

**ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ МАССООБМЕННЫХ ТАРЕЛОК
СО СТАЦИОНАРНЫМИ КЛАПАНАМИ**

Клапанные тарелки массообменных аппаратов в традиционном исполнении имеют подвижные клапаны [1]. В настоящее время активно производятся и используются тарелки со стационарными клапанами [2–4]. Они по сравнению с тарелками с подвижными клапанами проще, дешевле, малочувствительны к загрязнениям. Информация о гидравлическом сопротивлении тарелок со стационарными клапанами в открытых источниках представлена в основном на качественном уровне. Поэтому при разработке аппаратов с данными контактными устройствами необходимо выполнять исследования их гидродинамических характеристик.

На первом этапе эксперимента нами исследовано гидравлическое сопротивление сухих тарелок ΔP , Па, в зависимости от скорости газа в расчете на полное их сечение w , м/с. Тарелки имели различное относительное свободное сечение $f_{св}$, м²/м². Они были оснащены стационарными прямоугольными клапанами размером 20 на 10 мм с высотой отверстий для выхода газа 5 мм.

По опытным данным для сухих тарелок были рассчитаны значения их коэффициента сопротивления ξ :

$$\xi = \frac{2\Delta P f_{св}^2}{\rho w^2}, \quad (1)$$

где ρ – плотность газа (воздуха), кг/м³.

Графики зависимостей $\xi = f(Re_y)$ представлены на рисунке 1 (Re_y – число Рейнольдса для потока газа в отверстиях клапанов). Значения Re_y рассчитывались по формуле:

$$Re_y = \frac{w d_o \rho}{\mu f_{св}}, \quad (2)$$

где d_o – эквивалентный диаметр отверстий для выхода газа, м; μ – динамическая вязкость газа, Па·с.

Из графиков на рисунке 1 видно, что ξ тарелок со стационарными клапанами в значительной мере зависит как от $f_{св}$, так и от Re_y .

У ситчатых тарелок увеличение $f_{св}$ приводит к снижению ξ [5]. У исследованных тарелок увеличение $f_{св}$ влечет увеличение ξ . Это объясняется

возрастающими потерями энергии встречных струй газа при более плотном размещении клапанов на тарелке. Выявлено, что при увеличении Re_y от 5000 до 7000 наблюдается снижение ξ , а затем в диапазоне Re_y от 7000 до 13000 ξ увеличивается примерно на 10 %. Указанное, по-видимому, обусловлено изменением режимов течения и взаимодействия струй газа. Для расчетов гидравлического сопротивления тарелок со стационарными клапанами рекомендуем принимать ξ : при $f_{св} = 0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2 - 1,8$; при $f_{св} = 0,10 \text{ м}^2/\text{м}^2 - 2,0$; при $f_{св} = 0,20 \text{ м}^2/\text{м}^2 - 2,4$.

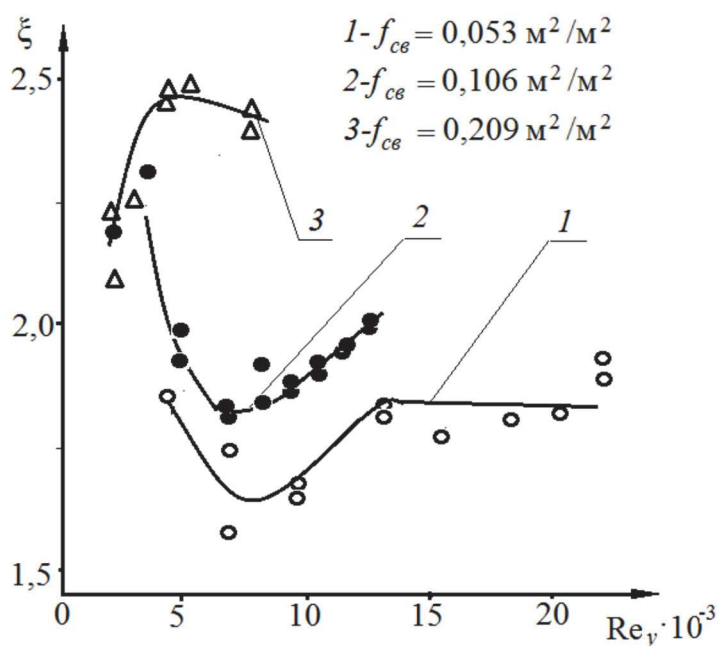


Рисунок 1 – Зависимость $\xi = f(Re_y)$ для сухих тарелок со стационарными клапанами

В ходе экспериментальных исследований орошаемых тарелок со стационарными клапанами проводились опыты по определению их гидравлического сопротивления при различных нагрузках по газу и жидкости и высоте сливного порога. В ходе эксперимента использовались тарелки с теми же значениями $f_{св}$, что и при испытании сухих тарелок. Высота сливного порога $h_{пер}$ составляла при различных исполнениях опытных тарелок 0,025, 0,040 и 0,050 м при его длине $L_{пер} = 0,180 \text{ м}$.

Нагрузка по жидкости на перелив q_L в различных сериях проведения опытов равнялась 0,0003, 0,0006, 0,0012 и 0,0027 $\text{м}^3/(\text{м} \cdot \text{с})$. Нагрузка по газу определялась значением F -фактора (фактора газовой нагрузки) F_s , которое в ходе опытов варьировалось от 0,8 до 3,2 $\text{Па}^{0,5}$. Величина q_L и вычислялась по формуле:

$$q_L = \frac{Q_L}{L_{\text{пер}}}, \quad (3)$$

где Q_L – объемный расход жидкости через тарелку, м³/с.

Значение F_s определялось по зависимости:

$$F_s = w\sqrt{\rho_G} = \frac{Q_G}{S}\sqrt{\rho_G}, \quad (4)$$

где ρ_G – плотность газа, кг/м³; Q_G – объемный расход газа через тарелку, м³/с; S – площадь поперечного сечения тарелки, м².

Исследования показали, что наилучшие параметры работы, характеризующиеся величиной диапазона устойчивой работы, имеют тарелки с $f_{\text{св}} = 0,053 \text{ м}^2/\text{м}^2$ и $f_{\text{св}} = 0,106 \text{ м}^2/\text{м}^2$ при значениях высоты сливной планки 0,04 и 0,05 м.

На рисунках 3 и 4 приведены для указанных выше орошаемых тарелок зависимости их гидравлического сопротивления $\Delta P_{\text{ор}}$, Па, от F -фактора при $h_{\text{пер}} = 0,04$ м.

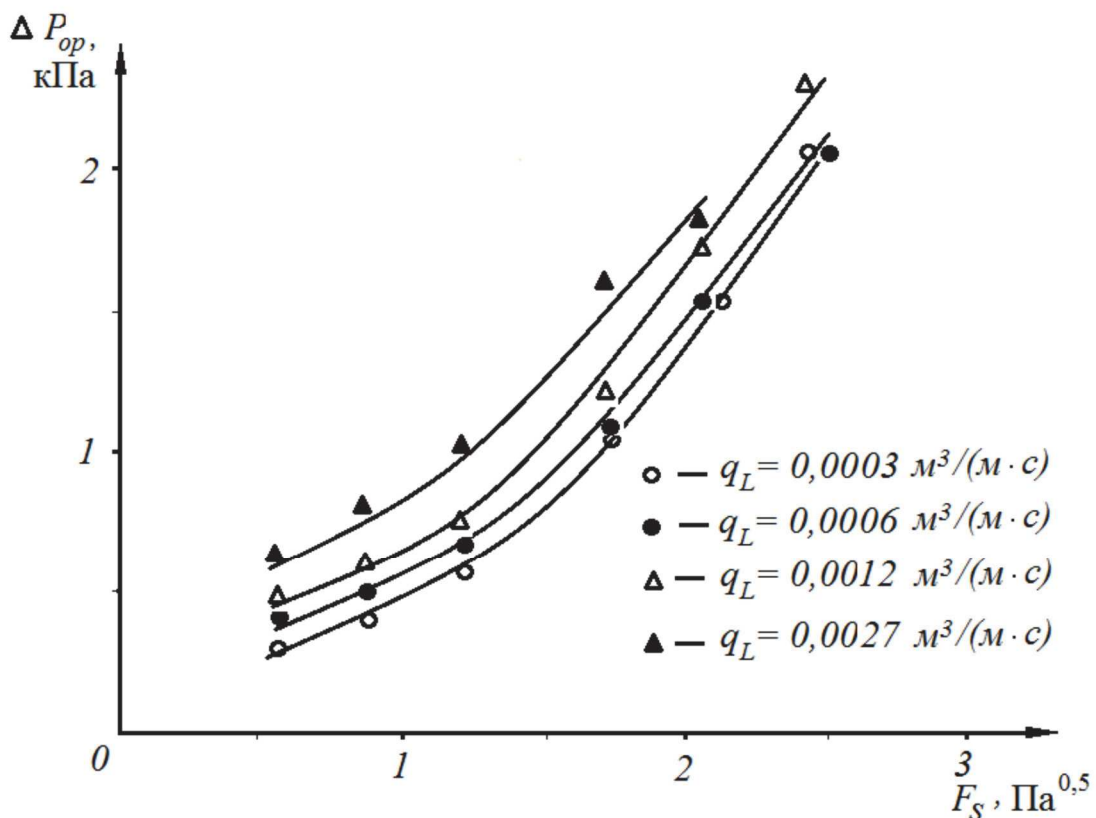


Рисунок 2 – Зависимость гидравлического сопротивления орошаемой тарелки со стационарными клапанами $\Delta P_{\text{ор}}$ от значения F -фактора при $f_{\text{св}} = 0,053 \text{ м}^2/\text{м}^2$ и $h_{\text{пер}} = 0,040$ м

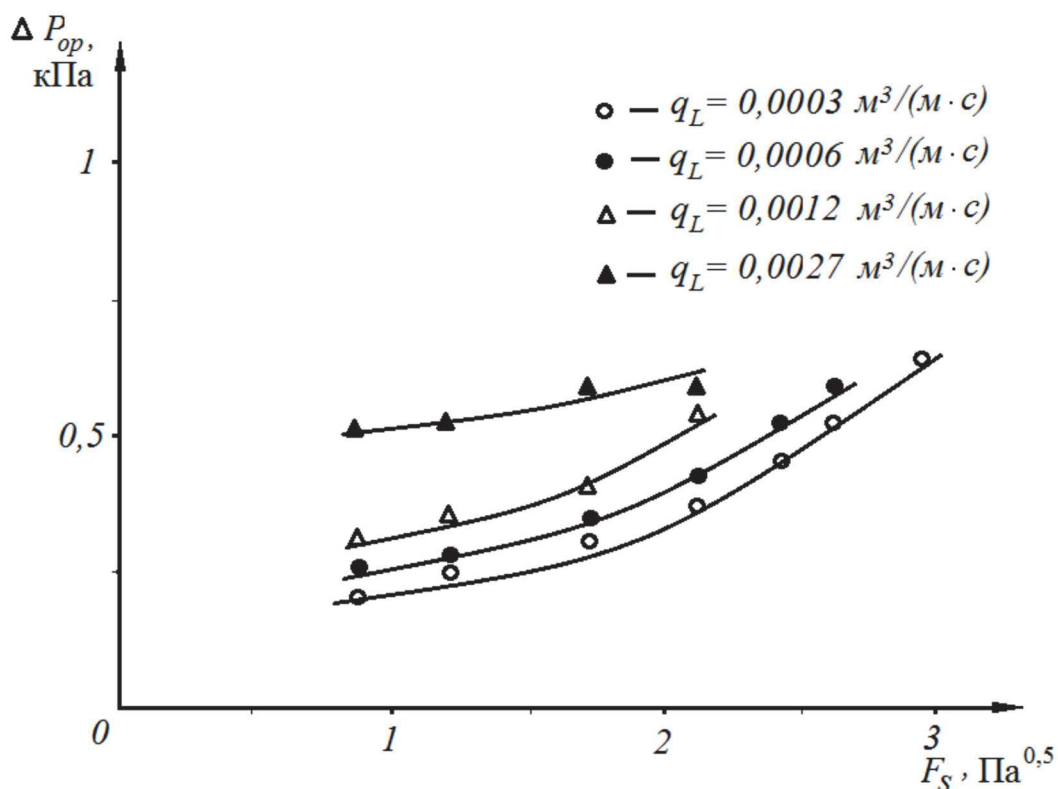


Рисунок 3 – Зависимость гидравлического сопротивления орошаемой тарелки со стационарными клапанами $\Delta P_{\text{ор}}$ от значения F -фактора при $f_{\text{св}} = 0,106 \text{ м}^2/\text{м}^2$ и $h_{\text{пер}} = 0,040 \text{ м}$

Предварительные расчеты и их анализ показали, что при равных прочих условиях гидравлическое сопротивление орошаемых тарелок со стационарными клапанами не превышает гидравлическое сопротивление орошаемых ситчатых тарелок. Однако для тарелок со стационарными клапанами диапазон устойчивой работы может достигать пяти, что значительно выше, чем у ситчатых.

Литература

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М.: Химия, 1973.
2. Клапанные тарелки EDV [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.bts.net.ua/column/edv. – Дата доступа: 12.02.2020.
3. Колонное оборудование [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www/ingehim.ru/files/colonnoe--oborudovanie.pdf>. – Дата доступа: 14.02.2020.
4. Тарелки для переноса массы [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.rubbersealing.com/trays-Ru.html. – Дата доступа: 12.02.2020.
5. Рамм, В. М. Абсорбция газов / В. М. Рамм. – М.: Химия, 1976.