрез, · – вид сверху; , – модификация объемной насадки, „ – то же, вид сверху.  
1 – полый элемент; 2 – пористый материал; 3, 4 – опорные элементы

Объемная насадка представляет собой полый элемент 1, выполненный из пористого материала 2, например, объемной вязаной сетки или стеклохолста. Пористый материал 2 расположен на опорных элементах (рамах) 3, например, намотки рукавной сетки с перекрытием, при этом опорный элемент 3 с одной стороны представляет собой замкнутую поверхность (кольцо, многоугольник, звездообразное тело), а с другой – замкнутую плоскую фигуру. С наружной стороны насадки могут быть расположены опорные элементы 4.

Объемная насадка работает следующим образом.

Смесь поступает на пористый материал 2, смачивает его, тяжелая фаза стекает по пористому материалу вниз, например, в опорную решетку. Легкая фаза, проходя через слой насадки полого элемента 1, отделившись от тяжелой, отбирается отдельным потоком.

### **Эффективность**

Выполнение элемента сплющенным в одной плоскости или более обеспечивает возможность изготовления элемента на единицу длины с одинаковой или увеличивающейся поверхностью в сторону его закрытой части, что увеличивает общую поверхность элемента, а следовательно, повышает производительность и эффективность при снижении гидравлического сопротивления. Это обеспечивается уменьшающимся по длине поперечным сечением элемента, что снижает скорость потока на его наружной поверхности.

Объемная насадка позволяет при максимальной ее поверхности обеспечить наилучший гидравлический режим потока как внутри полого элемента, так и снаружи за счет уменьшения поперечного сечения по длине без снижения удельной поверхности насадки. Увеличенная поверхность насадки при минимальной поверхности поперечного сечения способствует росту производительности и снижению гидравлического сопротивления, а выравнивание потоков по длине элемента исключает унос отдельной тяжелой фазы с легкой.

Техническое решение использовано в промышленности.

### **Литература**

Авторское свидетельство № 1329807, БИ № 30, 1987 (Автор Г.К. Зиберт).

## 9.2.7. СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНТАКТНО-СЕПАРАЦИОННОЙ НАСАДКИ

### Краткое описание

Предложенное техническое решение относится к способам изготовления из вязанных сетчатых рукавов массообменных и сепарационных насадок аппаратов, применяемых для процессов контактирования и разделения систем “газ – жидкость”, и может быть использовано в газовой, газоперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

На рис. 9.33 изображена схема протягивания вязанных сетчатых рукавов через фильтру.

Способ осуществляют следующим образом.

Вязанные сетчатые рукава 1 собирают в пучок и связывают на конце проволокой, свободный конец которой пропускают через фильтру 2 и укрепляют на валу двигателя 3. При включении двигателя проволока наматывается на вал и протягивает пучок рукавов через фильтру. При этом происходит деформация вязанных сетчатых рукавов с взаимным переплетением ячеек каждого рукава. В результате получается жгут, сохраняющий свою форму выхода из фильтры. Полученный жгут разрезают на отрезки требуемой длины, которые затем размещают на основание – в трубки или на решетки.

### Эффективность

Использование предложенного способа изготовления контактно-сепарационной насадки позволяет получить насадку с

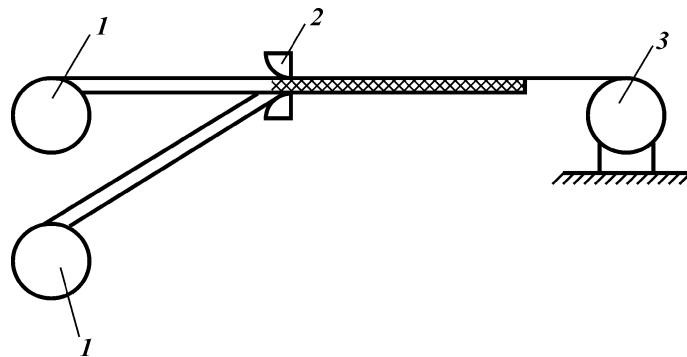


Рис. 9.33. Схема протягивания вязанных сетчатых рукавов через фильтру:  
1 – вязанные сетчатые рукава; 2 – фильтру; 3 – двигатель

развитой удельной поверхностью. Кроме того, этот способ обеспечивает возможность варьирования удельной поверхности в зависимости от заданных условий.

Техническое решение широко используется в промышленности.

#### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

#### **Литература**

Патент РФ № 867406, БИ № 36, 1981 (Авторы: Г.К. Зиберт, В.И. Гибкин).

### **9.2.8. СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАКЕТА СЕТЧАТОЙ НАСАДКИ**

#### **Краткое описание**

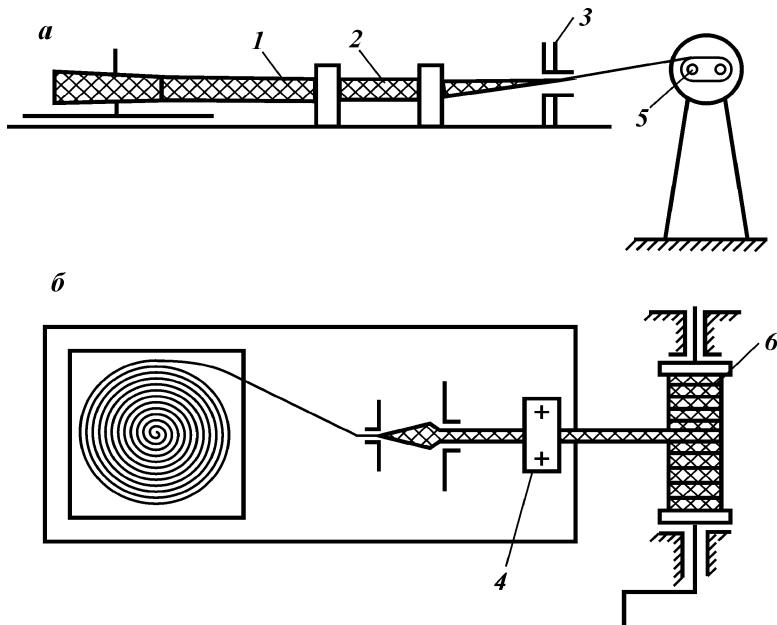
Предложенное техническое решение относится к способам изготовления сетчатой насадки из вязаной рукавной сетки и может быть использовано при изготовлении насадочных колонн и сепараторов окончательной ступени очистки установок подготовки и переработки газа.

На рис. 9.34 изображена схема, реализующая способ изготовления пакета сетчатой насадки.

Вязаному сетчатому рукаву 1 эллипсовидного сечения придают цилиндрическую форму, пропуская через внутреннюю полость рукава шар 2 соответствующего диаметра, затем протягивают рукав между планками 3 зажимного приспособления 4, сплющивая его в направлении, перпендикулярном первоначальному. Намотку рукава производят на основании 5, закрепленном между фиксирующими щечками 6, со смещением витков на половину их ширины относительно друг друга, закрепляют конец рукава 1 и извлекают стержневое основание 5 из готового пакета.

#### **Эффективность**

Предложенный способ изготовления пакета сетчатой насадки позволяет за счет увеличения свободного объема и удельной поверхности насадки повысить эффективность сепарации. Кроме этого, предложенный способ позволяет изготавливать



**Рис. 9.34. Схема, реализующая способ изготовления пакета сетчатой насадки:**  
1 – вязаный сетчатый рукав; 2 – шар; 3 – планки зажимного приспособления;  
4 – зажимное приспособление; 5 – основание; 6 – фиксирующие щечки

насадки диаметром более 1000 мм, а по сравнению с укладкой, которая производится вручную, механизировать процесс намотки пакетов.

Предложенным способом могут изготавливаться пакеты сетчатой насадки прямоугольной, сегментной или другой формы.

По данному техническому предложению на предприятии изготовлены приспособления для производства пакетов сетчатой насадки путем намотки вязаной рукавной сетки на стержневое основание с последующим его демонтажом и поджатием сетчатой насадки. Свободное сечение в пакете насадки 0,97–0,99 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, поверхность проволок 300–700 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, плотность насадки от 100 до 350 кг/м<sup>3</sup>.

Техническое решение используется в промышленности.

#### Разработчик

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

## **Литература**

Авторское свидетельство № 889068, БИ № 46, 1981 (Авторы: М.В. Акимов, Г.К. Зиберт, О.С. Петрашкевич, В.А. Толстов, В.С. Нехрист).

### **9.2.9. СЕПАРАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО**

#### **Краткое описание**

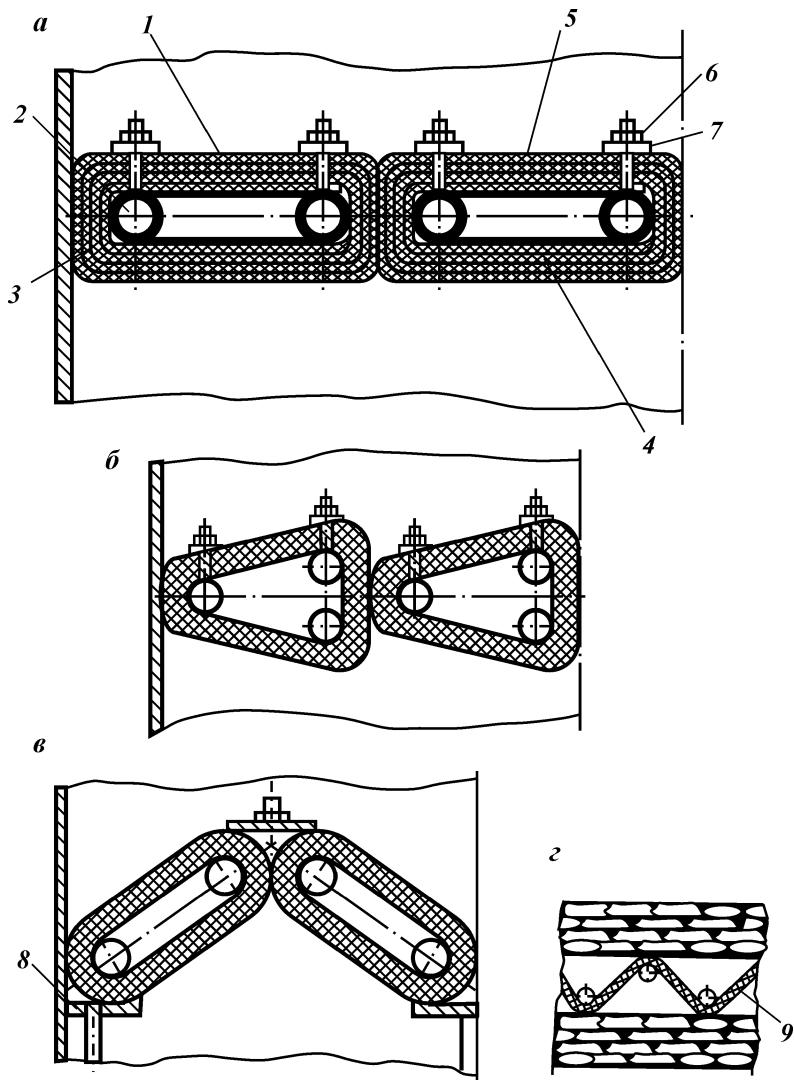
Предложенное сепарационное устройство (рис. 9.35) относится к устройствам для очистки газа от примесей и, в частности, к сепарационному и колонному оборудованию, которое применяется на газовых промыслах и газобензиновых заводах.

Сепарационное устройство представляет собой набор пакетов 1, каждый из которых состоит из пространственной рамы 2, на которую намотан сетчатый рукав 3 таким образом, что образует две ступени сепарации – предварительную 4 и окончательную 5. Выходная ступень поджата прижимным устройством 6 через планки 7.

Для крепления пакетов 1 к корпусу аппарата могут использоваться планки 7, предусматривающие специальные кронштейны или балки 8. Между предварительной 4 и окончательной 5 ступенями сепарации может располагаться коалесцирующий элемент 9, например, из супертонкого стекловолокна, который частично или полностью заполняет и пространство между сепарационными ступенями. Для увеличения поверхности сепарации и улучшения отбора жидкости пространственная рама может иметь в сечении форму треугольника, пакеты же могут располагаться под углом друг к другу.

Работает сепарационное устройство следующим образом.

Газожидкостная смесь поступает на предварительную ступень сепарации 4, плотность укладки которой ниже плотности окончательной ступени сепарации. На предварительной ступени отделяется основная масса жидкости и происходит укрупнение мелкодисперсных капель. При наличии коалесцирующего элемента между ступенями сепарации происходит дополнительное укрупнение капель жидкости. Далее капли жидкости вместе с газом поступают на окончательную ступень 5 сепарации, где сталкиваются с плотно уложенной объемной сеткой, смачивают ее, укрупняются и за счет сил гравитации стекают в нижнюю часть аппарата или сборника жидкости, а очищенный газ отбирается на выходе из окончательной ступени 5 сепарации.



**Рис. 9.35. Сепарирующее устройство:**  
 ֿ – общий вид; · – то же, с рамами треугольной формы; , – то же, с пакетами, расположенными под углом друг к другу; „ – то же, с коалесцирующим элементом.  
 1 – набор пакетов; 2 – пространственная рама; 3 – сетчатый рукав; 4, 5 – предварительная и окончательная ступени сепарации; 6 – прижимное устройство; 7 – планки; 8 – балки; 9 – коалесцирующий элемент

## **Эффективность**

Предложенное сепарационное устройство позволяет упростить конструкцию сепарационных пакетов за счет применения взамен укладки последовательной намотки сетчатого рукава на пространственную раму, что позволяет автоматизировать процесс изготовления насадки. При этом одновременно образуются две ступени сепарации, повышается эффективность сепарационного устройства. Две ступени сепарации образуют кожух для размещения коалесцирующего элемента и позволяют выполнить окончательную ступень сепарации с более плотной укладкой сетчатого рукава, чем предварительная ступень, что снижает гидравлическое сопротивление обеих ступеней и повышает их эффективность.

Техническое решение использовано в промышленности.

## **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

## **Литература**

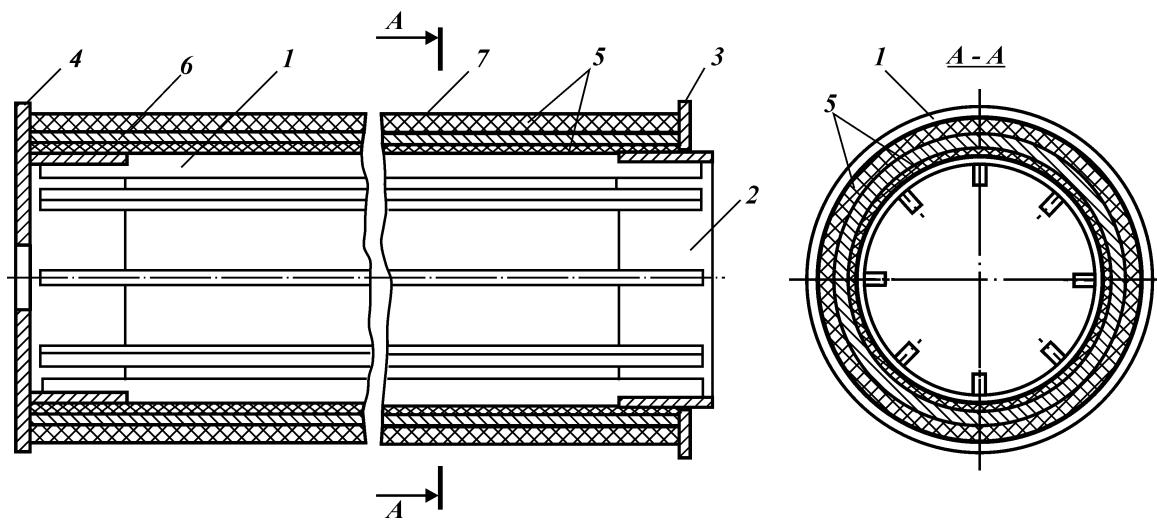
Авторское свидетельство № 710590, БИ № 3, 1980 (Автор Г.К. Зиберт).

### **9.2.10. КОАЛЕСЦИРУЮЩИЙ ПАТРОН**

#### **Краткое описание**

Предложенный коалесцирующий патрон (рис. 9.36) может быть использован в абсорберах, сепараторах, разделителях жидкости и т.д. и предназначен для коалесценции мелкодисперсных капель жидкости, разделения двух несмешивающихся жидкостей, сепарации и фильтрации газов от мелкодисперсных капель жидкости или механических примесей.

Коалесцирующий патрон состоит из каркаса, выполненного в виде пластин 1, прикрепленных к концам патрубка 2, к которым приварены фланец 3 и крышка 4. На пластины 1 уложены по винтовой спирали два слоя опорной сетки 5, выполненной в виде вязаного рукава, между которыми располагаются два-три слоя коалесцирующего материала 6, например, нетканый материал типа лавсан. Наружный слой опорной сетки 5 укреплен проволокой 7.



**Рис. 9.36. Коалесцирующий патрон:**  
1 – пластины; 2 – патрубок; 3 – фланец; 4 – крышка; 5 – опорная сетка; 6 – коалесцирующий материал; 7 – проволока

Коалесцирующий патрон работает следующим образом.

Жидкую смесь вводят во внутреннюю полость патрона, она проходит опорный слой рукавной сетки 5, выполняющей роль предварительного коагулятора, равномерно распределяется по всей площади коалесцирующего материала 6, где мелкие частицы жидкости коагулируются в более крупные. Скоагулированные частицы жидкости, выходящие из коалесцирующего материала, под собственным весом стекают по наружному слою опорной рукавной сетки патрона вниз. Коалесцирующий патрон обеспечивает одинаковую степень коагуляции независимо от того, с какой стороны коалесцирующей поверхности входит жидкостная смесь.

### **Эффективность**

Применение в качестве опорного элемента вязаного рукава, уложенного в каркас по винтовой линии, значительно снижает металлоемкость и трудозатраты при изготовлении патрона, при этом обеспечиваются максимальное живое сечение патрона (95–98 %) и равномерная работа по всей фильтрующей поверхности как с точки зрения технологии процесса, так и восприятия ею механических нагрузок, создаваемых обрабатываемой средой.

Устройство усовершенствовано для снижения гидравлического сопротивления (см. п. 9.2.6). Техническое решение используется в промышленности.

### **Разработчик**

ВНИИГаз (142717, Московская обл., Ленинский район, пос. Развилка).

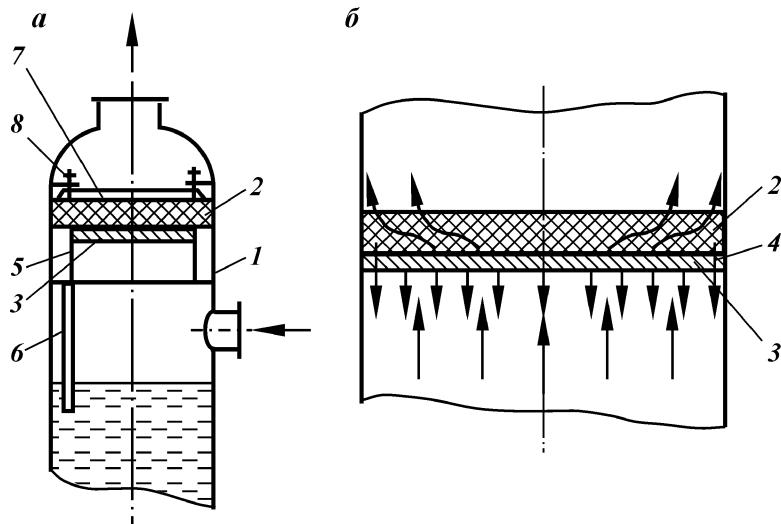
### **Литература**

Авторское свидетельство № 850142, БИ № 28, 1981 (Авторы: Г.К. Зиберт, А.М. Сиротин, В.Ф. Лисовский, А.М. Сун).

### **9.2.11. СЕПАРАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ ОТ ГАЗА**

#### **Краткое описание**

Предложенное сепарационное устройство (рис. 9.37) относится к области очистки газа от взвешенной в нем жидкости, в частности к сепарационным устройствам насадочного типа, и



**Рис. 9.37. Сепарационное устройство для отделения жидкости от газа:**  
 ‡ – общий вид; . – сетчатый отбойник и инерционная распределительная решетка.  
 1 – корпус; 2 – сетчатый отбойник; 3 – распределительная решетка; 4 – наклонные направляющие перегородки; 5 – карман для сбора жидкости; 6 – сливная труба; 7 – решетка; 8 – болт

может быть использовано для отделения жидкости из потока газа в сепараторах или колоннах для предотвращения уноса жидкости с газом.

В корпусе 1 сепарационного устройства установлен сетчатый отбойник 2, выполненный обычно из нержавеющей проволоки или синтетического волокна. Сетчатый отбойник размещен на инерционной распределительной решетке 3, выполненной в виде наклонных направляющих перегородок 4.

Край решетки 3 может быть соединен с карманом 5 для сбора жидкости, заканчивающимся сливными трубами 6, концы которых входят в жидкость для образования гидрозатвора. Оптимальный наклон перегородок 4 распределительной решетки к плоскости отбойника примерно  $30^\circ$  и зависит от толщины и материала насадки.

Для предотвращения перемещения отбойника и равномерного уплотнения последний накрывается решеткой 7 из ребер жесткости, которая поднимает отбойник к инерционной решетке с помощью болта 8. Для увеличения площади инерционной распределительной решетки и улучшения стока жидкости она может быть выполнена наклонной в виде конуса или сферы.

Сепарационное устройство работает следующим образом.

Поток газа с жидкостью попадает на инерционную распределительную решетку, где, проходя через направляющие каналы, образованные наклонными направляющими перегородками, изменяет свое направление, заставляя отделившуюся жидкость в отбойнике двигаться в сторону слива. При этом в результате действия сил инерции происходит первичная (грубая) сепарация жидкости в инерционной решетке.

Поток газа, выйдя из каналов решетки вместе с захваченными каплями жидкости, сразу попадает на сетчатый отбойник 2, где окончательно очищается от жидкости. Причем отделившаяся жидкость, заполняющая низ отбойника, за счет сил инерции движется в сторону сливного кармана, а газ, изменяя направление, уходит вверх, проходя при этом больший путь, чем толщина отбойника, что также улучшает сепарацию.

Жидкость, достигнув стенки корпуса 1, сливается в карман 5. Слив жидкости происходит беспрепятственно, так как отсутствует противоток газа, обычно повторно подхватывающий стекающую отделившуюся жидкость.

### **Эффективность**

Эффективность сепарации жидкости от газа без увеличения высоты сетчатого отбойника достигается тем, что сетчатый отбойник расположен непосредственно на инерционной распределительной решетке, а верхние кромки направляющих перегородок смешены по отношению к нижним кромкам от центра к периферии корпуса.

Техническое решение использовано в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Авторское свидетельство № 432912, БИ № 23, 1974 (Автор Г.К. Зиберт).

## **9.3. УЗЛЫ ВВОДА В АППАРАТ ГАЗА ЖИДКОСТИ И ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА**

### **9.3.1. ТАРЕЛКА ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТАХ**

#### **Краткое описание**

Предложенная тарелка (рис. 9.38) относится к распределительным устройствам для жидкости тепломассообменных аппаратов, применяемых в химической, нефтеперерабатывающей промышленности, где осуществляется физическое взаимодействие между газом (паром) и жидкостью, в частности к тарелкам для распределения жидкости в насадочных и тарельчатых колоннах в процессах ректификации, десорбции и абсорбции.

Тарелка для жидкости заключена в корпусе 1 теплообменного аппарата и содержит приемный карман 2, распределительный карман 3 с распределительными элементами 4 и переточные каналы, соединяющие приемный карман 2 с распределительным карманом 3.

При осуществлении направленного слива жидкости распределительная тарелка дополнительно содержит сливную перегородку 6, с которой соединены открытые концы распределительных элементов 4.

При выполнении переточных каналов в виде теплообменных трубок 5 и распределительных элементов 4 съемными распределительной тарелке содержит шайбы 7, приваренные к переточным теплообменным трубкам 5 и распределительным элементам 4, гайки 8, шайбы 9 и прокладки 10, используемые для элементов 4 и 5, которые имеются между внутренними стенками приемного 2 и распределительного 3 карманов, при этом переточные теплообменные трубы 5 и распределительные элементы 4 снабжены с одной стороны наружной резьбой.

Тарелка работает следующим образом.

Жидкость, например, диэтиленгликоль поступает в приемный карман 2, где происходит частичное выветривание из нее легких компонентов за счет разности давлений в трубопроводе подачи жидкости и аппарате, в котором установлена тарел-

ка. Далее жидкость проходит через один или более рядов переточных тепломассообменных трубок 5, в процессе чего нагревается потоком восходящего газа (пара) и поступает в распределительный карман 3, где происходит дальнейшее выветривание легких компонентов из нагретой в трубках 5 жидкости.

Одновременно на наружной поверхности трубок 5 происходит образование дополнительной флегмы (конденсация) за счет охлаждения газа (пара) жидкостью, а следовательно, образуется дополнительная зона контакта газа (пара) с жидкостью, и, как результат, происходит концентрирование флегмы.

Из распределительного кармана 3 жидкость через распределительные элементы 4 поступает на насадку (либо на нижележащую массообменную тарелку).

Жидкость при прохождении через распределительные элементы 4 одновременно нагревается и дополнительно выветривается при сливе через сливную перегородку 6, а на наружной поверхности распределительных элементов 4 также происходит конденсация паров (газа) за счет образования еще одной дополнительной зоны контакта между газом (паром) и жидкостью.

### **Эффективность**

При расположении переточных тепломассообменных трубок в два или более рядов помимо увеличения поверхности теплообмена расширяется и диапазон устойчивой работы распределительной тарелки по жидкости и, в частности, обеспечивается возможность работы распределительной тарелки при небольших расходах жидкости.

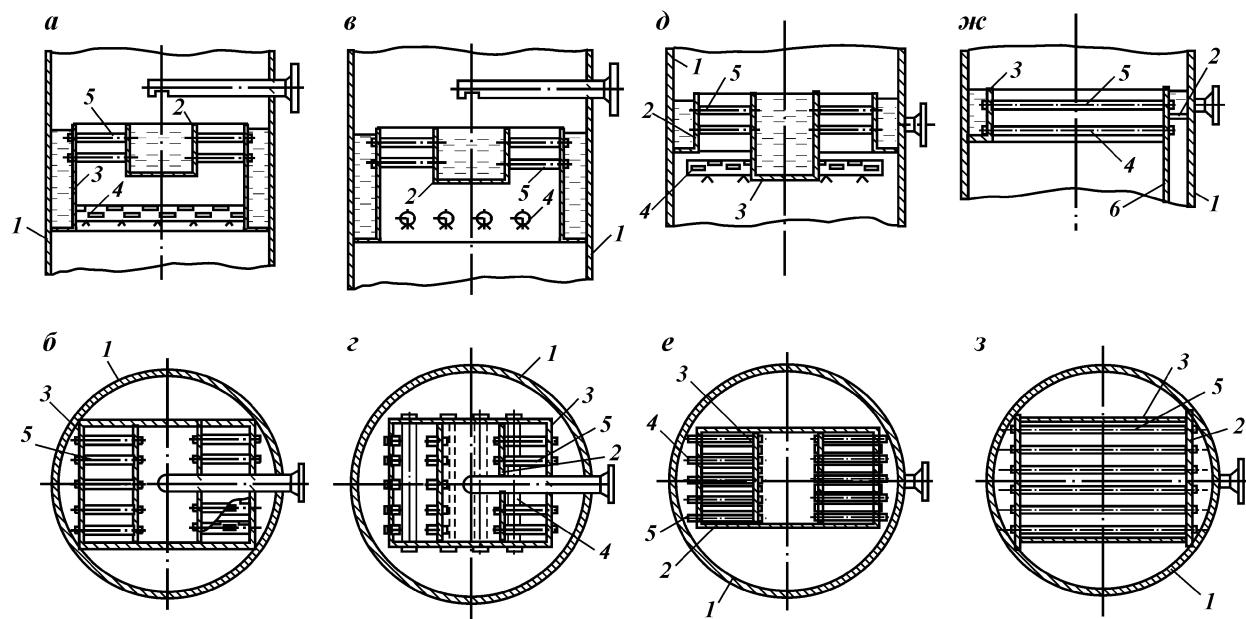
Техническое решение использовано в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Авторское свидетельство № 1301427, БИ № 13, 1987 (Авторы: Г.К. Зиберт, Е.М. Гохштейн, С.И. Кузьмин, Э.Л. Богоильный).



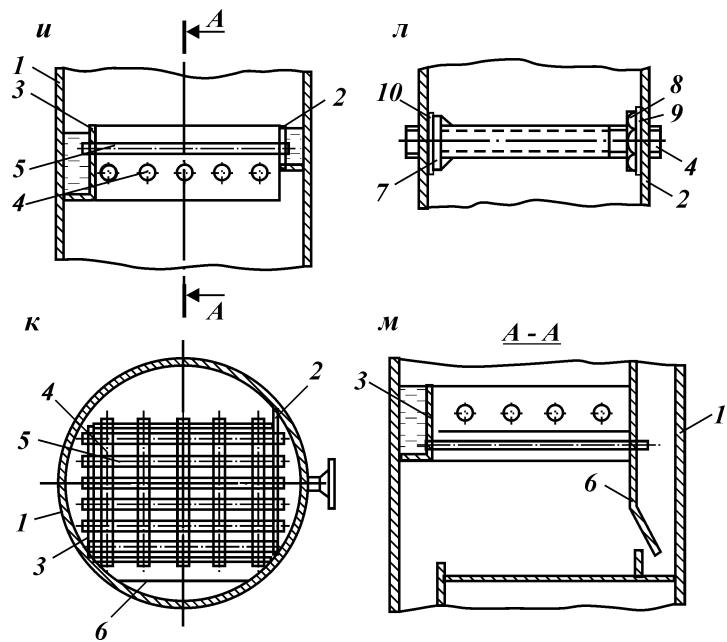


Рис. 9.38. Тарелка для распределения жидкости в тепломассообменных аппаратах:

$\ddagger$  – предлагаемая тарелка, вид спереди;  $\cdot$  – то же, вид сверху;  $\wedge$  – тарелка, в которой распределительный карман внутри ограничен стенками, имеющими на виде сверху форму прямоугольника;  $\wedge\wedge$  – то же, вид сверху;  $\%o$  – тарелка, в которой приемный карман внутри ограничен стенками, имеющими на виде сверху форму прямоугольника, вид спереди;  $\bar{A}$  – то же, вид сверху;  $E$  – распределительная тарелка, содержащая сливную перегородку, соединенную с распределительными элементами, выполненными в виде переточных тепломассообменных трубок, вид спереди;  $\bar{A}$  – то же, вид сверху;  $\ddot{E}$  – тарелка, в которой распределительный карман ограничен внутри стенками, имеющими на виде сверху форму прямоугольника, а распределительные элементы, выполненные в виде переточных тепломассообменных трубок, расположены перпендикулярно переточным тепломассообменным трубкам, вид спереди;  $\bar{I}$  – то же, вид сверху;  $\bar{I}$  – крепление переточных тепломассообменных трубок и распределительных элементов;  $\bar{I}$  – разрез  $\bar{A}-\bar{A}$  на рис. 9.38,  $\ddot{E}$ .  
 1 – корпус аппарата; 2 – приемный карман; 3 – распределительный карман; 4 – распределительные элементы; 5 – тепломассообменные трубы; 6 – сливная перегородка; 7, 9 – шайба; 8 – гайка, 10 – прокладка

### **9.3.2. ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО**

#### **Краткое описание**

Предложенное техническое решение относится к конструктивному выполнению устройств для распределения газового потока по сечению аппарата и может быть использовано в массообменных аппаратах, сепарационных и фильтрационных аппаратах, в частности абсорберах осушки и очистки газа, сепараторах или фильтрах газа.

На рис. 9.39 схематически представлен аппарат с газораспределительным устройством с различными вариантами выполнения каналов для прохода газа.

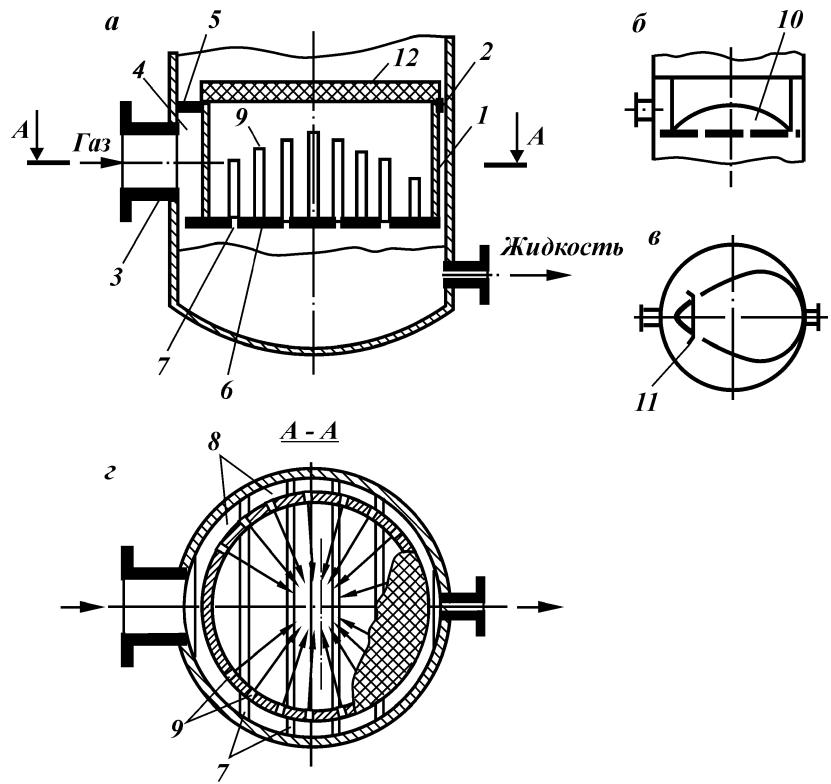
Газораспределительное устройство содержит обечайку 1, установленную внутри корпуса 2 аппарата эксцентрично относительно его оси против патрубка 3 входа газа с зазором 4 к нему.

Обечайка 1 соединена с корпусом 2 перегородкой 5, расположенной выше патрубка 3 входа газа.

Устройство снабжено перфорированным основанием 6, на котором установлена обечайка 1, прикрепленным к корпусу 2 и образующим с ним зазор 7. Основание может быть выполнено из листов 8, установленных с зазором один к другому и к корпусу 2 и прикрепленных к корпусу. В обечайке 1 выполнены каналы 9 для прохода газа, имеющие переменное сечение, уменьшающееся к оси расположения патрубка 3 входа газа. Каналы для прохода газа могут быть образованы зазором 10 между основанием 6 и обечайкой 1, уменьшающимся к оси расположения патрубка 3 входа газа. Для снижения гидравлического сопротивления суммарная площадь каналов выбирается меньше поперечной площади обечайки и больше площади сечения патрубка 3 входа газа. Обечайка 1 у патрубка входа газа разделена продольной перегородкой 11, концы которой выведены через противоположные каналы, расположенные у патрубка входа газа, и отбортованы в сторону последнего. Обечайка может быть выполнена каплевидной формы с ориентацией острой кромки образующей в сторону патрубка 3 входа газа. На выходе обечайка может быть дополнительно снабжена сетчатым отбойником 12.

Устройство работает следующим образом.

Газ подается по патрубку 3 в сужающийся зазор между корпусом 2 и обечайкой 1, ограниченный снизу основанием 6 и перегородкой 5 сверху, откуда отбирается через каналы 9 в центр обечайки. Механические примеси и свободная жидкость



**Рис. 9.39. Газораспределительное устройство:**  
**а** – аппарат с газораспределительным устройством; **б** – вариант выполнения каналов для прохода газа; **в** – вариант выполнения обечайки, имеющей каплевидную форму.  
 1 – обечайка; 2 – корпус аппарата; 3 – патрубок входа газа; 4 – зазор; 5 – перегородка; 6 – основание; 7 – зазор; 8 – листы; 9 – каналы для прохода газа; 10 – зазор; 11 – продольная перегородка; 12 – сетчатый отбойник

снимаются от бортовкой продольной перегородки 11 и за счет сил тяжести отбираются через зазор 7 между листами 8. Для обеспечения равномерного расхода газа сечение каналов 9 уменьшается к оси патрубка входа газа, так как динамический напор газа максимальен у патрубка входа газа и со стороны, противоположной расположению этого патрубка. Динамический напор предварительно выравнивается уменьшающимся зазором между корпусом и обечайкой и переменным сечением каналов.

## **Эффективность**

Технико-экономические преимущества предложенного устройства заключаются в уменьшении его габаритов за счет использования поверхности обечайки для распределения газа, в повышении эффективности работы устройства в результате равномерного распределения газового потока путем выравнивания его скоростей.

Использование предложенной конструкции позволяет равномерно распределить газовый поток на небольшой высоте (1,5–2 диаметра штуцера), так как газ отбирается из обечайки, непосредственно установленной против штуцера. Изменением сечения каналов можно добиться полного выравнивания динамических потоков, выходящих из обечайки, а так как базовый поток выходит над перфорированным основанием, исключается повторный унос жидкости из кубовой части аппарата.

Кроме того, снижается металлоемкость массообменных аппаратов с газораспределительным устройством, уменьшаются энергетические затраты, необходимые для подачи потока газа в аппарат, расширяется область применения таких устройств, которые можно также использовать на блок-понтонах и морских платформах.

Техническое решение использовано в промышленности.

## **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

## **Литература**

Патент РФ № 1643030, БИ № 15, 1989 (Авторы: Г.К. Зиберт, Л.Б. Галдина, В.В. Клюйко, В.И. Гибкин).

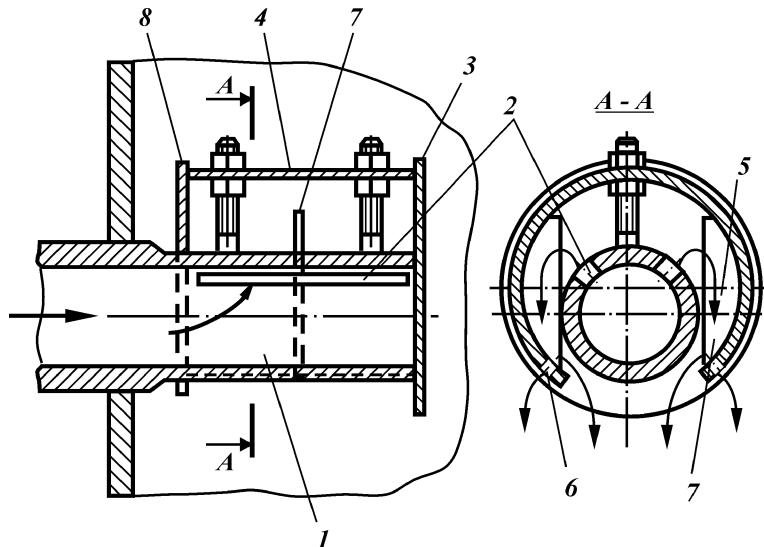
### **9.3.3. УЗЕЛ ВВОДА ЖИДКОСТИ ИЛИ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ В АППАРАТ**

## **Краткое описание**

Предложенное техническое решение относится к конструктивному выполнению устройств ввода жидкости или газожидкостной смеси в аппарат, в частности в абсорбера для осушки газа, сепарационные и фильтрационные аппараты.

На рис. 9.40 представлен чертеж узла ввода жидкости или газожидкостной смеси в аппарат.

Узел ввода жидкости выполнен в виде патрубка 1 с выход-



**Рис. 9.40. Узел ввода жидкости или газожидкостной смеси в аппарат:**  
 1 – патрубок; 2 – выходное отверстие; 3 – заглушка; 4 – цилиндрический колпак; 5 – каналы для прохождения исходного потока; 6 – выходные отверстия; 7 – косынка; 8 – фланец

ным отверстием 2 и заглушкой 3, на котором эксцентрично относительно его оси установлен цилиндрический колпак 4, образующий своей внутренней поверхностью и внешней поверхностью патрубка каналы 5 для прохождения исходного потока и имеющий выходные отверстия 6. Для фиксации цилиндрический колпак 4 снабжен направляющими косынками 7, а со стороны входа ограничен корпусом аппарата или фланцем 8.

Выходные отверстия на патрубке и колпаке разнесены друг относительно друга, например на  $180^\circ$ . Выходные отверстия на патрубке расположены в его нижней части. Размер живого сечения выходных отверстий 6 цилиндрического колпака 4 превышает размер живого сечения продольных каналов 5, который в свою очередь превышает размер живого сечения отверстий 2 патрубка.

Соединение колпака с патрубком может быть выполнено, например, резьбовым, что позволяет изменять эксцентричность колпака по отношению к патрубку и тем самым регулировать скорость потока жидкости и газожидкостной смеси.

Узел ввода жидкости или газожидкостной смеси в аппарат работает следующим образом.

Поток жидкости или газожидкостной смеси проходит по

патрубку 1, выходит через отверстие 2 и разворачивается вверх на 90°, так как патрубок выполнен с заглушкой, а выходные отверстия расположены в верхней части его боковой стенки. Исходный поток, попадая в цилиндрический колпак 4, отражается от его внутренней поверхности, разворачивается на 180° и по каналам 5, образованным внешней поверхностью патрубка 1 и внутренней поверхностью колпака 4, проходит к выходным отверстиям 6, расположенным в нижней части цилиндрического колпака 4, через которые попадает в аппарат. При прохождении исходного потока по узлу ввода он разворачивается приблизительно на 270°, за счет чего уменьшается скорость и гасится энергия потока, так как размеры живых сечений выходных отверстий и каналов по мере прохода жидкости увеличиваются в несколько раз, скорость прохождения и энергия потока, за счет его расширения, значительно уменьшается. Этим обеспечивается равномерное распределение потока жидкости или газожидкостной смеси внутри аппарата.

### **Эффективность**

Равномерное распределение потока жидкости или газожидкостной смеси внутри аппарата позволяет повысить эффективность работы аппарата. Например, улучшить процесс маскообмена за счет равномерного распределения жидкости по поверхности тарелки.

Техническое решение использовано в промышленности.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

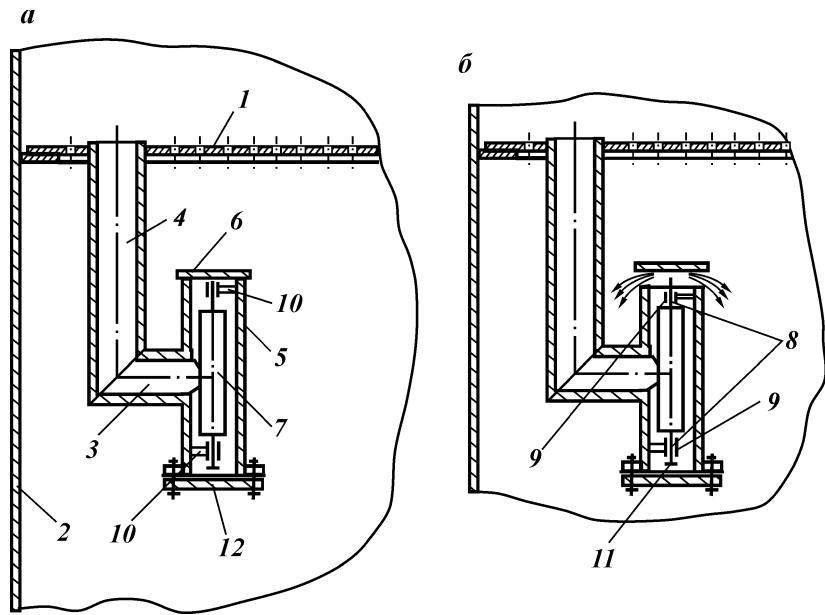
### **Литература**

Патент РФ № 2094092, БИ № 30, 1997 (Автор Г.К. Зиберт).

#### **9.3.4. ПЕРЕЛИВНОЕ УСТРОЙСТВО**

### **Краткое описание**

Предложенное техническое решение (рис. 9.41) относится к устройствам отвода жидкости с массообменных, сепарационных, фильтрующих тарелок на нижележащую ступень или в кубовую часть аппарата и может быть использовано в колонных аппаратах, например, абсорберах осушки газа, сепараторах, фильтрах или секциях многофункциональных массообменных аппаратов.



**Рис. 9.41. Переливное устройство:**

*а* – с закрытым клапаном; *б* – с открытым клапаном.

1 – тарелка; 2 – корпус аппарата; 3 – переливное устройство; 4 – входной патрубок; 5 – выходной патрубок; 6 – клапан; 7 – поплавок; 8 – тяга; 9 – направляющие; 10 – кронштейн; 11 – ограничитель подъема; 12 – съемная заглушка

К тарелке 1, закрепленной на корпусе 2 аппарата, крепится переливное устройство 3, выполненное в виде изогнутого кармана, состоящего из входного патрубка 4, выходного патрубка 5. На выходном патрубке 5 расположен клапан 6, соединенный с поплавком 7 тягой 8, расположенной в направляющих 9, закрепленных кронштейном 10 на стенке выходного патрубка 5, а тяга 8 снабжена ограничителем подъема 11. Нижняя часть выходного патрубка 5, которая расположена ниже нижней части входного патрубка 4 и образует сборник механических примесей, перекрыта съемной заглушкой 12.

Переливное устройство работает следующим образом. При отсутствии жидкости на контактной, фильтрующей или сепарационной тарелке 1 клапан 6 выходного патрубка 5 под собственным весом, весом тяги 8 и поплавка 7 закрыт. Газ не проходит через переливное устройство 3 (при прохождении газа жидкость не будет сливаться через гидрозатвор). По мере накопления жидкости, стекающей из фильтров, сепарацион-

ных устройств или вышележащих тарелок на тарелку 1, заполняется гидравлический затвор, входной патрубок 4 и выходной патрубок 5 переливного устройства 3. При заполнении жидкостью выходного патрубка 5 переливного устройства 3, всплывает поплавок 7 и открывает клапан 6, присоединенный к нему с помощью тяги 8, перемещающейся по направляющим 9. Жидкость вытекает из переливного устройства. Объем поплавка выбирается таким образом, чтобы вес вытесненной жидкости был больше веса клапана 6, поплавка 7 и тяги 8. При повышении перепада давления на тарелке 1 и резком увеличении расхода газа клапан 6 закрывается, предотвращая выброс жидкости из переливного устройства 3.

Ограничитель объема обеспечивает выброс поплавка из патрубка. Механические примеси удаляются из нижней части выходного патрубка 5 по мере накопления путем снятия заглушки 12.

### **Эффективность**

Основными требованиями, предъявляемыми к переливным устройствам для обеспечения надежной работы аппаратов, в которых они используются, являются:

малое гидравлическое сопротивление;

достаточная величина гидрозатвора, исключающая прорыв пара;

обеспечение протекания через переливное устройство заданного количества жидкости без захлебывания.

Кроме того, конструкция предложенного переливного устройства не требует предварительного залива в него жидкости, так как автоматически заливается технологической жидкостью в процессе работы аппарата, а при пульсирующих режимах работы аппарата исключается опустошение гидрозатвора, таким образом, обеспечивается возможность работы аппарата без его вскрытия, что особенно трудоемко для оборудования, работающего при высоких давлениях.

### **Разработчик**

ДАО ЦКБН ОАО “Газпром” (142100, Московская обл., г. Подольск, Комсомольская, 28).

### **Литература**

Патент РФ №2158624, БИ №31, 2000 (Авторы: Г.К. Зиберт, Р.Г. Зиберт).