

ГИДРАВЛИКА

Դ. Տ. ԹՐՕՏՅԱՆ

К РАСЧЕТУ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЖИДКОСТНЫХ
 ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ТАРЕЛЬЧАТЫХ СЕПАРАТОРОВ

В основе расчета процесса сепарирования лежит предпосылка обособленного движения отделяемой частицы дисперсной фазы жидкой смеси в потоке. Для получения уравнения производительности сепаратора составляется время пребывания жидкости в межтарельчатом пространстве с временем, необходимым для осаждения из этого потока расчетной частицы.

Однако, в литературе для определения времени нахождения жидкой смеси в межтарельчатом пространстве рассматривают элементарный кольцевой объем в то время, как необходимо выделять для исследования конический элементарный объем разделяющей зоны ротора сепаратора [1—3]. Доказано, что количество жидкости, проходящее через каждое межтарельчатое пространство в поле центробежных сил шпурции, одинаково при различных поперечных сечениях. Количество же проходящей жидкости зависит от угловой скорости вращения ротора [4], что является дискуссионным [5].

В данной работе приводится уточненный вывод производительности сепаратора и экспериментально проверена зависимость расхода жидкости в зависимости от сечения канала и угловой скорости вращения.

Направим координатную ось oz по оси вращения тарелки и запишем уравнение поверхности конуса как поверхности, образующейся вращением образующей тарелки вокруг оси oz . Тогда:

$$z = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} \sqrt{x^2 + y^2}, \quad (1)$$

где x , y и z — декартовы координаты, а α — угол наклона образующей тарелки к вертикали.

Площадь той части конуса, которая проектируется на плоскость xy , определяется зависимостью [6]:

$$f = \iint_A \sqrt{1 + \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} \cdot dx \cdot dy, \quad (2)$$

где A — область интегрирования; $dx \cdot dy$ — элемент площади.

Так как $\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{x \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{x^2 + y^2}}$ и $\frac{\partial z}{\partial y} = \frac{y \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{x^2 + y^2}}$, то равенство

(2) примет следующий вид:

$$f = \iint_{\lambda} \sqrt{1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \alpha}} \cdot dx \cdot dy. \quad (3)$$

Имея в виду, что якобиан отображения уравнения (3):

$$J(\rho, \varphi) = \begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial \rho} & \frac{\partial x}{\partial \varphi} \\ \frac{\partial y}{\partial \rho} & \frac{\partial y}{\partial \varphi} \end{vmatrix} = \rho, \quad (4)$$

где ρ и φ — полярные координаты,

перепишем зависимость (3) в виде

$$f = \sqrt{1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \alpha}} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} \rho \cdot d\rho, \quad (5)$$

где r_{\min} и r_{\max} — наименьший и наибольший радиусы конической тарелки.

Элементарная поверхность разделяющей зоны межтарелочного пространства на основании (5) определится выражением:

$$df = \frac{2\pi}{\sin \alpha} \rho \cdot d\rho. \quad (6)$$

Отметим, что при расчете производительности сепаратора вместо (6) применяется элементарная поверхность кольцевого сечения:

$$df = 2\pi \rho \cdot d\rho. \quad (7)$$

Продолжительность пребывания жидкости в межтарелочном пространстве определится из равенства (8):

$$t = \pi \cdot b \frac{r_{\max}^2 - r_{\min}^2}{V \cdot \sin \alpha}, \quad (8)$$

где b — расстояние между тарелками по оси OZ ; V — объемный расход, а для междискового пространства — по зависимости (9):

$$t = \pi \cdot b \frac{r_{\max}^2 - r_{\min}^2}{V}. \quad (9)$$

Для экспериментальной проверки соотношений (8) и (9) была применена установка, схема которой приведена на рис. 1. На рис. 1а при-

ведена схема установки, которая моделирует межтарельчатое пространство центробежного тарельчатого сепаратора ($r_{\min} = 1,62 \cdot 10^{-2}$ м, $r_{\max} = 3,75 \cdot 10^{-2}$ м, $\alpha = 35^\circ$, $b = (0,5 \dots 1,25) \cdot 10^{-3}$ м).

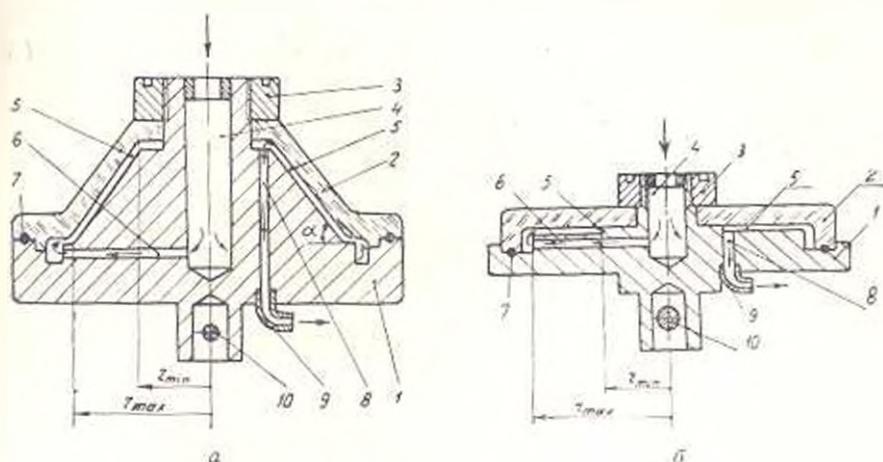


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — основание; 2 — крышка (прозрачная); 3 — зажимная гайка; 4 — внутренняя полость основания; 5 — межтарельчатое пространство; 6 — канал; 7 — уплотнение; 8 — выводящий канал; 9 — патрубок; 10 — штифт.

На рис. 16 приведена схема установки, которая позволяет исследовать движение жидкости между двумя дисками в поле центробежных сил инерции ($r_{\min} = 1,62 \cdot 10^{-2}$ м, $r_{\max} = 3,75 \cdot 10^{-2}$ м, $b = 10,4 \dots 1,25) \cdot 10^{-3}$ м). В экспериментах изменяли угловую скорость вращения в пределах (335 ... 1256) рад/с. Для привода использовали вертикальный вал сепаратора «Сатурн», угловую скорость вращения которого можно плавно изменять. В каждой серии опытов расстояние между тарелками (дисками) поддерживали постоянным, изменяя расход жидкости при определенной угловой скорости вращения.

Эксперименты проводили прозрачной и окрашенной жидкостями, следы которых можно визуально наблюдать через прозрачную стенку крышки (2). Четкость изображения потока жидкости достигали с помощью стробоскопического эффекта.

Полученные опытные данные приведены на рис. 2 и 3. На рисунках по оси абсцисс отложены расходы жидкости в единицу времени V , а по оси ординат — t — время пребывания жидкости в межтарельчатом (междисковом) пространстве. Сплошные линии на графиках соответствуют формулам (8) и (9). Рис. 2 относится межтарельчатому пространству, который получен на установке 1а, а рис. 3 — междисковому пространству на установке 1б. Из опытных данных следует, что формулы (8) и (9) удовлетворительно описывают время прохождения жидкости межтарельчатого и междискового пространства. Результаты опытов получены при угловой скорости вращения 942 рад/с.

Эксперименты показали, что в пределах (335 ... 1256) rad/s расход через конические и дисковые щели не зависит от угловой скорости вращения, а определяется площадью поперечных сечений этих пространств.

Используя (6), найдем уравнение производительности центробежного тарельчатого жидкостного сепаратора. Для этого, следуя [1—4], примем, что за время пребывания жидкости в рабочем пространстве отделяемая частица должна переместиться на расстояние s между тарелками по нормали к оси вращения ротора сепаратора:

$$ds = v \cdot d\tau, \quad (10)$$

где τ — время пребывания разделяемой жидкости в объеме разделяющей зоны сепаратора; v — относительная скорость движения расчетной частицы.

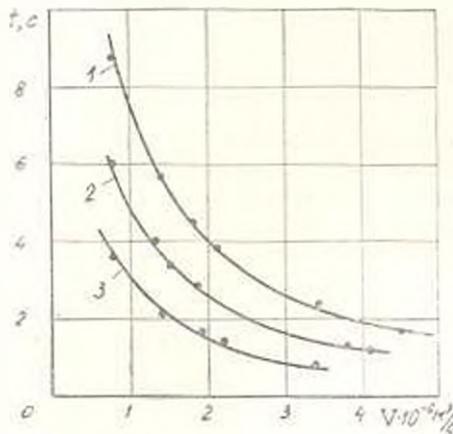


Рис. 2. Зависимость между временем пребывания жидкости в межтарельчатом пространстве t и расходом жидкости в единицу времени V при: 1 — $b = 0,5 \cdot 10^{-1} \text{ м}$; 2 — $b = 0,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и 3 — $b = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

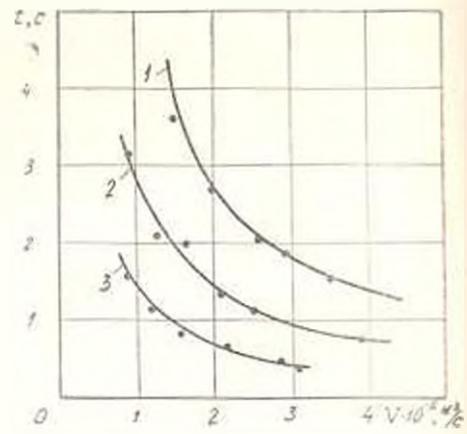


Рис. 3. Зависимость между временем пребывания жидкости в межщелевом пространстве t и расходом в единицу времени V при: 1 — $b = 0,4 \cdot 10^{-1} \text{ м}$; 2 — $b = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и 3 — $b = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Полагая, что жидкость распределяется между тарелками ротора сепаратора равномерно, определим элементарный объем разделяющей части конических тарелок с помощью (6) следующим образом:

$$\frac{2\pi \cdot z \cdot b \cdot \rho \cdot dr}{\sin \alpha}, \quad \text{где } z \text{ — количество межтарельчатых пространств.}$$

Тогда:

$$d = \frac{2\pi \cdot z \cdot b \cdot \rho \cdot dr}{V \cdot \sin \alpha}, \quad (11)$$

Относительную скорость движения частицы в радиальном направлении определим из закона Стокса [1—4]:

$$v = \frac{1}{18} \frac{\Delta}{\mu} d^2 \omega^2 \rho, \quad (12)$$

