

УДК 614.8

*Садковой В.П., канд. психол. наук, ректор, УГЗУ,
Абрамов Ю.А., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., УГЗУ*

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ВОДЫ

Получены переходная и передаточная функции многоканальных распылителей центробежного типа

Постановка проблемы. При ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций достаточно часто используются распылители воды (РВ). Такие РВ применяются при дезактивации, дезинфекции, при тушении пожаров в замкнутых объемах и др.

Повышение эффективности систем с использованием РВ неразрывно связано с совершенствованием их технических характеристик. Следует отметить, что кардинальное решение проблемы по повышению эффективности систем такого типа может быть осуществлено с использованием кибернетических подходов, которые, в частности, в общем случае априори предполагают наличие достаточно строгого математического описания процессов, происходящих в элементах системы.

Анализ последних исследований и публикаций. Распыление жидкостей рассматривается в многочисленной литературе [1 – 4]. Можно привести примеры по изучению этих процессов применительно к восстановлению жизнедеятельности на морских судах [5, 6] и др. Однако во всех публикациях касательно РВ не рассматриваются их динамические характеристики в кибернетических терминах.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является определение динамических характеристик РВ центробежного типа, принадлежащих к классу переходных и передаточных функций систем с сосредоточенными параметрами.

В [7] было показано, что движение жидкости в канале описывается уравнением вида

$$\frac{\partial U_x}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left[\frac{\partial^2 U_x}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial U_x}{\partial r} \right], \quad (1)$$

где U_x – проекция скорости движения жидкости вдоль продольной оси канала; p – давление; ρ_0, ν – плотность и коэффициент кинематической вязкости жидкости соответственно.

Умножим все члены этого уравнения на $2\pi r dr$ и проинтегрируем их по переменной r на интервале $[0, r_0]$, где r_0 – радиус цилиндрического канала. При этом учтем, что

$$2\pi \int_0^{r_0} r U_x dr = Q; \quad 2\pi \int_0^{r_0} r p dr = \pi r_0^2 p, \quad (2)$$

где Q – расход жидкости, протекающей в данный момент времени через сечение канала, площадь которого равна πr_0^2 .

Кроме того, в соответствии с законом вязкого трения Ньютона введем в рассмотрение касательное напряжение на стенке канала

$$\tau_n = -\rho_0 \nu \left. \frac{\partial U_x}{\partial r} \right|_{r=r_0}. \quad (3)$$

Тогда уравнение (1) можно переписать следующим образом

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2\pi r_0}{\rho_0} \tau_n = -\frac{\pi r_0^2}{\rho_0} \cdot \frac{\partial p}{\partial x}. \quad (4)$$

Проинтегрируем это уравнение по x на интервале $[0, l]$, где l – длина канала с жидкостью, и учтем, что для ламинарного движения жидкости имеет место соотношение [8]

$$\tau_n \cong \frac{4\nu r_0}{\pi r_0^3} Q. \quad (5)$$

Тогда движение жидкости в канале РВ будет описываться уравнением

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{8\nu}{r_0^2} Q = -\frac{\pi r_0^2}{\rho_0 l} \Delta p, \quad (6)$$

где $\Delta p = p_2 - p_1$ – перепад давлений на участке канала длиной l .

Если положить, что $\Delta p = -A = \text{const}$, а начальные условия являются нулевыми, то решение уравнения (6) имеет следующий вид

$$Q(t) = K \left(1 - \exp \left(-\frac{t}{T} \right) \right), \quad (7)$$

где K , T – коэффициент передачи и постоянная времени одного канала РВ соответственно, определяемые выражениями

$$K = \frac{\pi r_0^4}{8\nu\rho_0 l}; \quad T = \frac{r_0^2}{8\nu}. \quad (8)$$

Выражение (7) представляет переходную функцию для одного канала РВ, которой можно поставить в соответствие передаточную функцию. Применительно к системе обозначений (8) выражению (7) будет соответствовать передаточная функция

$$W_1(p) = K(Tp + 1)^{-1}. \quad (9)$$

Вследствие того, что РВ содержит несколько каналов, число которых равно n , структурно-динамическую схему такого распылителя можно представить в виде, изображенном на рис. 1, откуда следует выражение для передаточной функции РВ

$$W(p) = \sum_{k=1}^n W_k(p) = nW_1(p) = nK(Tp + 1)^{-1}. \quad (10)$$

Из этого выражения следует, что увеличение числа каналов в РВ приводит к увеличению расхода воды или интенсивности ее подачи в число раз, равное количеству каналов распылителя. Быстродействие многоканального РВ является инвариантным по отношению к числу каналов и определяется вязкостью воды и радиусом канала, что следует из (8). В частности, при $r_0 \approx 5 \cdot 10^{-4}$ м, быстродействие таких РВ составляет порядка 10^{-3} с.

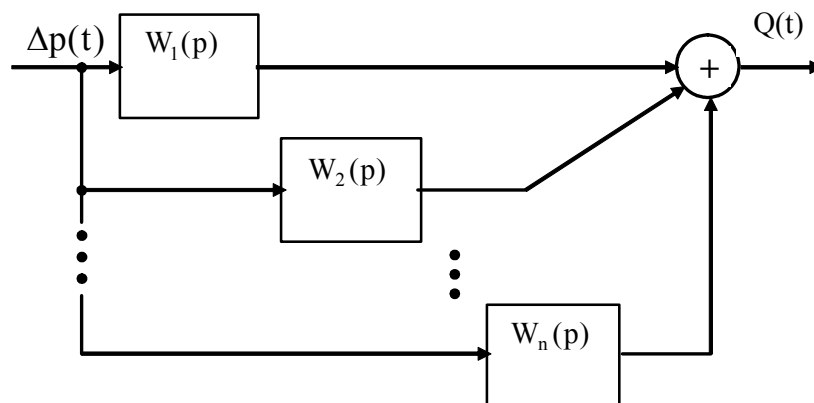


Рис. 1 – Структурно-динамическая схема РВ

Выводы. Получены выражения для переходной и передаточной функций многоканального РВ центробежного типа, что открывает возможности для распространения идей технической кибернетики на синтез систем, содержащих РВ такого типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин В.А., Дидятки Ю.Ф., Клячко А.А., Ягодкин В.И. Распыливание жидкости. – М.: Машиностроение, 1967. – 263 с.
2. Пажи Д.Г., Галуетов В.С. Основы техники распыливания жидкостей. – М.: Химия, 1984. – 145 с.
3. Лышевский А.С. Распыливание топлива в судовых дизелях. – Л.: Судостроение, 1971. – 215 с.
4. Витман Л.А., Кацельсон Б.Д. Распыление жидкости форсунками. – М.: ГЭИ, 1962. – 334 с.
5. Борьба с пожарами на судах. Т.1. Пожарная опасность на судах // Под ред. М.Г. Ставицкого. – Л. Судостроение, 1976. – 136 с.
6. Головин В.Н., Емец А.А. Математическая модель тушения пожара в отсеках кораблей при тонком, объемном распылении воды // Науковий вісник УкрНДІПБ. – К.: УкрНДІПБ, 2001. – Вип. 3 – С. 49 – 53.
7. Абрамов Ю.А., Садковой В.П. Математические модели гидромагистралей систем автоматического пожаротушения // Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техніка, 2006. – Вып. 72. – С. 336 – 343.
8. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1970. – 904 с.