

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛЫХ ПЕРФОРИРОВАННЫХ ВРАЩАЮЩИХСЯ ОБОЛОЧЕК С ОСТРЫМИ КРОМКАМИ ОТВЕРСТИЙ ИСТЕЧЕНИЯ.

Выприцкий Р. А., студент

Полые перфорированные вращающиеся оболочки (ППВО) являются основным элементом конструкций распылителей жидкости тепло-массообменных аппаратов. Исследованию закономерностей движения жидкости внутри этих оболочек, а также процесса истечения жидкости через круглые отверстия с прямоугольными кромками в ППВО посвящены работы профессора Б.Г. Холина [1, 2].

Им установлено, что при работе ППВО жидкость внутри оболочки остается практически неподвижной, а скорость жидкости относительно вращающейся оболочки близка к окружной скорости внутренней поверхности этой оболочки ($V_{отн}=wR_1$).

Благодаря этому при истечении жидкости через отверстия оболочки создаются условия для формирования тонких струй при относительно больших размерах самих отверстий.

Кроме того, благодаря прямоугольным кромкам отверстий истечения, при работе ППВО создаются условия для возникновения явления гидродинамического парадокса, когда пропускная способность ППВО с увеличением скорости вращения падает до некоторого минимума, а затем начинает возрастать.

Истечение жидкости из отверстий ППВО, как указывает Б.Г. Холин [1], не является потенциальным, плоским и осесимметричным, поэтому его описание строгими математическими методами (например, методами теории функций комплексного переменного) не представляется возможным. Поэтому для описания указанного процесса, отвечающего физическому смыслу явления истечения, пришлось прибегнуть к законам сохранения энергии и количества движения. В результате получены простые приближенные зависимости для расчёта коэффициента сжатия струи ϵ , скорости истечения жидкости из отверстий V_2 и расхода жидкости Q .

Все указанные выше исследования проводились с ППВО, имевшими круглые отверстия, то есть с отверстиями, выполненными методами пробивки или сверлением. При этом кромки отверстий имеют прямоугольную форму. Мы считаем, что именно такая форма кромок отверстий ППВО предопределяет особенности гидродинамики истечения и возникновение явления гидродинамического парадокса ППВО. При прямоугольной форме кромок отверстий возникает отраженная струя, которая проникая внутрь оболочки, заставляет совместно с последней вращаться пристенному слою жидкости и тем самым, создавать дополнительное давление на стенки и на жидкость над отверстиями истечения. Очевидно, что при острых кромках отверстий условия для

возникновения отраженной струи не будет, и следовательно, не будет явления гидродинамического парадокса ППВО.

Качественная картина зависимости пропускной способности ППВО от скорости её вращения показана на рис. 1.

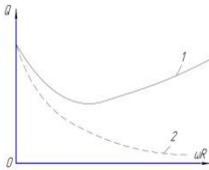


Рисунок 1 – Графики зависимости $Q=f(\omega R)$ для ППВО с прямыми кромками (1) и острыми кромками (2)

Для получения простых зависимостей при определении гидродинамических характеристик ППВО с острыми кромками отверстий можно воспользоваться теми же законами сохранения энергии и количества движения.

Запишем уравнение Бернулли для сечений на внутренней поверхности оболочки между отверстиями и на выходе струи из отверстия истечения с острыми кромками (рис. 2, сечения А-А и Б-Б):

$$P + \alpha_1 \rho \frac{w^2 R_1^2}{2} = (\alpha_2 + \xi) \rho \frac{V_2^2}{2} + \rho \frac{w^2}{2} (R_1^2 - R_2^2) \quad (1)$$

С целью упрощения анализа уравнения (1) примем $\alpha_1 = \alpha_2 = 1, \xi = 0$ что обычно делается при оценочных расчетах.

Тогда из уравнения (1) можно получить также сложением векторов скоростей $\vec{u} \rightarrow \vec{u}_{\text{отж.}}$ ($V_2 = \sqrt{\frac{2P}{\rho}}, V_{\text{отж.}} = WR_2$) (2)

Коэффициент сжатия струи при истечении струи при истечении через острое отверстие ППВО можно найти через угол «атаки» γ :

$$\varepsilon = f_{\text{ст.р.}} / f_{\text{отж.}} = \sin \gamma \quad (3)$$

где угол γ определится из отношения

$$\frac{V_2}{wR_1} = \operatorname{tg} \gamma \quad (4)$$

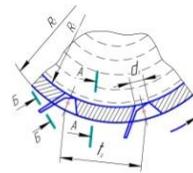


Рисунок 2 – Схема движения жидкости в пристенной области ППВО с острыми кромками отверстий.

Для определения расхода жидкости через острое отверстие ППВО нами выведена простая зависимость: $q = \frac{1}{3} V_2 \cdot d_{\text{отж.}}^3 / t_{\text{отж.}}$ (5)

где $t_{\text{отв}}$ - шаг между отверстиями ППВО по окружности в плоскости, перпендикулярной оси вращения оболочки.

Возможность значительно более простого регулирования параметров истечения жидкости через отверстия с острыми кромками по сравнению с истечением через отверстия с прямоугольными кромками позволяет получать более качественное распыливание и создавать на основе ППВО новые перспективные конструкции аппаратов для проведения тепло- и массообменных процессов.

Список литературы

1. Холин Б.Г. Центробежные грануляторы плавов и распылители жидкости. – М.: Машиностроение, 1977.-184с.
2. Холин Б.Г. К теории движения жидкости в полой перфорированной вращающейся оболочке. «Вісник ХПІ», №12(60). Х., изд. ХДУ,1966

Работа выполнена под руководством ст. преподавателя Баранова Э. И.

Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету технічних систем та енергоефективних технологій, м. Суми, 23-26 квітня 2013 р.: у 2-х ч. / Ред.кол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. - Суми : СумДУ, 2013. - Ч.2. - С. 149-150.