

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АППАРАТОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Спинов В.М., Афтанюк В.В., Розов К.А.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*

Обеспечение эффективной работы тепло- и массообменного оборудования (испарителей, парогенераторов, конденсаторов, деаэраторов, подогревателей, охладителей) тепловых и атомных электростанций, котельных, тепловых пунктов промышленных предприятий и жилищно-коммунального хозяйства, особенно входящего в состав систем водоподготовки, тепло- и водоснабжения и непосредственно влияющего на качество приготовляемой воды, остается важной задачей и сегодня. Актуальность ее решения возрастает в настоящий период, характеризующийся постоянным ростом стоимости энергоносителей, аппаратуры, а также повышенным вниманием к вопросам энерго- и ресурсосбережения. Существенное повышение эффективности оборудования, обеспечивающее значительное снижение металлоемкости и энергопотребления на производство продукции, возможно в первую очередь за счет интенсификации процессов теплообмена [1].

Для теплообменных аппаратов и мокрого пылеулавливания разработан ряд оригинальных устройств, которые позволяют интенсифицировать процессы теплообмена происходящие в этих аппаратах.

Так в [2], предложена конструкция контактной тарелки для тепло- массообменного аппарата, конструкция которой (рис. 1,а) позволяет увеличивать закручивание потока и обеспечить более полное использования рабочего объема аппарата за счет отверстий оснащенных лепестками (рис. 1,б), отогнутыми под углом к плоскости диска и образуют щелевые отверстия в форме креста с загнутыми под прямым углом концами.

В некоторых случаях увеличение эффективности тепломассообменных аппаратов за счет улучшения газонасыщенности барботажного слоя, увеличения высоты динамической пены на тарелке и уменьшения забиваемости отверстий, достигается путем выполнения тарелки (рис. 2) из шаров жестко закрепленных по хордам окружности параллельными рядами вплотную одному к другому [3].

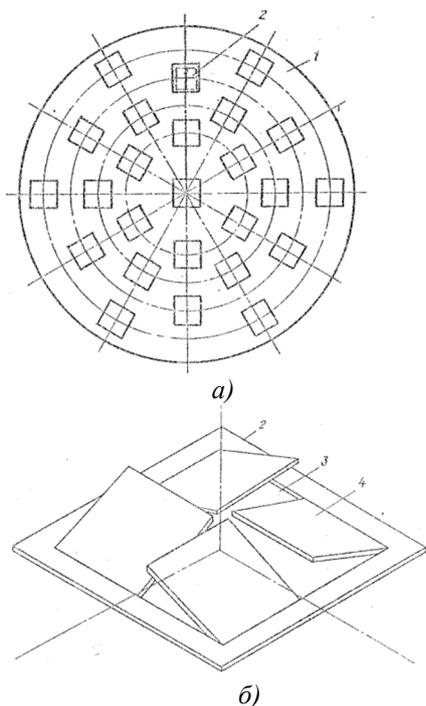


Рис. 1. Контактная тарелка для тепломассообменных аппаратов [2]: а – общий вид тарелки; б – общий вид элемента тарелки.

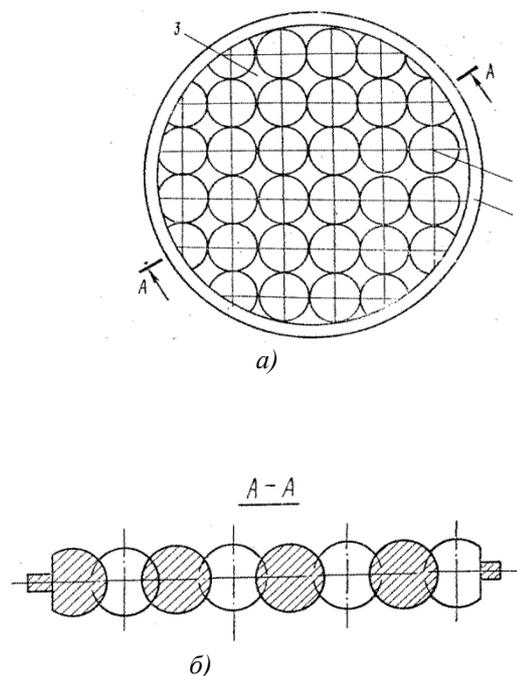


Рис. 2 Провальная тарелка [3]: а – общий вид тарелки; б – разрез тарелки.

Газ проходит снизу вверх в отверстия между шарами и образует на тарелке газожидкостный слой, в котором происходят процессы теплообмена или пылеочистки. Такая конструкция тарелки позволяет увеличить периметр слива, уменьшить гидравлическое сопротивление. Увеличить газонасыщенность слоя и уменьшить забиваемость отверстий [3].

Для снижения потерь кинетической энергии газа при прохождении его через щелевую тарелку, щели снабжают прикрепленной полосой (рис. 3), что повышает эффективность работы за счет увеличения турбулизации газо-жидкостного слоя [4]. Авторами разработки рекомендуется устанавливать полосы наклонно под углом  $70-80^\circ$  к горизонтальной плоскости (рис. 3,б). Такое техническое решение повышает эффективность массопередачи, как в жидкой, так и в газовой фазе на 20% [4].

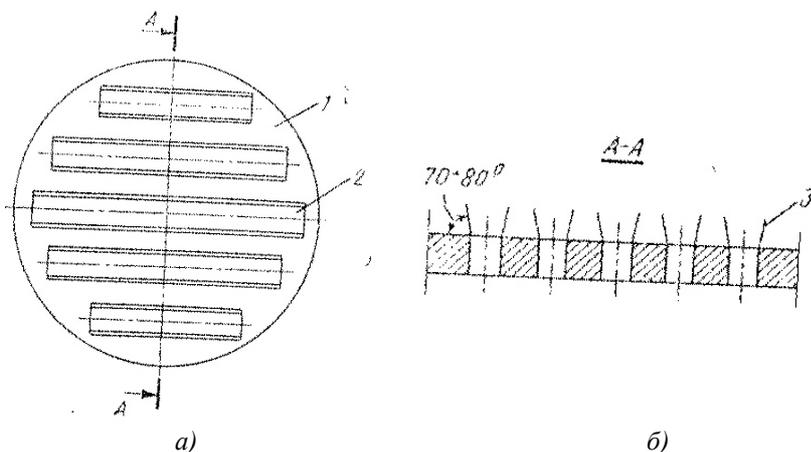


Рис. 3. Щелевая тарелка [4]:  
а – общий вид тарелки; б – разрез тарелки.

Одной из важных характеристик любого контактного аппарата является величина брызгоуноса. Многими отечественными и зарубежными специалистами ведется поиск рационального решения с целью минимизации уноса жидкости в процессе теплообмена.

Для снижения брызгоуноса применяется изменение направления движения жидкости через тарелку путем применения закручивающих устройств.

Например, в конструкции тарелки (рис. 4) для изменения направления движения применяются перегородки с треугольными лепестками, отогнутыми в противоположных направлениях. Работа тарелки осуществляется в режиме противотока, жидкость накапливается на тарелке (рис. 4,а), образуя взаимодействующий газожидкостный слой из которого выделяется значительное количество капель. Капли, ударяясь о лепестки тарелки, изменяют направление движения и движутся под углом к плоскости тарелки. Между перегородками создается направленная циркуляция жидкости, за счет которой снижается брызгоунос и а также расширяется диапазон устойчивой работы тарелки [5].

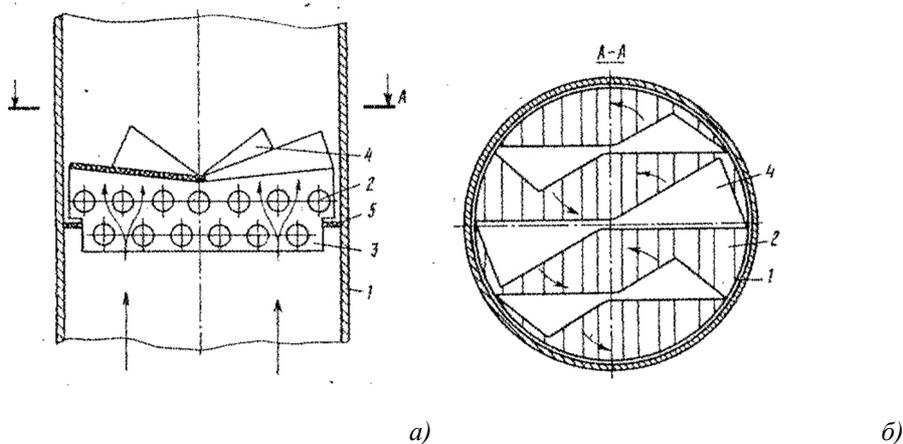


Рис. 4. Теплообменная тарелка [5]:  
а – общий вид тарелки; б – разрез тарелки

Для модернизации сетчатых барботажных тарелок, недостатком которых является неравномерность распределения фаз в рабочем сечении тарелки, которая приводит к проскоку (неконтакту) газа, особенно в

зазоре между периметром тарелки и царгой (рис. 5,а), применяют специальный завихритель (рис. 5б) установленный по периметру тарелки [6].

Тарелка работает следующим образом. При поступлении жидкости и газа барботажная тарелка работает в центральной части как обычная сетчатая тарелка, а по периметру, как тарелка с закрученным потоком фаз. Вращающаяся по периметру зона (круг) фаз делает невозможным проскок (неконтакт) фаз. Вращательное движение фаз у царги «подтормаживает» жидкость, стекающую вниз, вследствие чего, образуется градиент уровней на ее периферии и у центра тарелки. Поэтому жидкость от периферии перемещается равномерно по поверхности тарелки к центру и контактирует с газом проходящим через рабочие отверстия тарелки. Закрученный поток фаз по периметру уплотняет зазор и устраняет возможность проскока фаз между царгой и завихрителем [6].

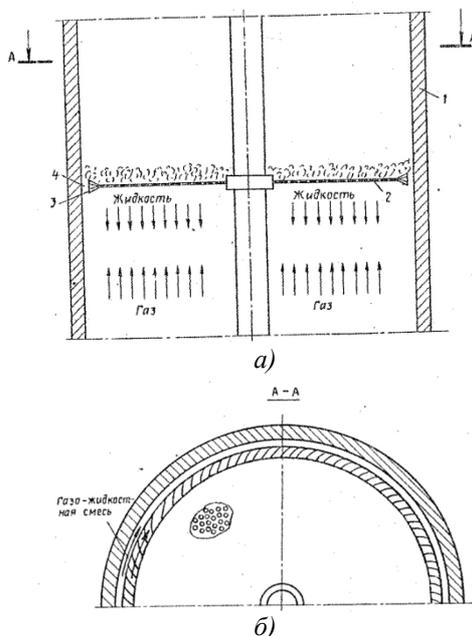


Рис. 5. Барботажная тарелка [6]:  
а – общий вид аппарата; б – разрез тарелки.

Применение данной конструкции позволяет повысить эффективность теплообмена, за счет обеспечения равномерного распределения фаз на полотне тарелки.

Для улучшения условий сепарации и организации циркуляции жидкости применяются вихревые тарелки [1], в полотне которых установлены закручивающие устройства (рис. 6). Установка закручивающих устройств непосредственно в полотне тарелки позволяет расширить диапазон устойчивой работы теплообменного аппарата, снизить брызгоунос, обеспечивает интенсивную рециркуляцию и дробление жидкости на полотне тарелки, снижает гидравлическое сопротивление аппарата.

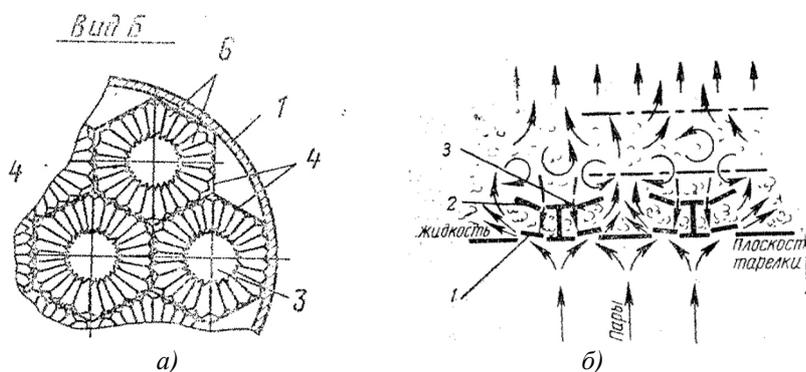


Рис. 6. Вихревые тарелки:  
а – вихревая тарелка по [7]; б – вихревая тарелка по [8].

### Выводы

Обобщая проведенный патентный обзор конструкций теплообменных аппаратов можно констатировать, что все технические приемы интенсификации процессов теплообмена можно условно

подразделить на пассивные (не требующие непосредственной затраты энергии извне) и активные, которые требуют прямых затрат энергии от внешнего источника. Пассивные методы включают специальную физико-химическую обработку поверхностей, использование шероховатых и развитых поверхностей, устройств, обеспечивающих перемешивание и закручивание потока, способы воздействия на поверхностное натяжение, добавление примесей в теплоноситель. Активные методы включают механические воздействия, вибрацию поверхностей теплообмена, пульсации потока жидкости, использование электростатических полей, вдув и отсос теплоносителя.

На базе проведенного изучения рациональных путей совершенствования теплообменных аппаратов предложено новое устройство для интенсификации процессов теплообмена [9]. Работа устройства заключается в следующем: на первом этапе обеспечить эффективную закрутку и коагуляцию частиц пыли очищаемого газа в аксиально-лопаточном завихрителе с использованием методов центробежной и инерционной сепарации; на втором этапе, в пенном слое жидкости, обеспечить очистку газа до уровня ПДК [9].

Выполнение завихряющих элементов в виде аксиально-лопаточных завихрителей позволяет достичь высокой степени крутки потоков с высоким коэффициентом крутки (больше 0,6), что интенсифицирует теплообмен за счет равномерного распределения фаз, позволяет более полно использовать рабочую поверхность, и одновременно снизить гидравлическое сопротивление тарелки. Особая конструкция отбойного диска, в центре которого выполнен канал с отверстиями, позволяет улучшить внутреннюю циркуляцию жидкости, и снизить брызгоунос.

## SUMMARY

**Held patent survey design heat and mass transfer devices. Studied the techniques to intensify the processes of heat and mass transfer. A new rational design of heat and mass transfer apparatus.**

## *Литература*

1. Богословский В.Н. Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха / В.Н. Богословский, М.Я. Поз. – М.: Стройиздат, 1983. – 164с.
2. А.с. 556819 (СССР). Контактная тарелка для массообменного аппарата. / Дронин В.Н., Соловьев Н.А., Богданов М.Х., Замалиева Р.Г.. Оpubл. в Б.И. , 1977 , №17.
3. А.с. 1018664 (СССР). Провальная тарелка для массообменных колон. / Левш И.П., Левш В.И, Умаров С.С., Убайдуллаев А.К., Умаров С.У. Оpubл. в Б.И. , 1983 , №19.
4. А.с. 559713 (СССР). Щелевая тарелка. / Беспалов А.В., Кулешов О.Г., Терехов Н.И. Оpubл. в Б.И. , 1977 , №20.
5. А.с. 921588 (СССР). Теплообменная тарелка. / Вайтехович П.Е., Левданский Э.И., Плехов И.М., Бабкин В.В., Киреев Н.И. Оpubл. в Б.И. , 1982, №15.
6. А.с. 663414 (СССР). Барботажная тарелка. / Григорьев Л.Г., Ларин В.А., Гашкевич В.Ю., Мамай Е.А. Оpubл. в Б.И. , 1979, №19.
7. А.с. 1247033 (СССР). Тарелка для теплообменных аппаратов. / Лахтанов С.А., Протасов С.К., Шишло Б.М., Турунцева Г.В., Шибутович М.И. Оpubл. в Б.И. , 1986 , №28.
8. А.с. 175921 (СССР). Вихревая ректификационная тарелка. / Мановян А.К. Оpubл. в Б.И. , 1965 , №21.
9. Пат. 3615 Україна, МПК 7 В01D3/22. Вихрова тарілка для теплообмінних апаратів / Афтанюк В.В., Спинов В.М.; заявл. 30.12. 2003; опубл. 15.12.2004, Бюл. №12.