

УДК 614.842.6

**Работа в кавитационном режиме пеногенератора
проточного типа системы подслоного тушения резервуаров
нефтепродуктов**

Карпенчук И. В., Пармон В. В., Полешук Г. К.

Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь
Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и
проблем чрезвычайных ситуаций

При разработке кавитационных высоконапорных пеногенераторов, работающих в гидравлических системах при высоких статических противодавлениях, необходимо наряду с заданными гидродинамическими параметрами течения рабочей жидкости в системе находить оптимальные геометрические характеристики кавитатора, определяющие возникновение и развитие в нем кавитационного режима [1].

Основными характеристиками, определяющими работу высоконапорных пеногенераторов, служат следующие параметры: расход жидкости – Q ; давление на входе в пеногенератор – P_1 ; противодействие на выходе из пеногенератора – P_2 ; угол конусности конфузора – α_k ; угол конусности диффузора – α_d ; площадь узкого сечения пеногенератора – S_c ; площадь входного и выходного сечения, регламентируемая диаметром подводящей и отводящей гидромагистралей системы – S . Зная эти параметры, можно решить вопрос о наличии и степени развития кавитации. Как известно, кавитация будет иметь место, если выполняется следующее неравенство (1).

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

Оптимальными параметрами будут такие, которые обеспечивают возникновение кавитации в высоконапорном пеногенераторе при минимальных потерях давления, т.е.

$$\sigma = \sigma_k \text{ или } \xi = \beta \sigma_k , \quad (2)$$

где β – параметр, зависящий от противодействия ($\beta = 1 - P_2/P_1$);

σ_k – критическое число кавитации ($\sigma_k = P_1/(\rho v/2)$).

Для нахождения искомых критических чисел кавитации используется уравнение (3).

$$\sigma_k = 4,54\sqrt{n/m}\xi^{0,4}, \quad (3)$$

где $n=S/S_c$; $m=\alpha_k/\alpha_\delta$.

Откуда получаем:

$$\sigma_k = 4,54/m \times n^{2,5} \xi^{0,4}. \quad (4)$$

Коэффициент гидродинамического сопротивления в момент возникновения кавитации принимался равным коэффициенту сопротивления в квадратичной области $\xi=\xi_{кв}$, который определялся как сумма коэффициентов гидродинамического сопротивления конфузора и диффузора [2, 3].

$$\xi_{кв} = k_{конф} (1/n^2)(1-1/\varepsilon)^2 + \sin \alpha_\delta (1-1/n)^2, \quad (5)$$

где $k_{конф}$ – эмпирический коэффициент [5];

$$\varepsilon = 0,57 + 0,043/(1,1-n).$$

Ставится задача отыскания таких значений n и α_δ при заданных параметрах течения жидкости Q, P_1, P_2 геометрических характеристик, зависящих от параметров гидросистемы α_k и S чтобы можно было гарантировать возникновение кавитации в высоконапорном пеногенераторе.

Предлагается численное решение данной задачи. В силу уравнения (2) для выполнения неравенства (1) нам достаточно так определить n и α_δ , чтобы:

$$\xi_{кв} = \beta \sigma_k. \quad (6)$$

Анализ формул (4) и (5) показывает, что существует такая функция $\alpha_\delta=f(n)$, $0 < n < 1$, что при любом $n \in (0,1)$ и $\alpha_\delta=f(n)$ равенство (6) будет выполнено. Подставляя в формулы (4) и (5) при каждом n вместо α_δ значение $f(n)$, мы можем построить график $\alpha_k=\varphi_n$.

Вычисления производятся по следующей схеме. Фиксируется значение угла конфузора α_k ($\alpha_k=10^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 40^\circ$). 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 α_δ как корня уравнения (6) с точностью до 2^{-8} градусов (если на отрезке от 1° до 20° корня нет, то полагается $\alpha_\delta=20^\circ$) и вычисление соответствующего значения σ_k . После этого строятся графики зависимости $lg\sigma_k$ от n . Используя полученные зависимости, расчет оптимальных параметров производится сле-

дующим образом. Для заданных параметров Q, P_1, P_2, β вычисляем σ_k и $lg\sigma_k$. По построенным графикам определяем n , которое соответствует значению $\sigma_k = \sigma$.

Тогда в силу уравнений (4) и (6):

$$\alpha_0 = \alpha_k n^{2.5} \beta^{0.4} \sigma_k^{1.4} / 4,54. \quad (7)$$

Найденные параметры n и α_0 высоконапорного пеногенератора обеспечивают возникновение в нем кавитации при минимально возможных потерях давления.

При необходимости получения в пеногенераторе более развитого кавитационного режима задаем критическим числом кавитации $\sigma_k > \sigma_k$ и по построенным графикам и формуле (7) определяем необходимые геометрические размеры высоконапорного пеногенератора. Критический параметр кавитации для пеногенератора с новыми геометрическими размерами можно определить по формуле (8).

$$K_{sp} = 1 - \xi' / \sigma_k', \quad (8)$$

где ξ' – коэффициент гидродинамического сопротивления при найденных размерах высоконапорного пеногенератора по формуле (5).

Степень развития кавитации определяется сравнением критического параметра кавитации и параметра кавитации K , определяемого по уравнению (9).

$$\left(\xi^{kav} / \xi \right)_{max} = 1 / (1 - K_{sp}). \quad (9)$$

Данная методика расчета оптимальных параметров кавитационных эжекторов-смесителей работающих в кавитационном режиме, позволяет при наличии основных характеристик высоконапорного пеногенератора решить вопрос о наличии и степени развития кавитации.

Литература

1. Сточек, Н. П. Гидравлика жидкостных ракетных двигателей / Н. П. Сточек, А. С. Шапиро. – М.: Машиностроение, 1983. – 128 с.
2. Альтшуль, А. Д. Примеры расчетов по гидравлике / А. Д. Альтшуль. – М.: Стройиздат, 1976. – 255 с.
3. Рабинович, Е. З. Гидравлика / Е. З. Рабинович. – М.: Недра, 1980. – 278 с.