

УДК 534.231.2

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИСТЕМЫ ТИПА РЕЗОНАТОР ГЕЛЬМГОЛЬЦА, НЕПРЕРЫВНЫМ ПОТОКОМ СРЕДЫ

Еремеев В.О., Вьюшкина И.А., Суворов А.С., Стуленков А.В., Артельный В.В.,  
Балакирева Н.В., Зайцева С.Г.

Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук, г. Нижний Новгород, Россия, [s.zaitseva@ipfran.ru](mailto:s.zaitseva@ipfran.ru)

*Ключевые слова:* резонатор Гельмгольца, автоколебания, резонанс, численное моделирование

В данной статье представлены результаты исследования автоколебательных процессов, возникающих в системах типа резонатор Гельмгольца при возбуждении его потоком сплошной среды, с применением численного моделирования. Однако, в отличие от классического резонатора Гельмгольца, в котором автоколебания сплошной среды обуславливаются её сжимаемостью, в исследуемой системе, из-за сопоставимых импедансов конструкции и сплошной среды, автоколебания возникают благодаря упругости стенок резонатора.

Проведен сравнительный анализ различных подходов к численному моделированию акустических и гидродинамических полей, возникающих в исследуемой системе, с учетом как требований к достижению требуемой точности, так и ресурсоемкости расчетов. Результаты расчетов сопоставлены с данными, полученными в ходе физических экспериментов на лабораторном стенде, которые показали хорошую точность при численном моделировании (Рис.1). Показано, что для случая возбуждения «резонатора» водной средой возможно значительное упрощение вычислительного эксперимента за счет использования гибридного подхода «гидродинамика-акустика», при котором задача делится на две части [1-5]. Сначала с помощью методов вычислительной гидродинамики определяются источники шумового излучения, а затем рассчитывается акустическое излучение как рассеяние псевдозвукового поля обтекаемыми поверхностями.

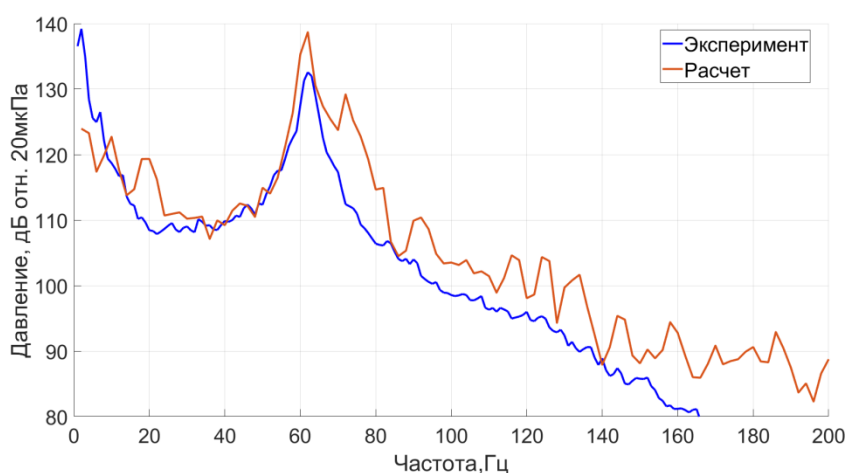


Рис.1. Спектральная плотность мощности давления внутри «резонатора»

### Список литературы

1. A. Suvorov, P. Korotin, V. Artelny, Numerical simulation of sound emission using acoustic contact elements, Acoustical physics, Vol. 60, no. 6, 2014

2. A. Suvorov, P. Korotin, Ye. Sokov, Finite element method for simulating noise emission generated by inhomogeneities of bodies moving in a turbulent fluid flow, Acoustical physics, Vol. 64, no. 6, 2018

3. A. Kainova, P. Korotin, Ye. Sokov, A. Suvorov, Validation method for finite-element modeling of acoustic re-emission of bodies in the turbulent fluid flow, Journal of Applied Mathematics and Mechanics. Vol. 83, no. 3, 2019

4. A. Suvorov, P. Kalyasov, P. Korotin, Ye. Sokov, V. Artelny, Prediction of noise radiation from non-uniformities of surface in flow, Transactions of the Krylov State Research Centre. Vol. 3, no. 389. 2019

5. A. Suvorov, E. Sokov, A. Virovlyansky, V. Ereemeev, N. Balakireva, Finite Element Modeling of Hydrodynamic Noise Arising in a Flow Around Elastic Bodies, Acoustical physics, Vol. 69, no. 6, 2023

6. A.S. Suvorov, V.O. Ereemeev, S.G. Zaitseva, N.V. Balakireva, Application of Finite Element Modeling to the Problem of Determining Hydrodynamic Noise Generated by Local Inhomogeneity, IEEE Xplore. 2022.

#### Сведения об авторах

Еремеев Владимир Олегович – младший научный сотрудник, область научных интересов: акустическое проектирование.

Вьюшкина Ирина Александровна - научный сотрудник, область научных интересов: акустическое проектирование.

Анатолий Сергеевич Суворов – доктор физико-математических наук, заведующий отделом акустического проектирования, область научных интересов: математическое моделирование гидродинамических и упругих механических систем.

Стуленков Андрей Вадимович – младший научный сотрудник, область научных интересов: физическое моделирование

Артельный Виктор Васильевич – старший научный сотрудник, область научных интересов: физическое моделирование

Балакирева Надежда Витальевна – младший научный сотрудник, область научных интересов: акустическое проектирование.

Зайцева Светлана Георгиевна – младший научный сотрудник, область научных интересов: акустическое проектирование.

### **NUMERICAL SIMULATION OF EXCITATION OF A SYSTEM SUCH AS THE HELMHOLTZ RESONATOR BY A CONTINUOUS MEDIUM FLOW**

Ereemeev V.O., V'yushkina I.A., Suvorov A.S., Stulenkov A.V., Artelnyi V.V., Balakireva N.V.,  
Zaitseva S.G.

Federal Research Center A.V. Gaponov-Grekhov Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences (IAP RAS), Nizhny Novgorod, Russian Federation, [s.zaitseva@ipfran.ru](mailto:s.zaitseva@ipfran.ru)

*Keywords: Helmholtz resonator, self-sustained oscillations, resonance, numerical simulation.*

This paper presents the results of a study of self-sustained processes excited in a system such as the Helmholtz resonator by a flow over its orifice using numerical simulation. Then, in a classical

resonator, vibrations of air volume in the cavity are excited, but in the system under the study due to comparable impedances of the structure and the acoustic medium, excitations of vibrations of the elastic walls of the resonator occurred. A comparative analysis of various approaches to numerical simulation of acoustic and hydrodynamic fields occurring in the system under the study has been carried out, taking into account both the requirements for achieving the required accuracy and the resource greediness of calculations. The calculation results were compared with data obtained during physical experiments on a laboratory bench, which showed good accuracy in numerical simulation. It is shown that for the case of “resonator” excitation by water, a significant simplification of the computational experiment is possible through the use of a hybrid “hydrodynamics-acoustics” approach, in which the problem is divided into two parts. First, using computational fluid dynamics methods, noise emission sources are determined, and then acoustic radiation is calculated as the scattering of a pseudosonic field by streamline surfaces.