

С. К. Протасов, И. М. Плехов

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЯМОТОЧНО-ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОНТАКТНОГО УСТРОЙСТВА

Повышение производительности массообменных аппаратов и интенсификация процессов взаимодействия газопарожидкостных систем в последнее время достигаются за счет создания контактных устройств с прямоточным движением фаз. Большинство созданных конструкций является элементами трубчатого типа [1—5], в которых кинетическая энергия быстродвижущегося газа используется для захвата и транспортировки жидкости, что обеспечивает высокую турбулизацию газопарожидкостной системы. Подвод жидкости с тарелки в зону контакта осуществляется различным способом. Наиболее простое решение подвода через отверстия в боковой стенке трубки. Однако, для того чтобы жидкость поступала в контактный элемент, ей необходимо преодолеть статическое давление газа в месте подвода.

Для аппаратов ступенчатого типа это явление влечет за собой увеличение уровня жидкости на тарелках и в конечном счете высоты всей колонны. Совершенно очевидно, что применение простейшего инжектора позволит добиться пониженного давления в зоне подвода жидкости и уменьшения ее уровня на тарелке.

Авторами для проведения процессов абсорбции и ректификации в интенсифицированных режимах разработана новая конструкция прямоточно-центробежной инжекционной тарелки элементного типа с взаимодействием фаз в закрученном потоке, последующей сепарацией и многократной циркуляцией жидкости.

Схема тарелки показана на рис. 1. На полотне 1 закрепляется в зависимости от производительности аппарата один или несколько контактных элементов. Каждый из них состоит из цилиндрического патрубка 2 с тангенциальными щелями 3 для ввода газа и соосной цилиндрической камеры смешения 4 с кольцевой щелью 5 для прохода жидкости в зону контакта и рядом кольцевых щелей 6 для отвода жидкости после контакта фаз.

Газовая (паровая) фаза поступает в патрубок 2 через тангенциальные щели, благодаря чему создается восходящий закрученный поток. На выходе из патрубка 2 в камеру смешения 4 закрученный газовый поток увлекает с тарелки 1 через кольцевую щель 5 жидкую фазу, которая в поле центробежных сил удерживается на внутренней стенке и перемещается в направлении движения газа (пара) в виде пленки. В верхней части камеры смешения 4 под действием центробежной силы жидкая фаза выходит через щели в межтрубное пространство и попадает на тарелку 1, где снова инжектируется или перетекает по сливной трубе 8 на нижележащую тарелку.

В настоящем сообщении приводятся результаты исследования конструктивных и рабочих параметров отдельного прямоточно-центробежного контактного устройства. Обычно для тарелок элементного типа резуль-

таты, полученные на одном элементе, можно распространить на всю тарелку.

Конструкция контактного устройства принципиально похожа на инжектор с цилиндрической камерой смешения и соплом. От величины разрежения на срезе сопла в камере смешения зависит коэффициент инжекции — один из основных параметров работы устройства. В обычных ин-

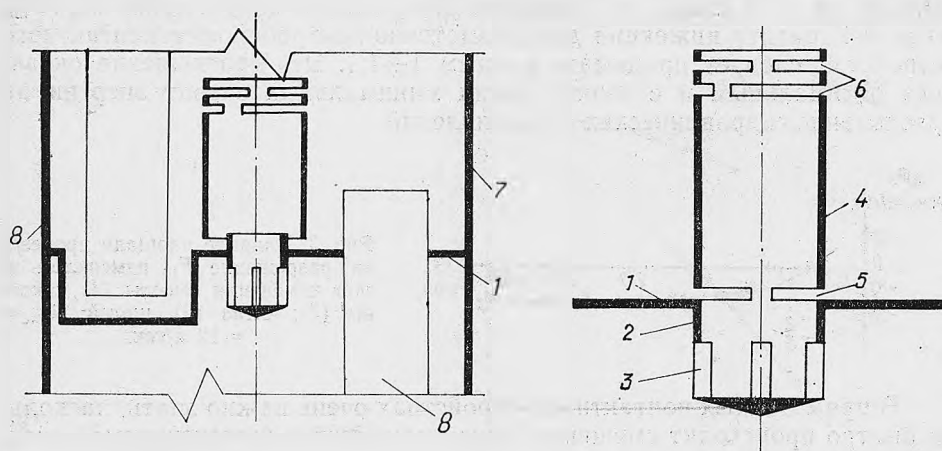


Рис. 1. Инжекционные тарелки.

жекторах величина разрежения является функцией соотношения скоростей в сопле и камере смешения или же соотношения площадей поперечного сечения сопла и камеры при прочих равных условиях.

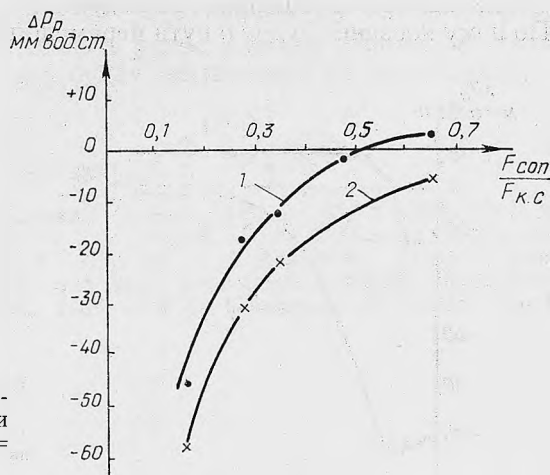


Рис. 2. Разрежение в трубке в зависимости от отношения площади сопла к площади патрубку $W_{\text{к.с}} = 10$ м/сек.

Как показали наши исследования, характер изменения величины разрежения от соотношения площадей сечений сопла и камеры смешения $F_{\text{соп}} : F_{\text{к.с}}$ для закрученного и незакрученного потоков сохраняется (рис. 2). Однако по абсолютному значению в контактном устройстве с подкруткой газа указанный параметр, как и все остальные, определяется еще степенью крутки.

В нашем случае закрутка потока инжектирующего газа осуществлялась с помощью тангенциальных щелей, расположенных в боковой стенке сопла. Степень крутки для такого типа закручивателей характеризуется отношением суммарной площади тангенциальных щелей $F_{\text{щ}}$ к площади свободного сечения сопла $F_{\text{соп}}$. Чем меньше отношение $F_{\text{щ}} : F_{\text{соп}}$, тем выше степень крутки.

Согласно опытным данным (рис. 3), при значении $F_{ш} : F_{соп}$ меньше 0,7 разрежения в сечении на срезе сопла вообще не обеспечивается. Следовательно, инжектируемая среда может поступать в камеру смешения или зону контакта только под избыточным давлением. При $F_{ш} : F_{соп}$ от 0,7 до 1,0 наблюдается резкое изменение величины разрежения от 0 до определенного значения, после чего оно практически не меняется. Отсюда сделали вывод, что наиболее оптимальное соотношение $F_{ш} : F_{соп}$ по коэффициенту инжекции для прямоточно-центробежного контактного устройства следует принимать равным 1÷1,1. Это соотношение оказалось оптимальным и с точки зрения минимальных затрат энергии на преодоление гидравлических сопротивлений.

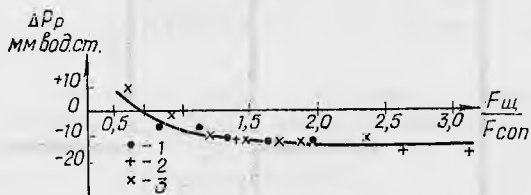


Рис. 3. Влияние площади прорезей на разрежение $F_{ш}$ изменялось за счет изменения высоты (1), ширины (2), числа (3) щелей; $W_{к.с} = 12$ м/сек.

В прямоточных контактных устройствах очень важно знать, насколько быстро происходит смешение инжектирующей и инжектируемой сред, так как от этого зависит, успеет или не успеет прореагировать система при высокой скорости движения. На начальном участке камеры смешения рабочий газ движется струей значительно быстрее инжектируемой среды. По мере удаления от сопла происходит постепенное выравнивание скоростей инжектирующего и инжектируемого потоков, в силу чего по длине камеры смешения наблюдается перепад статического давления. По нему косвенно судят о пути перемешивания.

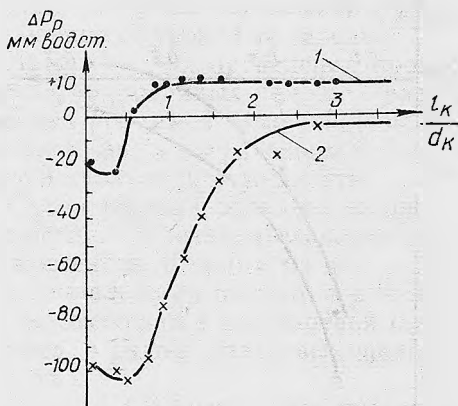


Рис. 4. Влияние длины патрубка на разрежение: 1 — закрученный поток; 2 — незакрученный поток; $F_{соп} : F_{к.с} = 0,38$; $W_{к.с} = 18$ м/сек.

На рис. 4 показано изменение статического давления по длине камеры смешения для незакрученного и закрученного потоков. В обоих случаях выброс смеси газов производился в атмосферу, а подсос инжектируемого газа из замкнутого объема камеры питания.

Как видно из графика, для незакрученного потока статическое давление ниже нуля до $l_{к}/d_{к} > 3,5$, а для закрученного потока оно становится положительным уже при $l_{к}/d_{к} \approx 0,5$.

В закрученном потоке угол раскрытия струи рабочего газа значительно больше, чем в незакрученном потоке. Таким образом, за счет центробежной силы происходит более быстрое выравнивание скоростей и смешение инжектирующей и инжектируемой сред. В свою очередь

при незакрученном потоке коэффициент инжекции выше, но заметно увеличивается длина пути смешения, что неизбежно приведет к увеличению габаритов контактных устройств или частичному проскоку непрореагировавшей среды в процессах тепло- и массопереноса.

Проведенные исследования по определению зависимости разрежения от скорости рабочего газа показали, что как для закрученного, так и для незакрученного потоков увеличение скорости рабочего газа спо-

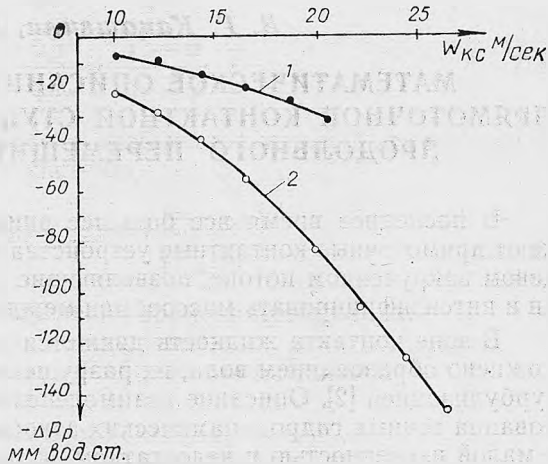


Рис. 5. Влияние скорости в патрубке на разрежение:
1 — закрученный поток; 2 — незакрученный поток.

собствует увеличению создаваемого разрежения в начале камеры смешения (рис. 5).

Следует отметить, что увеличение гидравлического сопротивления после камеры смешения может создать такие условия работы инжектора, когда в приемной камере его будет создаваться не разрежение, а подпор.

Л и т е р а т у р а

[1] G. C. Angelino, V. Brigoli, M. Silvestri. *Energia Nucleare*, 10, 2 (1963). [2] В. М. Киселев, Л. А. Носков. *ЖПХ*, 7 (1967). [3] Н. А. Малафеев, В. А. Мамосов. Теоретические основы химической технологии, II, 2 (1968). [4] Л. А. Хрусталеv. Автореф. канд. дисс. Казань, 1969. [5] В. А. Булкин. Автореф. канд. дисс. Казань, 1970. [6] Г. Н. Абрамович. *Прикладная газовая динамика*. М., 1969. [7] Е. Я. Соколов, Н. М. Зингер. *Струйные аппараты*. М., 1970.