

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА РЕЗОНАНСНУЮ ЧАСТОТУ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА ГЕЛЬМГОЛЬЦА

Павлюк А.С. (ИТМО), Красикова М.В. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Богданов А.А. (ИТМО)

Введение. Акустические метаматериалы предоставляют широкие возможности для управления звуком [1], включая шумоподавление [2]. Снижение шума особенно актуально в связи с ростом шумового загрязнения и его негативным влиянием на здоровье человека [3]. Одна из перспективных конструкций шумоподавляющих акустических метаматериалов основана на резонаторах Гельмгольца [4]. Разработка метаматериалов требует понимания свойств отдельных резонаторов. Однако знания о резонаторе Гельмгольца весьма ограничены:

- 1) Влияние свойств материальных параметров не было исследовано.
- 2) Классическая формула для резонансной частоты не является точной для различных геометрий резонаторов [5,6].

Основная часть. Для решения указанной проблемы необходимо провести параметрическое исследование резонансных свойств цилиндрических резонаторов Гельмгольца. Данная задача была решена при помощи численного моделирования в программном пакете COMSOL Multiphysics, модули Pressure Acoustics и Solid Mechanics вместе с мультифизической связкой, что позволяет учитывать одновременно и эффекты воздушной акустики, и влияние материала резонатора. В ходе работы были выделены следующие шаги:

- 1) Исследование влияния ширины щели на положение резонансной частоты.
- 2) Исследование влияния коэффициента Пуассона на положение резонансной частоты.
- 3) Исследование влияния модуля Юнга на положение резонансной частоты.

В ходе исследования было получено, что характер зависимости положения резонансной частоты Гельмгольца (акустического резонанса) от ширины щели резонатора, полученной численно, значительно отличается от вида кривой, полученной аналитически. Кроме того, аналитическое решение не предсказывает резонансы, которые являются результатом возбуждения мод деформации резонатора. Показано, что в связи с симметрией системы возможно возбудить только симметричные моды деформации. Ширина щели резонатора значительно влияет на акустический резонанс, в то же время влияние на моды деформации пренебрежимо мало. В случае материальных параметров ситуация обратная: изменение коэффициента Пуассона или модуля Юнга практически не сказывается на акустической моде, но влияет на деформационную; причем влияние модуля Юнга оказывается сильнее, чем коэффициента Пуассона. Более того, наблюдается взаимодействие между данными типами мод.

Выводы. Была исследована зависимость резонансной частоты двумерного резонатора Гельмгольца от ширины щели, модуля Юнга и коэффициента Пуассона. Изменение ширины щели оказывает сильное влияние на резонансную частоту, особенно для тонких щелей. Изменение параметров материала при заданной ширине щели обеспечивает контроль над положением резонанса. Взаимодействие между акустическими и механическими модами является значительным, особенно для «мягких» материалов.

Список использованных источников:

1. Cummer S., Christensen J., Alù A. Controlling sound with acoustic metamaterials // Nat Rev Mater. – 2016. – Vol. 1. – P. 16001.
2. Gao N., Zhang Z., Deng J., Guo X., Cheng B., Hou H. Acoustic Metamaterials for Noise

Reduction: A Review // Adv. Mater. Technol. – 2022. – Vol. 7. – P. 2100698.

3. Van Kempen E. et al. WHO Environmental Noise Guidelines for European Region // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2018.

4. Krasikova M., Pavliuk A., Krasikov S., Kuzmin M., Lutovinov A., Melnikov A., Baloshin Y., Powell D. A., Marburg S., Bogdanov A. Broadband noise-insulating periodic structures made of coupled Helmholtz resonators // APL Materials. – 2024. – Vol. 12. – No. 1. – P. 011115.

5. Alster M. Improved calculation of resonant frequencies of Helmholtz resonators // Journal of Sound and Vibration. – 1972. – Vol. 24. – № 1. – P. 63–85.

6. Chanaud R.C. Effects Of Geometry On The Resonance Frequency Of Helmholtz Resonators // Journal of Sound and Vibration. – 1994. – Vol. 178. – № 3. – P. 337–348.