

УДК 66. 048. 05

***И.А. СУЩЕНКО***, канд. тех наук, ***А.Н. СУЛИМА***, канд. тех наук,  
***И.П. ШЕПОТЬКО***, ***Л.С. МОЛОДЦОВА***, ***Т.А. КУРОЧКА***,  
***С.П. НЕГОДА***, ***Т.Г. ЯШИНА***, ОАО «УкрНИИхиммаш», г. Харьков

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МАССООБМЕНА ПРИ ПОВЫШЕННЫХ НАГРУЗКАХ ПО ЖИДКОЙ ФАЗЕ В ТАРЕЛЬЧАТЫХ КОЛОННЫХ АППАРАТАХ**

У статті розглянуті проблеми створення ефективного обладнання для процесів масообміну в умовах підвищеного навантаження з рідинної фази. У результаті досліджень та конструктивних опрацювань створена нова конструкція десорбера (регенератора), промислове впровадження якого підтвердило доцільність використання методів подовжньо-поперечного секціонування апарата та апаратурно-конструктивної інтенсифікації технологічних процесів взаємодії газів та рідин.

In article problems of creation of the effective equipment for processes of mass transfere in the conditions of the raised loadings on a liquid are considered. As a result of researches and constructive studies the new design of desorber (regenerator) is created. Its industrial introduction has confirmed expediency of use of methods is longitudinal-cross sectionalization of the device and a hardware-constructive intensification of technological processes of interaction of gases and liquids.

Увеличение производительности ректификационных и абсорбционных установок и удовлетворение повышенных требований к качеству получаемых продуктов является актуальной задачей для специалистов отрасли химического машиностроения. Она решается созданием колонных аппаратов большой единичной мощности, обладающих минимально возможными габаритами и высокой эффективностью работы. В настоящей статье приведены результаты решения вопросов создания контактных устройств с использованием методов секционирования тарелок и конструктивной оптимизации процесса массообмена на примере промышленного десорбера (регенератора). Применение этих методов дает высокую результативность за счет организации оптимальной схемы движения и распределения фаз, как по высоте аппарата, так и на тарелках. Создаваемая гидродинамическая обстановка процесса определяет эффективность массоотдачи между контактирующими фазами.

Повышение эффективности массообменных аппаратов достигается за счет устранения продольной и поперечной неравномерности в их работе. Ликвидация возможности образования застойных зон, байпасных и циркулирующих потоков, провала или уноса жидкости с тарелок способствует повышению эффективности взаимодействия газовой и жидкой фаз. Повышение производительности колонных аппаратов достигается конструкцией переливных устройств. Они должны перемещать дегазированную жидкость с тарелки на тарелку. При нагрузках по жидкости на сливную перегородку ситчатых тарелок более  $65 \text{ м}^3/\text{м}\cdot\text{ч}$ , применяются двухпоточные тарелки. На этих тарелках большую площадь занимают сливные и приемные карманы. За счет уменьшения длины пути жидкости по тарелке эффективность массообмена оказывается ниже, чем на однопоточной тарелке. Поэтому создание новых конструкций многосливных тарелок является сложной задачей: необходимо сохранить эффективность однопоточной тарелки и обеспечить повышенную пропускную способность по жидкой фазе. Обычная конструкция переточной тарелки с установкой нескольких переливов не позволяет добиться одинаковых гидродинамических условий в каждом выделенном сливным карманом элементе тарелки.

На основании анализа большого количества существующих конструкций контактных устройств, работающих при больших нагрузках по жидкости, наиболее эффективной конструкцией является тарелка без приемных карманов с переливами и двумя зонами контакта фаз. В качестве контактных элементов могут быть использованы ситчатые и арочные отверстия, клапаны

и другие контактные устройства. В данной статье рассматривается работа десорбера с ситчатыми многосливными тарелками. Равномерное распределение потоков на тарелке осуществляется секционированием ее на отдельные секции вертикальными перегородками с установкой в каждой секции переливного устройства. Высота переливного устройства принимается меньше межтарельчатого расстояния. Контакт пара и жидкости осуществляется одновременно в барботажном слое тарелки и выше него. Гидравлический затвор в переливе обеспечивается столбом жидкости, вытекающей через кольцевую щель в нижней части переливного устройства. Щель образуется при креплении с зазором к нижнему торцу перелива распределительного диска, который формирует из жидкости, выходящей из цилиндрического перелива, пленку. Ширина щели, создающая высоту жидкости в переливе, определяется жидкостной нагрузкой на перелив. Жидкость, вытекающая из щели в виде пленки, взаимодействуя с восходящим паровым потоком в межтарельчатом объеме, образует вторую зону контакта фаз, которая увеличивает эффективность тарелки. Конструкция перелива исключает необходимость приемных карманов на нижележащей тарелке. Конструкция перелива обеспечивает образование второй зоны контакта при заданной нагрузке по жидкости, исключает возможность проскока газа через перелив. Секционирование тарелки вертикальными перегородками уменьшает продольное перемешивание газа в слое жидкости, исключая движение газового потока без контакта с жидкостью (рис. 1).

Этот конструктивный прием приближает движение газа к режиму идеального вытеснения.

Создание секционированных тарелок начинается с исследований гидродинамики и эффективности конструкции отдельной секции в натуральную величину. После отработки конструкции одной секции тарелка собирается суммированием нескольких секций. Их количество зависит от диаметра тарелки. Секции разделяются секционирующими перегородками. При таком методе масштабного перехода исключается поперечная неравномерность, которая проявляется при изменении гидродинамики контактирующих фаз – появлением байпассирующих потоков, неравномерному распределению потока жидкости при увеличении диаметра тарелки. Однонаправленное движение жидкости от секционированной перегородки к переливу в каждой секции на всех тарелках способствует повышению движущей силы процесса массопередачи по всей площади тарелки. Гидравлическое моделирование, являю-

щеется основой для проектирования и оценки работы промышленных колонн, при применении продольно-поперечного секционирования, фактически сводится к созданию системы параллельно работающих колонн малого диаметра с индивидуальным подводом жидкой и паровой фаз в одном аппарате.

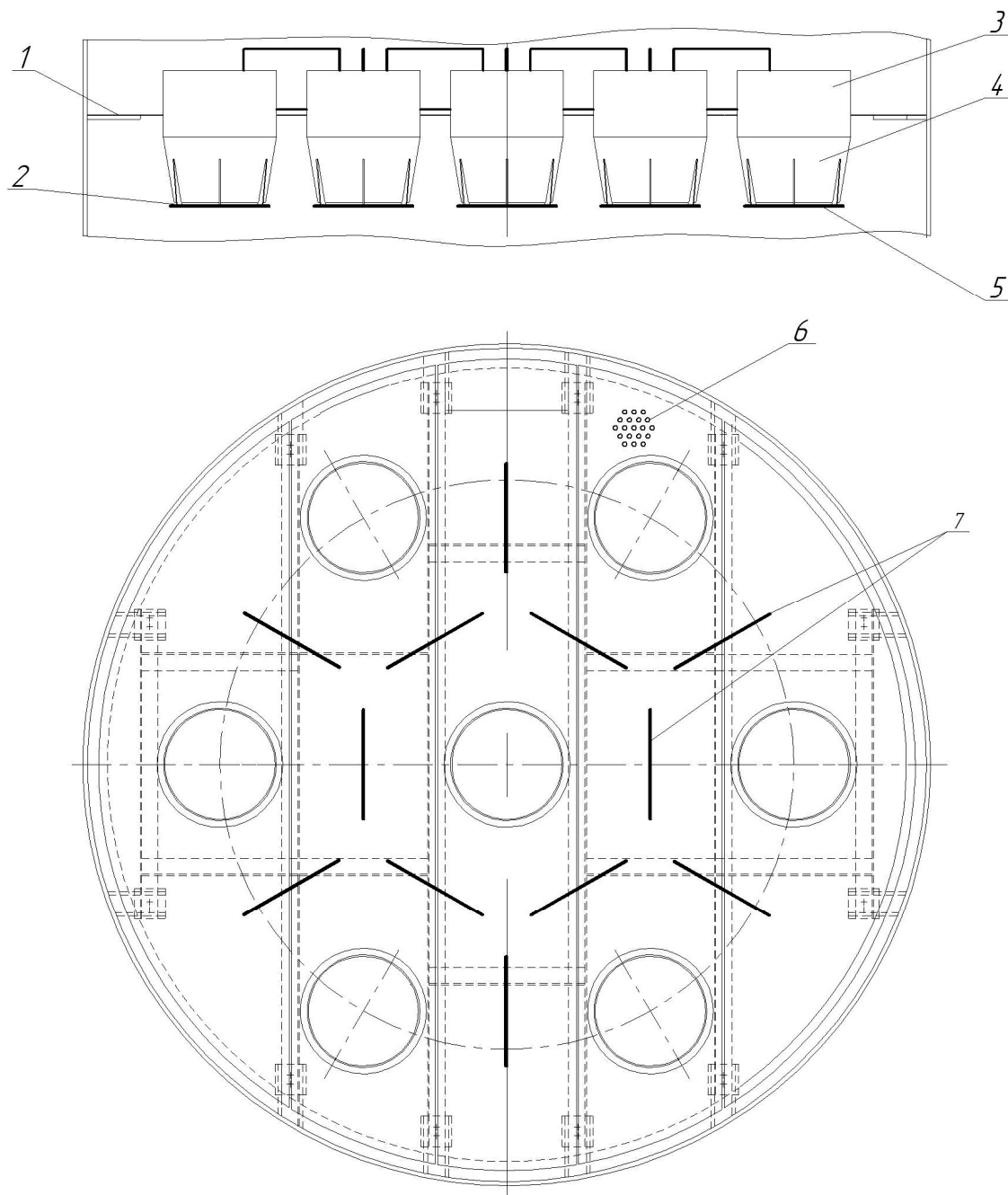


Рис. 1. Тарелка с двумя зонами контакта фаз:

- 1 – полотно тарелки; 2 – кольцевая щель; 3 – сливная перегородка;  
 4 – сливное устройство; 5 – распределительный диск; 6 – ситчатые отверстия;  
 7 – секционирующие перегородки.

Примером такого аппарата является промышленный десорбер  $\varnothing 3800$  мм,

в котором осуществляется процесс десорбции диоксида углерода из насыщенного раствора моноэтаноламина, поступающего из абсорбера. В качестве контактных устройств применены секционированные ситчатые многосливные тарелки с диаметром отверстия сита  $d_0 = 15$  мм. Секционирование ситчатых тарелок уменьшает обратное перемешивание и градиент уровня жидкости вдоль тарелки, совершенствует перемещение жидкости по площади к переливу. Секционирующие перегородки имеют отверстия для перетока жидкости между секциями, что позволяет рассматривать отдельные секции как сообщающиеся сосуды. Высота сливного порога принята равной 0,2 м.

Этот конструктивный параметр и секционирование тарелки позволяют при больших нагрузках по жидкости и газу создать двухфазный слой с высоким газосодержанием, что обеспечивает увеличение поверхности массопередачи и повышение эффективности тарелки.

Формирование слоя жидкости вблизи ситчатых отверстий является особенно важным для создания структуры барботажного слоя. Увеличение высоты сливного порога, создание успокоительной зоны между сливным порогом и первым рядом ситчатых отверстий приводит к возрастанию количества светлой жидкости на тарелке и к увеличению скорости выдувания газа (десорбции).

При выходе пузырьков газа из слоя жидкости (пены) разрушается поверхность пленки и происходит образование брызг, которые поднимаются потоком газа над слоем жидкости или пены на различную высоту в зависимости от их дисперсности и скорости газа. При увеличении скорости газа зона пены увеличивается за счет пузырьковой зоны. Массообмен внутри пузырей ускоряется внутренней циркуляцией в слое, возникающей на поверхности газ-жидкость. При прохождении через жидкость пузыри по мере подъема распределяются по размерам, что обусловлено распадом больших пузырей и тенденцией пузырей всех размеров к слиянию. Массопередача идет за счет молекулярной и турбулентной диффузии. Газ, покидая барботажный слой, прорывается через пленку жидкости в межтарельчатом объеме, дробя ее на капли и брызги (рис. 2).

Так создается дополнительная поверхность контакта фаз в межтарельчатом объеме. Кроме этого пленка жидкости обладает сепарационной способностью для брызг, покидающих рабочую площадь тарелки, чем снижает величину брызгоуноса из барботажного слоя на вышележащую тарелку и дает возможность проводить процесс при более высокой скорости газа. Пленка

жидкости, истекающая из кольцевой щели перелива, имеет наиболее эффективные сепарирующие свойства, если она расположена в плоскости распределительного диска. Этот эффект обеспечивается соответствующей длиной выступающей части распределительного диска.

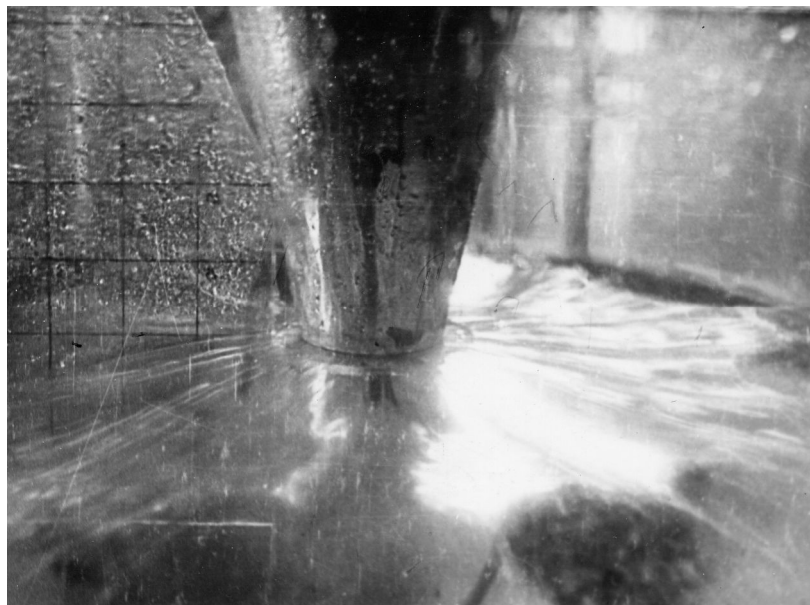


Рис. 2. Истечение жидкости из круглого перелива тарелки с двумя зонами контакта фаз

Для подачи жидкости на верхнюю тарелку колонны разработано специальное устройство, из которого насыщенный раствор моноэтаноламина поступает на верхнюю тарелку.

Разработанная конструкция ситчатой многосливной тарелки с двумя зонами контакта фаз обеспечила оптимизацию гидродинамической обстановки на тарелках. Конструктивными параметрами, оптимизирующими процесс массопередачи, являются: тип контактного элемента, высота сливного порога, секционирующие перегородки, высота кольцевой щели сливного устройства, размеры распределительного диска. Основные преимущества новой тарелки по сравнению с обычными двухпоточными (или четырехпоточными) тарелками заключаются в следующем:

- секционирование вертикальными перегородками устранило продольную и поперечную неравномерность в распределении газовой и жидкой фаз;
- наличие дополнительной зоны контакта фаз в межтарельчатом объеме приводит к увеличению поверхности массообмена;
- отсутствие приемных карманов для жидкой фазы увеличивает рабочую площадь тарелки;

- за счет развитого периметра слива из семи сливных карманов создана возможность увеличения нагрузки десорбера по жидкости;

- сепарирующая способность дополнительной зоны контакта фаз позволяет увеличить скорость газовой фазы в колонне;

- тарелки с двумя зонами контакта фаз в межтарельчатом объеме позволяют интенсифицировать процесс массопередачи и решить задачу транспорта жидкости от центра к периферии элемента.

Промышленное внедрение десорбера (регенератора) с тарелками вышеописанной конструкции показало, что процесс десорбции углекислого газа из насыщенного раствора моноэтаноламина проходит более эффективно, чем в аппаратах с ситчатыми тарелками с обычными переливами и приемными карманами: обеспечивается требуемая степень регенерации раствора при более высоких нагрузках по газу и жидкости. По производственным условиям нагрузки увеличились на 30 % (~ до  $50 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$ ), предельные нагрузки по жидкости, рассмотренной конструкции – до  $80 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$ , по газу –  $F_{\text{фактор}}$  ( $F_{\text{фактор}} = 2,55 \text{ кг}^{0,5} \text{ м}^{0,5} \text{ с}$ ).

Тарелки рекомендуются к применению в колонных аппаратах для проведения процессов ректификации, дистилляции и абсорбции при атмосферном и повышенном давлении, применяемых в химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и др. отраслях промышленности.

**Список литературы:** 1 *Задорский В.М.* Интенсификация газожидкостных процессов химической технологии. – К.: Техніка, 1979. – 198 с. 2. *Рабинович Е.З.* Гидравлика. – М.: Недра, 1974. – 296 с. 3. *Молоканов Ю.К. и др.* Разделение смесей кремнийорганических соединений. – М.: Химия, 1974. – 295 с. 4. *Мановян А.К.* Технология первичной переработки нефти и природного газа. – М.: Химия, 2001. – 567 с.

*Поступила в редколлегию 05.05.08*