

УДК 66.074:661

Бабенко В.Н.

**ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СИСТЕМЫ  
НА ТРУБЧАТЫХ РЕШЕТКАХ СО СТАБИЛИЗАТОРОМ ПЕНЫ  
В ВИДЕ БЛОКА РЕГУЛЯРНОЙ НАСАДКИ**

Колонные аппараты с тарелками провального типа, а в частности трубчатые тарелки отличаются простотой конструкции, так как не имеют переливных устройств. Но недостатком данного типа тарелок является полное стекание жидкости и пены с тарелки при уменьшении скорости газа. Для увеличения диапазона нагрузок по жидкости и газу необходимо устанавливать стабилизаторы пенного слоя.

Гидродинамика трубчатых решеток изучена довольно хорошо в связи с тем, что данные аппараты отличаются широким спектром применения. Данный тип решеток применяется на многих производствах и при обработке технологических газов от сушильных печей и реакторов, нами же была поставлена задача расширить диапазон применения их со стабилизатором пенного слоя и подтвердить экспериментальными данными математические выводы.

Гидродинамика трубчатых решеток и близких к ним по характеристикам колосниковых решеток без стабилизатора пены достаточно полно исследована в ряде работ украинских и зарубежных исследователей.

Установлено, что основное влияние на гидродинамику орошаемых решеток оказывают скорость газа в полном сечении аппарата,  $W_0$ , свободное сечение решеток,  $S_0$ , и плотность орошения  $L_0$ .

Изменение свойств жидкости и газа оказывает намного меньшее влияние на гидродинамику решеток. Так, изменение вязкости жидкости в пределах 0,1–2,3 Па·с не влияет на  $H$ ,  $\Delta P$ ,  $\varphi_{\bar{a}}$ .

$$\Delta P \approx \left( \frac{\sigma_{\alpha}}{\sigma_{\bar{a}}} \right)^{0.1} \left( \frac{\mu_{\alpha}}{\mu_{\bar{a}}} \right)^{0.066} \quad (1)$$

Поскольку в технологии минеральных солей при абсорбции и очистке газов  $\sigma_{\alpha}$ ,  $\mu_{\alpha}$ ,  $\rho_{\alpha}$  незначительно отличаются от тех же параметров для воды, а  $\mu_{\bar{a}}$ ,  $\rho$  воздуха, исследование гидродинамики трубчатых решеток со стабилизатором пены проводилась по системе воздух-вода.

Минимальное сопротивление для прохода газа будет при высоте жидкости над отверстием –  $h_{ж}$ , а гидравлический напор, вызывающий истечение жидкости из щели определяют по уравнению:

$$W_{i\alpha} = \mu_{\delta} \varphi_{i\alpha} \sqrt{2g\Delta h}, \quad (2)$$

где  $W_{i\alpha}$  – скорость жидкости в щелях решетки, м/с;  $\mu_{\delta}$  – коэффициент расхода через щель.

Решая уравнение (2), получим:

$$\Delta h = \frac{1}{2g} \left( \frac{W_{0ae}}{\mu_{\delta} \Phi_{0ae}} \right)^2. \quad (3)$$

Очевидно, что истечение будет происходить при достижении равенства:

$$(h_{ae} + \Delta h) \rho_{ae} g = \Delta P + \Delta h \rho_{ae} g, \quad (4)$$

где  $\rho_{ae}$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $\Delta P$  – гидравлическое сопротивление орошаемой трубчатой решетки, Па.

Распределение потоков на решетке происходит из условия затраты минимума энергии на преодоление гидравлического сопротивления решетки газом, либо на создание разности уровней на решетке. Условие минимума потерь энергии обычно выражают в виде уравнения:

$$\frac{d}{d\Phi_{0ae}} (W_{0ae} \Delta P) = 0. \quad (5)$$

Во время работы решетки в пенном режиме при увеличении  $W_e$  и неизменной плотности орошения должна увеличиться доля сечения решетки, занятая газом  $\Phi_{0a}$  и снизится доля сечения, занятая стекающей жидкостью  $\Phi_{0ae}$ . Для протекания неизменного количества жидкости сквозь решетку должна увеличиться скорость истечения жидкости. В свою очередь, скорость истечения жидкости может увеличиться только при увеличении,  $\Delta h$ , то есть при увеличении гребней волны на поверхности слоя пены. Особенно заметно увеличение  $\Delta h$  становится при волновом режиме.

Определяя нижний предел работы трубчатых решеток без стабилизатора, получено следующее уравнение:

$$W_{\bar{A}} = 8.1 \left( \frac{\hat{A}}{L_0} \right)^{0.5} d_{\delta}^{0.33}. \quad (6)$$

Авторы некоторых других работ для определения верхней и нижней границ режимов работы трубчатых решеток без стабилизатора используют зависимость:

$$Y = \frac{W_{\bar{a}}}{gd_y S_0} \frac{\rho_{\bar{a}}}{\rho_{ae}} \left( \frac{\mu_{ae}}{\mu_{\bar{a}}} \right)^{0.16}; \quad (7)$$

$$X = \left( \frac{L}{G} \right)^{0.25} \left( \frac{\rho_{\bar{a}}}{\rho_{ae}} \right)^{0.125},$$

где  $e$  – основание натурального логарифма;  $d_y$  – эквивалентный диаметр щели;  $\mu_e$  – вязкость жидкости, Па·с;  $\mu_a$  – вязкость воды при 20 °С, Па·с;  $\rho_a$  – плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_e$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $L$  – весовая скорость жидкости, кг/м<sup>2</sup>·ч;  $G$  – весовая скорость газа, кг/м<sup>2</sup>·ч;  $B$  – коэффициент пропорциональности.

Для нижнего предела работы авторы приводят значение  $B = 4$ , для верхнего  $B = 16$ .

Как известно, для начала работы решетки на ней необходимо создать определенный запас жидкости. Установлено, что трубчатые решетки обладают большей поваливающей способностью, чем ситчатые и колосниковые. Поэтому для начала работы трубчатых решеток необходимо большие нагрузки газу и жидкости. При определенных значениях свободного сечения решетки и плотности орошения, пенообразование начинается при определенной скорости газа в полном сечении аппарата. Минимальную скорость газа, при которой на решетке начинает образовываться пенный слой, назовем критической скоростью  $W_{кр}$ . Результаты опытов показали, что при постоянной плотности орошения для начала работы решетки требуется тем большая скорость, чем больше свободное сечение решетки.

Противоточные трубчатые решетки со стабилизатором начинают работать при значительно меньших значениях  $W_{кр}$ , чем решетки без стабилизатора.

Кроме того, противоточные трубчатые решетки без стабилизатора не работают при плотности орошения менее 3 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·ч., тогда как решетки со стабилизатором могут устойчиво работать при плотности орошения 0,6 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·ч. Влияние диаметра трубок на  $W_{кр}$  при проведении опытов нами не исследовалось, так как по литературным данным их воздействие не отмечено.

Математическая обработка данных приводит к следующей зависимости:

$$W_a \hat{e} \delta = 372 S_0^{3.0} L_0^{0.3}. \quad (8)$$

Отклонение опытных значений  $W_{кр}$  от расчетных составляют  $\pm 9$  %. Сравнение режимов работы со стабилизаторами и без него показывает, что применение стабилизатора значительно расширяет диапазон устойчивой работы трубчатых решеток в пенных аппаратах. Особенно важное значение имеет это обстоятельство при обработке технологических газов, где количество проходящих газовых потоков может изменяться в широких пределах в зависимости от нужд технологии.

Увеличение слоя пены на трубчатых решетках со стабилизатором по сравнению с решетками без стабилизатора позволяет использовать трубчатые решетки для оточки газов. Получение концентрированных растворов в технологии производства минеральных солей, в извлечении из газов компонентов которые ранее выбрасывались в атмосферу так же можно проводить на данном оборудовании.

#### Литература

1. Стабников В.Н. Ректификационные аппараты. М., «Машиностроение», 1965. 356 с.
2. Ректификационные и абсорбционные колонны с новыми конструкциями тарелок. М., ВНИИОЭНГ, 1966. 64 с.

3. Микулин Г.И. Хим. пром., 1955, № 1, с. 43–46.
4. Чехов О.С., Матрозов В.И. Труды МИХМ, 1957, вып. 13, с. 78–96.
5. Позин М.Е., Мухленов И.П. и др. Пенный способ обработки газов и жидкостей. Л., Госхимиздат, 1955. 248 с.
6. Позин М.Е., Мухленов И.П., Тарат Э.Я. Пенные газоочистители, теплообменники и абсорберы. Л., Госхимиздат, 1959. 123 с.
7. Клапанные тарелки для массообменных аппаратов. М., Центр, институт научно-технической информации и технико-экономических исследований по хим. и нефт. машиностроению, 1972. 40 с.
8. Рамм В.М. Абсорбция газов. М., "Химия", 1966, 767с.
9. Лотхов В.А., Квашнин С.Я., Малюсов В.А. Расчет коэффициента массопередачи в системах с искривленной линией фазового равновесия. ТОХТ, 1984, т.18, 4, с. 419–425.

УДК 66.074:661

Бабенко В.Н.

**ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ГАЗОРІДИННОЇ СИСТЕМИ  
НА ТРУБЧАСТИХ ГРАТАХ ЗІ СТАБІЛІЗАТОРОМ ПІНИ  
У ВИГЛЯДІ БЛОКУ РЕГУЛЯРНОЇ НАСАДКИ**

У статті розглянуті питання стабілізації пінного шару на трубчастих ґратах при значних змінах навантаження по рідині й газу. Актуальність завдання полягає в тому, що б розширити діапазон застосування даного встаткування.