

новые аэродинамические параметры: скорость газового потока в любом сечении и на выходе из фильтра, а так же давления в расчетных сечениях и потери давления при движении газового потока через фильтр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кутателадзе, С.С., Стырикович, М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. – М.: Энергия, 1976. – 296 с.

УДК 532.528

И.В. Карпенчук (БНТУ)

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАВИТАЦИОННЫХ ЭЖЕКТОРОВ-СМЕСИТЕЛЕЙ

Наряду с решением вопросов защиты элементов гидромашин и аппаратов от кавитационного воздействия в промышленности для интенсификации технологических процессов, протекающих в системах жидкость-жидкость, жидкость-газ, жидкость-твердое тело, применяются установки, в которых определяющим фактором воздействия является кавитация. К ним относятся различного рода диспергаторы, эмульгирующие устройства, смесители для создания эмульсий, растворов и дисперсных систем. Возникновение и развитие гидродинамической кавитации в потоке жидкости происходит обычно в струйных эжекторах, выполненных по типу трубки Вентури, которые и служат основным кавитирующим элементом в эмульгаторах, диспергаторах и смесителях использующих кавитацию.

При разработке кавитационных эжекторов-смесителей, работающих в гидравлических системах при статических противодавлениях необходимо наряду с заданными гидродинамическими параметрами течения рабочей жидкости в системе, находить оптимальные геометрические характеристики струйного кавитатора,

выполненного по типу трубки Вентури, определяющие возникновение и развитие в нем кавитационного режима.

Основными характеристиками, определяющими работу устройств типа трубки Вентури, служат следующие параметры: Q – расход жидкости; p_1 – давление на входе в эжектор-смеситель; p_2 – противодавление на выходе из эжектора смесителя; α_k – угол конусности конфузора; α_d – угол конусности диффузора; S_c – площадь сжатого (узкого) сечения эжектора-смесителя; S – площадь входного и выходного сечения. Зная эти параметры можно решить вопрос о наличии и степени развития кавитации. Как известно, кавитация будет иметь место, если выполняется неравенство [1]

$$\sigma \leq \sigma_k, \quad (1)$$

где σ , σ_k – число кавитации и критическое число кавитации, отнесенные к скорости в выходном сечении эжектора-смесителя

$$\sigma = \frac{2(p_1 - p_{н.п.})}{\rho v^2}, \quad (2)$$

где $p_{н.п.}$ – давление насыщенных паров рабочей жидкости (в дальнейших расчетах ввиду его малости по сравнению с p_1 его можно не учитывать).

При возникновении и развитии кавитации сопротивление эжектора-смесителя резко возрастает. Следовательно, оптимальными параметрами будут такие, которые обеспечивают возникновение кавитации при минимальных потерях давления, т.е.

$$\sigma = \sigma_k \text{ или } \zeta = \beta \sigma_k, \quad (3)$$

где $\beta = 1 - \frac{p_2}{p_1}$ – параметр, зависящий от противодавления и связывающий коэффициент гидродинамического сопротивления $\zeta = \frac{2(p_1 - p_2)}{\rho v^2}$ и критическое число кавитации, соответствующее

моменту возникновения кавитации, отнесенные к скорости в выходном сечении [2].

Для нахождения искомым критических чисел кавитации использовалась ранее полученная формула, отнесенная к скорости в выходном сечении устройства [3].

$$\sigma_k = \frac{4,54}{mn^{2,5}\zeta^{0,4}}, \quad (4)$$

где $m = \frac{\alpha_k}{\alpha_d}$; $n = \frac{S_c}{S}$ - степень сужения эжектора-смесителя. Коэффициент гидродинамического сопротивления в момент возникновения кавитации принимался равным, коэффициенту сопротивления в квадратичной области $\zeta = \zeta_{кв}$, который определялся, как сумма коэффициентов гидродинамического сопротивления конфузора и диффузора [4], без учета интерференции местных сопротивлений, в виду того, что коэффициент интерференции не превышал 6% [4].

$$\zeta_{ке} = k_{конф} \frac{1}{n^2} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^2}\right)^2 + \sin \alpha_d \left(1 - \frac{1}{n}\right)^2, \quad (5)$$

где $\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1-n}$, $k_{конф}$ - эмпирический справочный коэффициент, зависящий от угла конусности [4].

Ставится задача отыскания таких значений n и α_d при заданных параметрах значения жидкости Q , p_1 , p_2 и геометрической характеристики, зависящей от диаметра подводящего трубопровода S при различных углах конусности α_k , чтобы можно было гарантировать возникновение кавитации в эжекторе-смесителе. Практический интерес представляет отыскание таких углов диффузора на отрезке от 0 до 20° .

Предлагается численное решение данной задачи. В силу (3) для выполнения (1) достаточно так определить степень сужения n и угла конусности диффузора α_d , чтобы

$$\zeta_{ке} = \beta \sigma_{к} \quad (6)$$

Анализ формул (4) и (5) показывает, что существует такая функция $\alpha_{д} = f(n)$, $0 < n < 1$, что при любом $n \in (0,1)$ и $\alpha_{д} = f(n)$ равенство (6) будет выполнено. Подставляем в (4) и (5) при каждом n вместо $\alpha_{д}$ вместо $f(n)$ можно получить графическую зависимость $\sigma_{к} = \varphi(n)$.

Вычисления проводятся по следующей схеме. Фиксируется значение угла конусности конфузора $\alpha_{к}$ ($\alpha_{к} = 10, 20, 25, 40^\circ$). Затем для каждого из значений $\beta = 0,1, 0,2, \dots, 0,7$ организуется цикл по n , которое изменяется от 0,01 до 0,9 с шагом 0,01. Каждый шаг этого цикла включает в себя нахождение методом половинного деления угла конусности диффузора $\alpha_{д}$, как корня уравнения (6) с точностью до 2^{-8} градуса и вычисления соответствующего значения $\sigma_{к}$. После компьютерных вычислений получены графические зависимости $\alpha_{к} = f(n)$, выполненные на одноосной логарифмической клетчатке, представленные на рисунках 1 – 4.

Используя полученные зависимости, расчет оптимальных параметров производится следующим образом.

Для заданных параметров Q, p_1, p_2 , вычисляем $\beta, \sigma_{к}$ и $l_g \sigma_{к}$. По графикам (рисунков 1 – 4) определяем степень сужения эжектора-смесителя n , которому соответствует значение $\sigma_{к} = \sigma$. Тогда, в силу (4) и (6)

$$\alpha_{д} = \frac{\alpha_{к} n^{2,5} \beta^{0,4} \sigma_{к}^{1,4}}{4,54} \quad (7)$$

Найденные параметры n и $\alpha_{д}$ эжектора-смесителя обеспечивают возникновение в нем кавитации при минимально возможных потерях давления.

При необходимости получения в эжекторе-смесителе более развитого кавитационного режима, задаемся критическим числом кавитации $\sigma_{к} > \sigma_{к}$ и по графикам рисунки 1 – 4, и формуле (7) определяем необходимые геометрические размеры эжектора-смесителя. При необходимости обеспечения бескавитационной работы полагают $\sigma_{к} < \sigma_{к}$ и расчет повторяют.

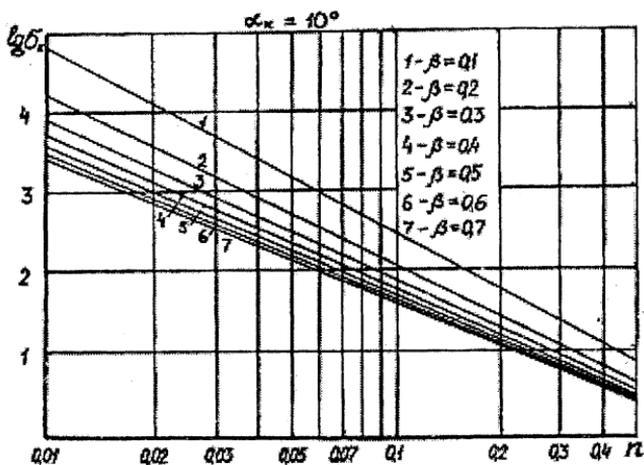


Рисунок 1 – Зависимости для расчета оптимальных параметров эжектора-смесителя при $\alpha_k=10^\circ$

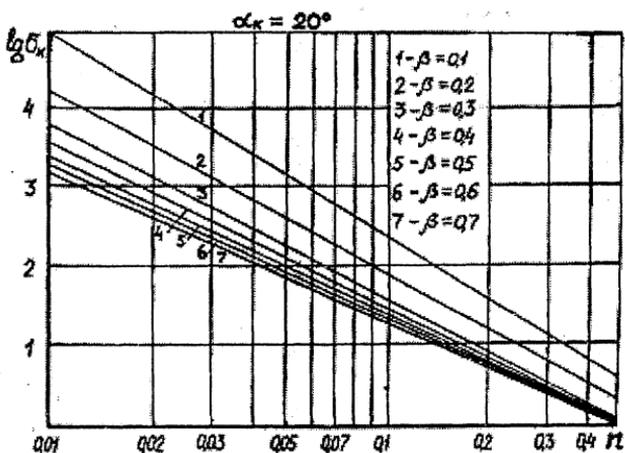


Рисунок 2 – Зависимости для расчета оптимальных параметров эжектора-смесителя при $\alpha_k=20^\circ$

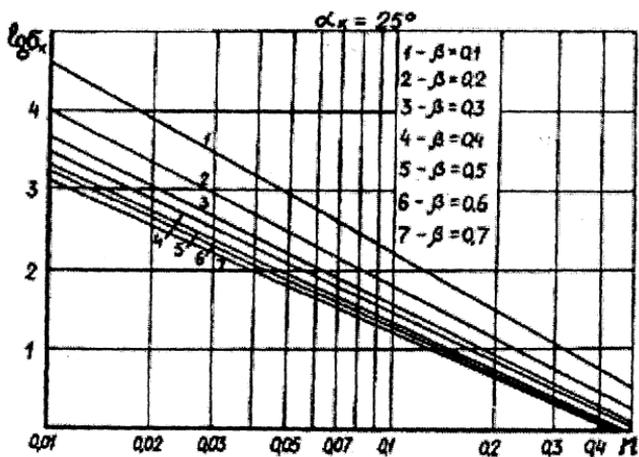


Рисунок 3 – Зависимости для расчета оптимальных параметров эжектора-смесителя при $\alpha_k = 25^\circ$

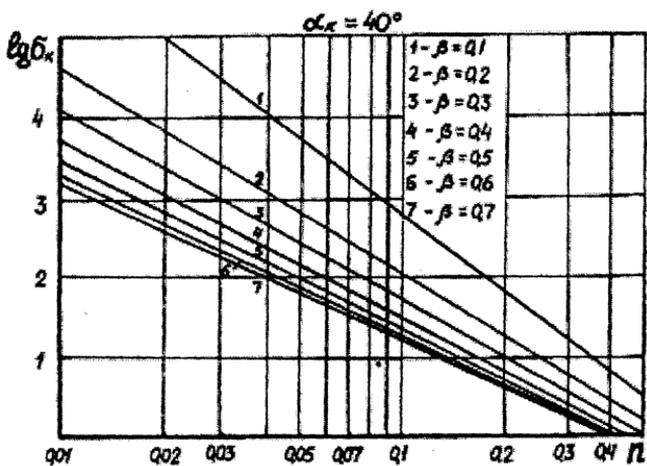


Рисунок 4 – Зависимости для расчета оптимальных параметров эжектора-смесителя при $\alpha_k = 40^\circ$

Представленная методика расчета позволяет определять оптимальные параметры кавитационных эжекторов-смесителей, обеспе-

чивая как эффективное эмульгирование, растворение и диспергирование при минимальных потерях давления, так и бескавитационную работу струйных эжекторов при необходимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карелин, В.Я. Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах. – М.: Машиностроение, 1975. – 380 с.
2. Арзуманов, Э.С. Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях. – М.: Энергия, 1978. – 308с.
3. Карпенчук И.В., Козлов Д.А. Особенности гидравлического расчета систем, включающих устройства, работающие в кавитационном режиме // Изв. вузов СССР-Энергетика – 1983 – № 7. – С. 106-111.
4. Рабинович, Е.З. Гидравлика. – М.: Недра, 1980 – 276 с.

УДК 628.543

В.Н. Яромский (отдел проблем Полесья НАН Беларуси)

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПУЛЬСАЦИОННЫХ БИОРЕАКТОРОВ НА ОБЪЕМНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ МАССОПЕРЕДАЧИ

Одним из важнейших вопросов в решении проблемы перестройки и совершенствования водохозяйственной деятельности молочной промышленности является изыскание наиболее эффективных методов очистки сточных вод, рациональных конструкторских и технологических приемов, обеспечивающих увеличение мощности очистных сооружений, повышение эффективности их работы и качества очищенной воды.

Аэробная биологическая очистка является наиболее эффективным и надежным в санитарном отношении методом очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий [1]. Анализируя факторы, влияющие на процесс биологической очистки, в [2] был сделан вывод о том, что константа скорости окисления полностью определяется интенсивностью массопередачи и концентрацией субстрата L_0 в начальный момент времени. Интенсифицировать массо-