

## РАСЧЁТ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛОСТИ АДАПТИВНОГО РЕЗОНАТОРА ГЕЛЬМГОЛЬЦА ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Радин Д.В., Борисов Д.Е., Макарьянц Г.М.

Самарский университет, Самара, [radin.danila.v@gmail.com](mailto:radin.danila.v@gmail.com)

*Ключевые слова:* гидравлическая система, пульсации давления, гаситель пульсаций, резонатор Гельмгольца.

Разработка адаптивного резонатора Гельмгольца связана с точным определением его собственной частоты, поэтому даже небольшая погрешность в определении динамических характеристик полости резонатора может привести к заметному падению эффективности устранения пульсаций.

Полость, целиком заполненная жидкостью, представляет собой акустическую ёмкость, имеющую упругие свойства. Согласно теории электродинамических аналогий, акустическая ёмкость в акустической системе аналогична электрической ёмкости в электрических системах [1].

В монографии [2] учёт совместной податливости жидкости и конструкции проводится при помощи приведённого объёма полости, заполненной рабочей средой. Под приведённым объёмом  $V_{\text{пр}}$  понимается внутренний объём условной ёмкости с абсолютно жёсткими стенками, сжимаемость рабочей среды в которой равна податливости реальной конструкции, обусловленной сжимаемостью жидкости и увеличением объёма полости за счёт деформации стенок. Динамические свойства ёмкости в таком случае определяются импедансом  $Z_{\text{п}}$  по формуле (1):

$$Z_{\text{п}} = j \frac{\rho a^2}{\omega V_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность рабочей жидкости,  $a$  – скорость распространения звука в рабочей жидкости,  $\omega$  – круговая частота.

В монографии [2] с помощью данной методики экспериментально получены значения приведённых объёмов и результаты частотных испытаний для нескольких полостей с различными конструктивными параметрами. Из результатов испытаний видно, что приведённый объём полости, имеющей податливую стенку, значительно превышает её геометрический объём.

Для возможности вычисления приведённого объёма с помощью относительной объёмной податливости стенок конструктивных элементов полости, была получена формула:

$$V_{\text{пр}} = V_{\text{геом}} \left( 1 + \frac{B_a}{K} \right), \quad (2)$$

где  $V_{\text{геом}}$  – геометрический объём полости,  $B_a$  – адиабатический модуль упругости рабочей жидкости,  $K$  – относительная объёмная податливость конструктивных элементов полости.

Ввиду сложности расчёта объёмной податливости стенок конструктивных элементов конструкции ПГС, приведённый объём определяется экспериментально с помощью несложных установок [3].

Однако, выполнение экспериментальных исследований приведённого объёма требует времени и существенных затрат на изготовление различных вариантов конструкций полостей. Поэтому необходимо разработать методику определения объёмной податливости конструкции численными методами. Также численная математическая модель позволяет получить необходимое значение приведённого объёма за счёт изменения конструктивных параметров.

Для расчёта коэффициента объёмной податливости конструктивных элементов использовался программный комплекс Ansys. Сравнение полученных с помощью конечно-элементных моделей значений приведённого объёма с экспериментальными данными, приведёнными в [2], показало их хорошую сходимость.

С помощью конечно-элементного моделирования были получены динамические характеристики полости адаптивного гасителя пульсаций при изменении её объёма в процессе работы.

### **Благодарности**

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90239.

### **Список литературы**

1. Ольсон Г. Динамические аналогии / перевод с английского Б.Л. Коробочкина; под ред. М.А. Айзермана. М.: Государственное издательство иностранной литературы, 1947. 224 с.
2. Шорин В.П. Устранение колебаний в авиационных трубопроводах. М.: Машиностроение, 1980. 156 с.
3. Шахматов Е.В. Динамические процессы в гидравлических и пневматических системах летательных аппаратов [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Е.В. Шахматов, А.Н. Крючков, А.Г. Гимадиев; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т). Электрон. текстовые и граф. дан. (4,6 Мбайт). Самара, 2011. 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

### **Сведения об авторах**

Радин Данила Валерьевич, аспирант кафедры АСЭУ, Самарский университет. Область научных интересов: устранение колебаний в агрегатах и узлах авиационной и ракетно-космической техники.

Борисов Дмитрий Евгеньевич, аспирант кафедры АСЭУ, Самарский университет. Область научных интересов: устранение колебаний в агрегатах и узлах авиационной и ракетно-космической техники.

Макарьянц Георгий Михайлович, д-р техн. наук, профессор кафедры АСЭУ, Самарский университет. Область научных интересов: устранение колебаний в агрегатах и узлах авиационной и ракетно-космической техники.

## **CALCULATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF ADAPTIVE HELMHOLTZ RESONATOR CAVITY FOR HYDRAULIC SYSTEMS**

Radin D.V., Borisov D.E., Makaryants G.M.

Samara National Research University, Samara, Russia, [radin.danila.v@gmail.com](mailto:radin.danila.v@gmail.com)

*Keywords: hydraulic system, pressure pulsations, pulsation damper, Helmholtz resonator.*

This work is devoted to the calculation of the dynamic characteristics of a variable volume cavity of a Helmholtz resonator for hydraulic systems. As a result of the work a method for determining the dynamic characteristics of the damper cavity using finite element modeling was developed.