

А.И. Карпович, И.М. Плехов, А.И. Ершов

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ БАРБОТАЖНО-ПРЯМОТОЧНОГО КОНТАКТНОГО УСТРОЙСТВА ЭЛЕМЕНТНОГО ТИПА

В процессах теплообмена при непосредственном соприкосновении теплоносителей наряду с теплообменом осуществляется и массообмен, т.е. происходит испарение жидкости и конденсация содержащихся в газе паров, что приводит к значительному изменению весового соотношения потоков $\frac{L}{G}$ по высоте аппарата. Так, например, при охлаждении конверсионного газа конденсатом в производстве синтетического аммиака соотношение потоков изменяется в пределах $\frac{L}{G} = 5 \div 25$.

В настоящее время эти процессы осуществляются преимущественно в насадочных колоннах. Насадочные колонны, относящиеся к категории аппаратов с противотоком фаз в зоне контакта, обеспечивают значительную поверхность соприкосновения фаз и стабильно работают в широком диапазоне изменения соотношения потоков, но являются малопродуктивными вследствие низких допустимых скоростей газовой фазы в свободном сечении (0,3–0,5 м/сек), что требует в условиях многотоннажного производства создания аппаратов очень больших размеров.

Осуществление прямоточного взаимодействия фаз в зоне контакта при обеспечении противотока от ступени к ступени позволяет резко увеличить скорость газового или парового потока. Коэффициент тепло-массопередачи возрастает при этом в несколько раз.

Известны конструкции аппаратов для прямоточного взаимодействия газа с жидкостью (1–2), работающие устойчиво только при определенном соотношении потоков с ограниченным временем межфазного контакта.

Авторами создано барботажно-прямоточное контактное устройство (рис. 1), обеспечивающее устойчивую работоспособность в широком диапазоне изменения соотношения фаз $\frac{L}{G}$ и продолжительное время контакта. Оно состоит из барботажной тарелки 1, смонтированной в аппарате 2, на которой закреплены сужающиеся кверху и изогнутые контактные элементы 3 с тангенциально направленным к стенке аппарата выходом, а также индивидуальные переливные трубы 4 на каждый элемент.

Контактное устройство работает следующим образом.

Газовый поток, проходя через барботажную тарелку, взаимодействует с жидкостью и увлекает ее за собой. Сужающие элементы обеспечивают интенсивное взаимодействие фаз на ступени при их непрерывно-ускоряющемся движении в зоне контакта. При выходе из контактного элемента двухфазный газо-жидкостной поток тангенциально направляется к стенке аппарата, в результате чего под действием

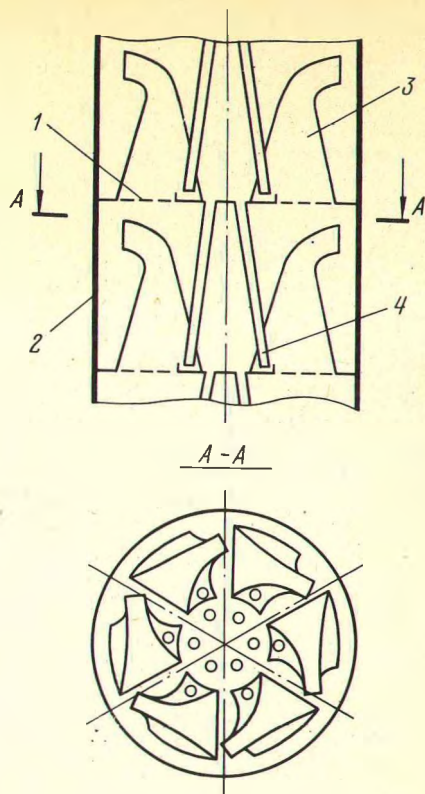


Рис. 1. Схема аппарата с барботажно-прямоточными устройствами элементного типа

центробежных и гравитационных сил происходит сепарация фаз. Переток жидкости с тарелки на тарелку осуществляется по индивидуальным переливным трубам непосредственно в каждый контактный элемент.

В настоящей работе изучалось влияние жидкостных и газовых нагрузок, изменения геометрических параметров (отношения площади отверстий ситчатой тарелки к площади выходного отверстия контактного элемента $\frac{F_{отв}}{F_{вых}}$) контактного элемента на гидродинамические

режимы взаимодействия фаз.

Схема экспериментальной установки для исследования гидродинамики барботажно-прямоточного контактного устройства представлена на рис. 2.

В аппарат 1 диаметром 200 мм с высотой царг 360 мм в межфланцевое соединение вмонтированы ситчатые тарелки 2 с одним контактным элементом 3 на каждой, а также сепарационная тарелка 4. Для возможности визуального наблюдения царги аппарата и контактные элементы были выполнены из органического стекла.

Воздух в аппарат подавался из заводской технологической линии. Расход воздуха регулировался вентилем 5 и замерялся по перепаду давления на камерной диафрагме 6, рассчитанной и установленной на трубопроводе в соответствии с нормами [3], U-образным манометром 7.

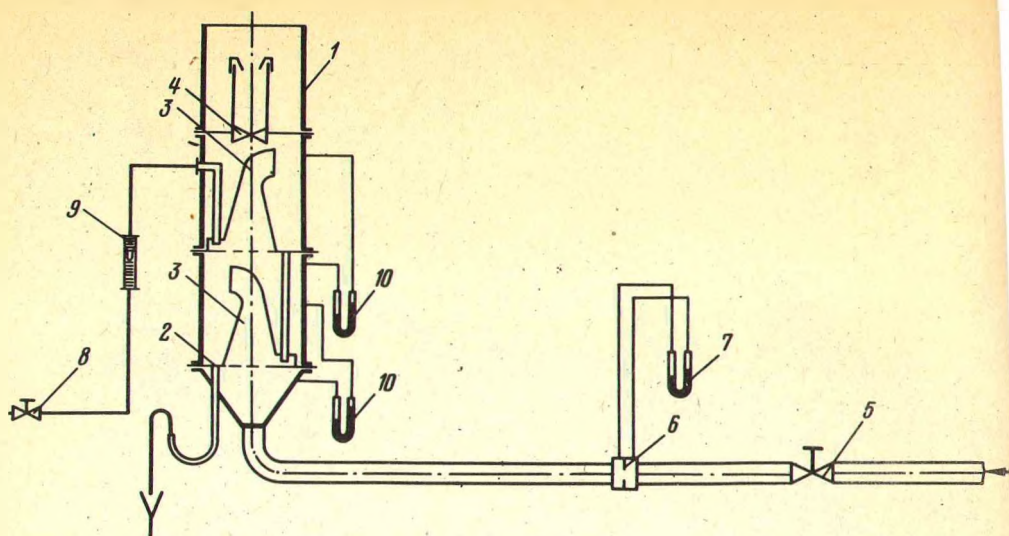


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

Вода из водопроводной сети, проходя через вентиль 8 и ротаметр 9 марки РС-7, отградуированный по воде, попадала в контактный элемент. Отработанная вода через гидрозатвор сбрасывалась в канализацию.

Гидравлическое сопротивление каждой барботажно-прямоточной тарелки заменялось U-образными манометрами 10.

При проведении исследований скорость воздуха на выходе из контактного элемента менялась от 5 до 40 м/сек, весовое соотношение потоков $\frac{L}{G}$ от 5 до 25, отношение площади отверстий ситчатой

тарелки к площади выхода из контактного элемента $\frac{F_{\text{отв}}}{F_{\text{вых}}}$ от 0,25 до 1,5.

Результаты испытаний показали, что сопротивление сухой тарелки во всем диапазоне скоростей газа изменяется по квадратичному закону, т.е. критерий Eu_2 не зависит от числа Re_2 и описывается одним уравнением. Наблюдается режим развитой турбулентности (автомобильный режим), при котором молекулярная вязкость не оказывает влияния на гидравлическое сопротивление.

Изменение отношения площади отверстий к площади выхода контактного элемента $\frac{F_{\text{отв}}}{F_{\text{вых}}}$ меняет условия прохождения газового потока и значительно влияет на величину сопротивления (рис. 3).

Обработка экспериментальных данных позволила получить частную зависимость критерия Eu_2 от геометрического параметра $\frac{F_{\text{отв}}}{F_{\text{вых}}}$

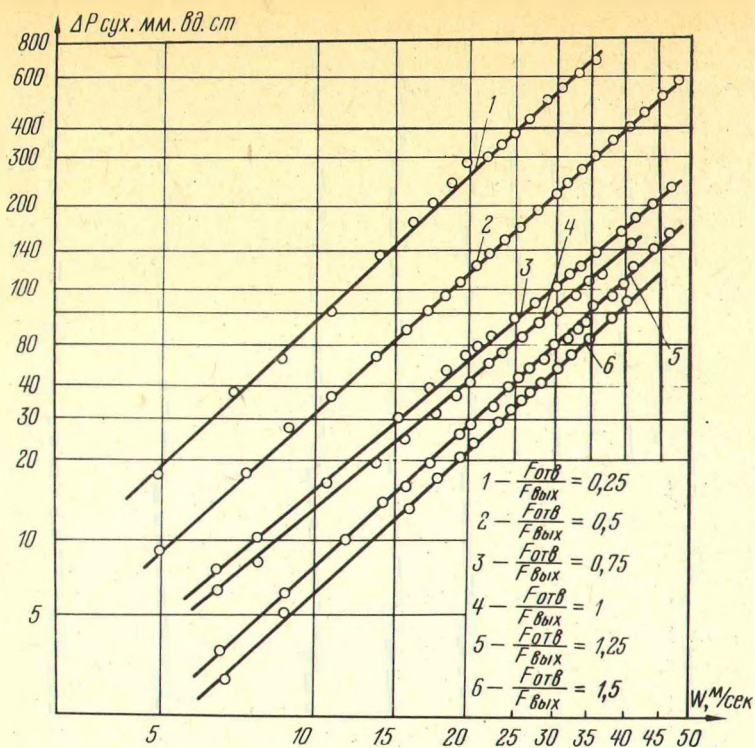


Рис. 3. Зависимость сопротивления контактного устройства от скорости газа на выходе из контактного элемента:

1 — $\frac{F_{отв}}{F_{вых}} = 0,25$; 2 — $\frac{F_{отв}}{F_{вых}} = 0,5$; 3 — $\frac{F_{отв}}{F_{вых}} = 0,75$; 4 — $\frac{F_{отв}}{F_{вых}} = 1$; 5 — $\frac{F_{отв}}{F_{вых}} = 1,25$; 6 — $\frac{F_{отв}}{F_{вых}} = 1,5$

для сухой тарелки, которая имеет вид:

$$Eu_2 = 0,755 \left(\frac{F_{отв}}{F_{вых}} \right)^{-1,33} \quad (1)$$

или

$$\Delta P_{сух} = 0,755 \left(\frac{F_{отв}}{F_{вых}} \right)^{-1,33} w_2^2 \rho_2, \quad (2)$$

где $Eu_2 = \frac{\Delta P_{сух}}{\rho_2 w_2^2}$ — критерий Эйлера; $\Delta P_{сух}$ — потеря напора на тарелке, кгс/м²; w_2 — скорость газа на выходе из контактного элемента, м/сек; ρ_2 — плотность газа, кгс/м³; $F_{отв}$, $F_{вых}$ — соответственно площадь отверстий и выхода контактного элемента, м².