

УДК 663.551.4

**СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
КЛАПАННОЙ ТАРЕЛКИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ****Д.Н. МАЙТАМ***(Полоцкий государственный университет)*

Представлен сопоставительный анализ изменения гидравлического сопротивления клапанной тарелки новой конструкции. Приведены результаты экспериментальных исследований в виде графических зависимостей гидравлического сопротивления разработанной тарелки от скорости газа в колонне. Выявлено, что при относительно невысоком гидравлическом сопротивлении (0,4...1,6 кПа) эффективность усовершенствованной клапанной тарелки характеризуется высокими показателями.

В промышленности часто используются колонные аппараты, оборудованные разнообразными контактными массообменными устройствами. Такое разнообразие конструкций закономерно, так как невозможно существование универсальных аппаратов, удовлетворяющих всем требованиям практического использования массообменных аппаратов в широком спектре технологических процессов.

В данной работе рассматривается одна из характеристик клапанной тарелки новой усовершенствованной конструкции – гидравлическое сопротивление.

Процессы массопередачи можно разделить на две группы:

- к одной группе относятся процессы (абсорбция, экстракция и др.), в которых участвуют минимально три вещества: первое находится только в одной фазе, второе – только в другой, а третье – переходит из одной фазы в другую и представляет собой распределяемое между фазами вещество. Первое и второе вещество – лишь носители распределяемого вещества, и сами не переходят из фазы в фазу. Так, например, при поглощении аммиака водой из его смеси с воздухом вода и воздух служат носителями распределяемого вещества – аммиака;

- к другой группе относятся процессы (например, перегонка), в которых вещества, составляющие две фазы, обмениваясь компонентами, сами непосредственно участвуют в массопередаче и уже не могут рассматриваться как инертные носители распределяемого вещества.

Абсорбция – процесс поглощения индивидуального газа, а также избирательного поглощения одного или нескольких компонентов газовой смеси жидким поглотителем, абсорбентом.

Поглощение газа может происходить либо за счет его растворения в абсорбенте, либо в результате химического взаимодействия с абсорбентом. В первом случае процесс называют физической абсорбцией, во втором – хемосорбцией. Возможно также сочетание обоих механизмов процесса. Абсорбируемые компоненты газовой смеси условимся называть абсорбтивом, а неабсорбируемые – инертном.

Тарельчатые абсорберы представляют собой, как правило, вертикальные колонны, внутри которых на определенном расстоянии друг от друга размещены горизонтальные перегородки – тарелки, с помощью которых осуществляется направленное движение фаз и многократное взаимодействие жидкости и газа.

В настоящее время в промышленности применяются разнообразные конструкции тарельчатых аппаратов. По способу слива жидкости с тарелок барботажные абсорберы можно подразделить на колонны:

- 1) с тарелками со сливными устройствами;
- 2) с тарелками без сливных устройств.

Эффективность тарелок любых конструкций в значительной степени зависит от гидродинамических режимов их работы. В зависимости от скорости газа и плотности орошения различают три основных гидродинамических режима работы барботажных тарелок: пузырьковый, пенный и струйный, или инжекционный. Эти режимы отличаются структурой барботажного слоя, которая в основном определяет его гидравлическое сопротивление и высоту, а также величину поверхности контакта фаз [1].

Отметим, что *колпачковые тарелки* устойчиво работают при значительных изменениях нагрузок по газу и жидкости. Этот показатель особенно важен при организации процесса в производственных условиях. Но недостатки колпачковых тарелок довольно существенны:

- они сложны по устройству;
- для их изготовления требуются значительные затраты (дорогостоящий металл);
- тарелки этого типа отличаются большим гидравлическим сопротивлением и малой предельно допустимой скоростью газа.

Вследствие этого колонны с колпачковыми тарелками вытесняются более эффективными конструкциями тарельчатых аппаратов.

Клапанные тарелки. Достоинством такого типа тарелок, прежде всего, следует считать их гидродинамическую устойчивость и высокую эффективность в широком интервале изменения нагрузок по газу. Достоинством клапанных тарелок также является динамический, переменный режим работы. Подвижные клапаны в зависимости от паровой нагрузки поднимаются и опускаются, регулируя площадь свободного сечения тарелки. Вследствие этого в широком пределе нагрузок скорость паров в отверстиях тарелки существенно не меняется.

Недостатками таких тарелок являются:

- повышенное их гидравлическое сопротивление, обусловленное весом клапана;
- усложненная конструкция тарелки.

Все вышеуказанные достоинства тарелок (как колпачковой, так и клапанной) учтены в новой конструкции тарелки (рис. 1), разработанной автором данного исследования с коллегами, для повышения эффективности проведения массообменных процессов.

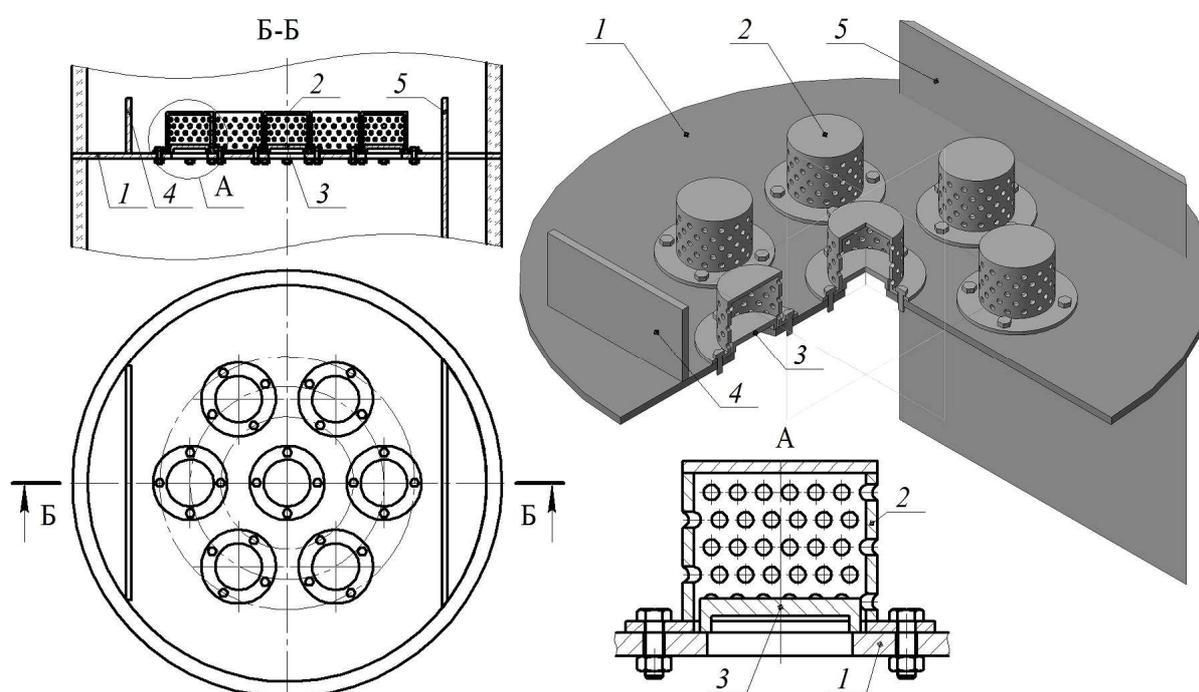


Рис. 1. Конструкция разработанной клапанной тарелки:

1 – тарелка; 2 – колпачок; 3 – клапан; 4 – приемный порог; 5 – перегородка сливного стакана

Отличительной особенностью предлагаемой тарелки является наличие перфорированных колпачков 2, которые крепятся к тарелке болтами, и саморегулирующихся дисковых клапанов 3, способных подниматься при движении пара (газа).

Диаметр отверстий в тарелке для прохода газовой фазы несколько меньше диаметра дисковых клапанов 3 и перфорированных колпачков 2, благодаря чему клапан удерживается на тарелке. Высота подъема клапана ограничивается высотой колпачка.

Исследовались два типа колпачка:

- с высоким подъемом клапана (до 27 мм);
- низким подъемом клапана (до 21 мм).

Кроме этого перфорация колпачка была выполнена в двух вариантах: 2 и 3 мм.

Принцип работы тарелки следующий. Свободно лежащий над отверстием в тарелке клапан с изменением расхода газа своим весом автоматически регулирует величину площади зазора между клапаном и плоскостью тарелки для прохода газа и тем самым поддерживает постоянной скорость газа при его истечении в барботажный слой. При этом с увеличением скорости газа в колонне гидравлическое сопротивление клапанной тарелки увеличивается незначительно. Жидкость поступает по трубке

сверху на тарелку, переливается через приемный порог 4. Снизу поднимается газ, проходя через прорезы в колпачках, попадает в жидкость и барботирует через неё в виде пузырьков. При увеличении столба жидкости над тарелкой происходит переливание через перегородку 5, жидкость стекает вниз, откуда удаляется из колонны.

Целью данного исследований являлось определение гидравлического сопротивления усовершенствованной клапанной тарелки в зависимости от некоторых геометрических особенностей клапана и диаметра отверстий в нем.

Фиктивную (приведенную) скорость воздуха в колонне w , м/с, то есть отнесенную к полному сечению колонны, находили по следующему уравнению [1]:

$$w = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d^2}, \quad (1)$$

где V – объемный расход воздуха в колонне, определяемый с помощью диафрагмы и дифманометра, м³/с; d – внутренний диаметр колонны, равный 0,144 м.

Гидравлическое сопротивление тарелки определяли по разности статических давлений под и над тарелкой. Плотность орошения в колонне q , м³/(м²·ч), согласно уравнению расхода, составила

$$q = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}, \quad (2)$$

где Q – объемный расход жидкости в колонне, определяемый с помощью ротаметра, м³/ч.

Диапазон устойчивой работы усовершенствованной клапанной тарелки наблюдается при скорости воздуха 0,6...1,7 м/с. При этом на тарелке возникает газожидкостная дисперсная система – пена, что соответствует пенному режиму работы тарелки. В указанном режиме контактирование газа и жидкости происходит на поверхности пузырьков и струй газа, а также на поверхности капель жидкости, которые в большом количестве образуются над барботажным слоем при выходе пузырьков газа из барботажного слоя и разрушении их оболочек. В пенном режиме поверхность контакта фаз на тарелке максимальна.

Получены графические зависимости величины гидравлического сопротивления новой конструкции орошаемой клапанной тарелки.

Результаты экспериментальных исследований гидравлического сопротивления сухой и орошаемой тарелки в зависимости от фактора разделения $F = w \sqrt{\rho_{\text{газа}}}$ представлены на рисунках 2–5.

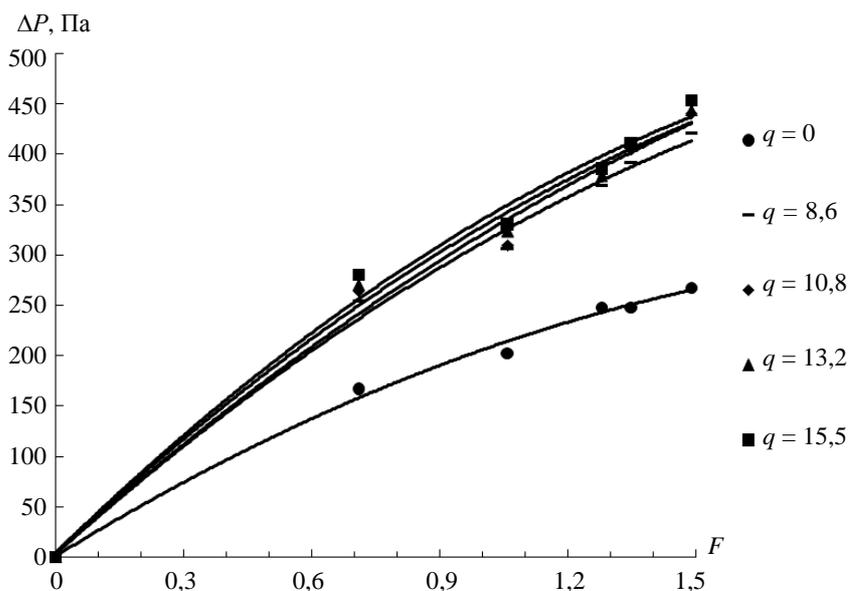


Рис. 2. Гидравлическое сопротивление разработанной клапанной тарелки при различных плотностях орошения q , м³/(м²·ч); короткий клапан, диаметр отверстий в колпачке 2 мм

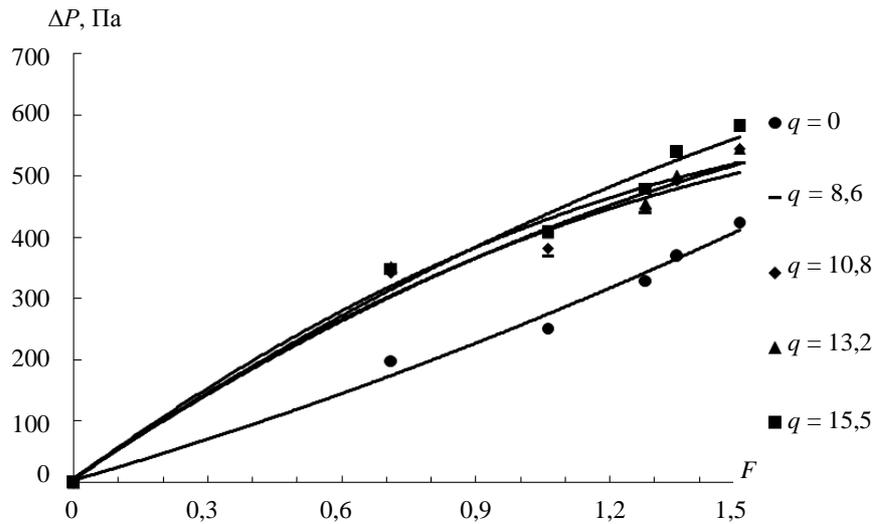


Рис. 3. Гидравлическое сопротивление разработанной клапанной тарелки при различных плотностях орошения q , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; длинный клапан, диаметр отверстий в колпачке 2 мм

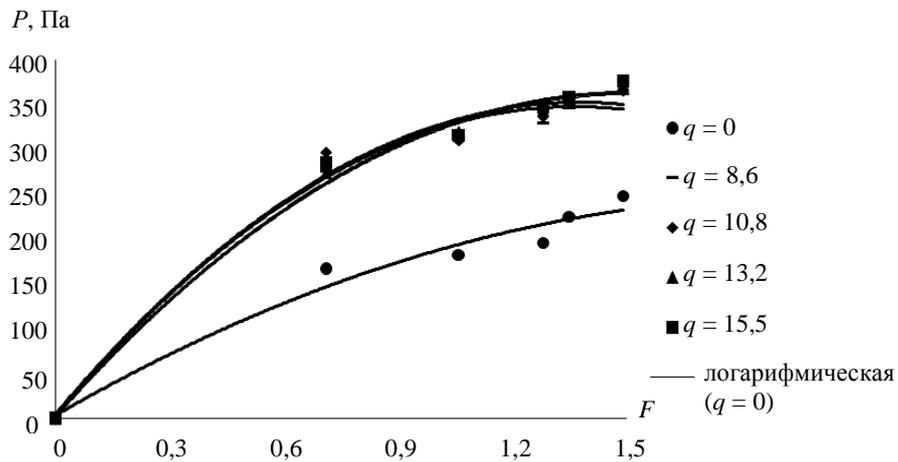


Рис. 4. Гидравлическое сопротивление разработанной клапанной тарелки при различных плотностях орошения q , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; короткий клапан, диаметр отверстий в колпачке 3 мм

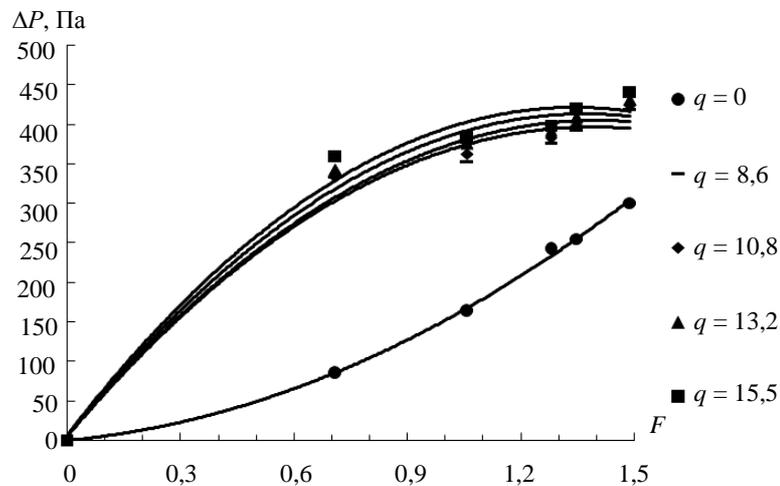


Рис. 5. Гидравлическое сопротивление разработанной клапанной тарелки при различных плотностях орошения q , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; длинный клапан, диаметр отверстий в колпачке 3 мм

Анализ представленных графиков показал, что с увеличением скорости увеличивается гидравлическое сопротивление, причем увеличение плотности орошения также ведет к его незначительному увеличению.

Стоит отметить незначительное повышение гидравлического сопротивления тарелки при работе с длинным клапаном, что хорошо прослеживается на рисунках 2–5.

Как и следовало ожидать, увеличение диаметра отверстий в колпачке снижает гидравлическое сопротивление тарелки на 10...15 %.

Сравнение эффективности некоторых конструкций тарельчатых контактных устройств рассмотрено в [2, рис. 4.4]. По приведенным в источнике данным, лучшими показателями по гидравлическому сопротивлению обладают ситчатые и S-образные тарелки с клапанами, клапанные балластные тарелки занимают промежуточное положение.

Заключение. Разработанная тарелка имеет относительно невысокое гидравлическое сопротивление и высокую эффективность, что позволяет широко использовать данный тип тарелок для проведения массообменных процессов.

Следует отметить, что универсальных конструкций тарелок не существует. При выборе конкретного типа тарелок следует отдать предпочтение той конструкции, основные (не обязательно все) показатели эффективности которой в наибольшей степени удовлетворяют требованиям, предъявляемым исходя из функционального назначения тарелки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 753 с.
2. Ахметов, С.А. Лекции по технологии глубокой переработки нефти в моторные топлива: учеб. пособие / С.А. Ахметов. – СПб.: Недрa, 2007. – 312 с.

Поступила 30.01.2015

COMPARATIVE ANALYSIS OF CHANGE OF HYDRAULIC RESISTANCE OF THE VALVATE PLATE OF THE NEW DESIGN

D. MAITHAM

In the article the new design of valve collar is presented. The results of experimental researches in the form of graphic dependences of hydraulic resistance of the developed plate on gas speed in a column are resulted. The efficiency of improved valve collar at rather low hydraulic resistance (0,4...1,6 kPa) is rather high.