

НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ПОГЛОТИТЕЛИ НА ОСНОВЕ ПОРОАКУСТИЧЕСКИХ МЕТАПОВЕРХНОСТЕЙ

Красикова М.В. (ИТМО), Павлюк А.С. (ИТМО)
Научный руководитель – Богданов А.А. (ИТМО)

Введение. Шумовое загрязнение является одной из основных причин развития психических и физических заболеваний городских жителей [1]. Постоянное воздействие шума существенно увеличивает вероятность развития депрессии и тревожных расстройств, заболеваний сердечно-сосудистой системы и диабета [2, 3]. При этом, уровень шумового загрязнения непрерывно возрастает на 0.2-0.3 дБ в год [4, 5]. Соответственно, необходима разработка мер по снижению шумового загрязнения. Один из способов решения этой проблемы заключается в использовании шумозащитных систем, которые зачастую основаны на использовании толстых слоев поглощающего материала, свойства которого зависят от его массы [6]. Такой подход тяжело реализуем для шумоизоляции помещений ввиду наличия ограничений на массу и толщину стен и перекрытий, из-за чего шумоизоляция в низком диапазоне частот (до 1 кГц) является малоэффективной. Таким образом, необходима разработка новых материалов, позволяющих достичь поглощения в слоях субволнового размера с малой массой.

Основная часть. Предлагаемое решение указанной проблемы заключается в разработке пороакустических метаповерхностей, основанных на связанных резонаторах Гельмгольца. При наличии внутренних потерь такие резонаторы являются эффективными субволновыми поглотителями. Более того, резонанс Гельмгольца может быть возбужден при любом угле падения волны, что, соответственно, позволяет достичь эффективного поглощения при любых углах падения. Наличие связи между резонаторами приводит к тому, что резонанс расщепляется, благодаря чему возможно расширение диапазона частот, на которых наблюдается поглощение. Для настройки величины потерь предлагается использование пористых вставок, которые влияют также на силу связи между резонаторами. Также, рассматривается вариант системы, при котором резонаторы связаны через лабиринтную структуру, в которой также наблюдается резонансное поглощение, связанное с термовязкими потерями в узких акустических каналах.

Таким образом, численно показано, что в рассматриваемых субволновых пороакустических структурах (толщиной до 15 см) возможно резонансное поглощение на низких частотах (до 1 кГц). Спектральное положение полосы поглощения, а также ее ширина могут быть настроены путем изменения локальной связи между резонаторами, изменением величины потерь в резонаторах, а также связью резонаторов с узкими каналами с термовязким поглощением. Для достижения наиболее эффективного шумопоглощения рассматриваемые структуры были оптимизированы при помощи генетических алгоритмов. Также были получены частотно зависимые эффективные параметры разрабатываемых метаматериалов.

Выводы. Был разработан композитный метаматериал на основе связанных резонаторов Гельмгольца и пороакустических вставок. Показано, что поглощающие свойства структуры могут быть настроены за счет изменения силы связи между резонаторами и введения дополнительных термовязких потерь. Коэффициент поглощения при этом слабо зависит от угла падения. Полученные результаты могут стать основой для разработки шумозащитных систем нового поколения, характеризующихся малыми массогабаритными параметрами. В частности, наиболее перспективным применением таких структур является шумоизоляция помещений различного назначения.

Список использованных источников:

1. Stansfeld, S.A. Noise Effects on Health in the Context of Air Pollution Exposure // Int. J. Environ. Res. Public Health 2015, 12, 12735-12760.
2. Kempen E.V. et al. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary // Int J Environ Res Public Health. 2018. V.15(2). P.379.
3. Gong X. et al. Association between Noise Annoyance and Mental Health Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis// Int. J. Environ. Res. Public Health 2022, 19, 2696.
4. Iglesias-Merchan C. et.al. Spatio-temporal changes of road traffic noise pollution at ecoregional scale // Environmental Pollution, 2021, Volume 286, 117291.
5. Frisk, G. Noiseconomics: The relationship between ambient noise levels in the sea and global economic trends // Sci Rep 2, 437 (2012).
6. Hopkins C. Sound insulation // Routledge, 2012.