
Методы и устройства зондирования сред

УДК 504.064

Исследование шумопоглощающих экранов на основе резонаторов Гельмгольца в лабораторной акустической камере

Балашова А.А., Гуськов П.М., Шеронова Т.С.

Снижение уровня акустического шума на городских улицах, это важная проблема в условиях современного урбанизированного пространства. В работе представлены некоторые результаты исследования акустического шумопоглощающего экрана на основе резонатора Гельмгольца. Экран позволяет изменять величину щелевых зазоров и глубину резонатора. Проанализированы результаты полученных экспериментальных данных. Измерения проведены в лабораторной акустической камере.

Ключевые слова: шум, шумозащитные экраны, ослабление сигнала, резонатор Гельмгольца, акустическая камера.

Введение

Воздействие звука на организм живого существа известно давно. Правильно подобранный музыкальный ряд способен благоприятно действовать на организм человека, уравнивая его психологическое состояние, оказывая успокаивающее воздействие. Напротив, акустический шум сказывается на здоровье людей, живущих в крупных городах, не самым лучшим образом. Если организм человека подвергается постоянному шумовому воздействию, превышающему норму (≈ 80 дБ), то повышается вероятность возникновения заболеваний нервной и сердечной систем, а также ухудшения слуха.

На сегодняшний день по причине нерационального планирования городских застроек, увеличения транспортных потоков (как личных автомобилей, так и автомобилей промышленного назначения), а также из-за расширения границ населённых пунктов, жители городов подвержены воздействию почти постоянно действующего акустического шума.

По данным официальных органов в РФ более 35 млн. человек проживает в условиях акустического дискомфорта, когда в дневное время уровень шума превышает допустимые значения на 25 дБА [1]. По различным данным за последнее время средний уровень шу-

ма, производимый транспортом, увеличился на 12-14 дБ.

В значительной степени такое возрастание акустошумовой нагрузки связано с резким увеличением количества автомобилей, находящихся в пользовании граждан. Так, по данным территориального органа государственной статистики по Владимирской области в городе Муроме на 110000 населения на период 2015 года насчитывалось более 43 тысяч автомобилей. А уже в 2016 году эта цифра перевалила за 50 тысяч [2]. В результате, превышение уровня санитарных норм при интенсивном движении автотранспорта в ряде зон Мурома достигает 22-28 дБ [3]. При этом шум, возникающий на проезжей части магистрали, распространяется не только на примыкающую территорию, но и вглубь жилой застройки.

Следовательно, проблема наличия акустического шума и защиты от него является важной и актуальной.

Целью работы является анализ предварительных результатов исследования лабораторного макета шумопоглощающего экрана на основе резонаторов Гельмгольца.

1. Шумозащитные акустические экраны и их применение

Одним из наиболее эффективных строительно-акустических средств защиты от транспортного шума селитебной территории и застройки является сооружение придорожных шумозащитных акустических экранов (АЭ). Акустический экран, это плотная преграда, которая устанавливается на пути распространения звука к защищаемому от шума объекту [4].

АЭ являются наиболее надёжным и современным средством избавления от городского шума. В США, Германии, Японии, Канаде построены десятки тысяч километров АЭ, установленных вдоль автомобильных и железнодорожных магистралей, в районах аэропортов.

Основным оценочным параметром экрана является его акустическая эффективность, на которую оказывают влияние многие факторы, характеризующие как сам экран, так и источник шума, и параметры окружающей среды. Особую роль при этом играют факторы, связанные со звукопоглощением в среде. Механизмы этого поглощения могут быть различными, связанными с поглощением звука атмосферой, влиянием ветра, влажности воздуха, температурных градиентов, турбулентностей, зеленых насаждений и т.п.

Акустические экраны можно разделить по следующим признакам:

- физическому принципу снижения шума;
- виду верхней части экрана;
- материалам акустической панели;
- областям применения.

В зависимости от физического принципа подавления шума акустические экраны классифицируют на отражающие и отражающе-поглощающие [5].

Транспортные акустические экраны устанавливаются между линейным источником шума (автодорога с транспортом) и защищаемым объектом. Звуковая энергия по пути от источника шума к расчётной точке перераспределяется и уменьшается за счёт частичного поглощения звукопоглощающей поверх-

ностью (если опорная поверхность АЭ характеризуется достаточным звукопоглощением). При распространении звука за акустический экран наиболее важны следующие основные принципы акустической защиты: отражение, поглощение и дифракция звука. За акустическим экраном образуется звуковая тень, в которой обеспечивается снижение звука экраном.

Плохо проработанным вопросом остаётся проблема возможного увеличения интенсивности уровня шума в зоне перед экраном в результате отражения падающего на экран акустического шума. В данной работе исследовался шумопоглощающий экран, обеспечивающий не отражение, а именно поглощение падающего а экран сигнала.

Основу такого экрана составляет набор резонаторов Гельмгольца, представляющих собой в простейшем виде сосуд с горловиной в виде трубы (рис.1)[6]. Принцип действия резонатора состоит в сжатии внутреннего объёма воздуха V , заключённого в корпусе герметичного устройства, давлением P звуковой волны через отверстие в нём. Именно

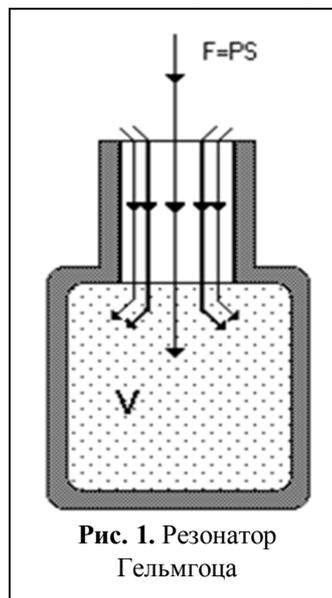


Рис. 1. Резонатор Гельмгольца

этот внутренний объём воздуха выполняет роль резонирующего элемента.

В целом резонатор Гельмгольца является колебательной системой с одной степенью свободы и поэтому способен «отзываться» только на одну единственную

частоту, соответствующую его собственной резонансной частоте. При этом он способен как усиливать звуковые колебания на своей резонансной частоте, так и ослаблять их. Механизм звукопоглощающего действия выглядит примерно так: давление воздуха, создаваемое звуковой волной, с усилием F по-

даёт воздух в горловину S, где этот воздух взаимодействует с внутренним объёмом. При этом часть акустической энергии звуковой волны тратится на сжатие внутреннего объёма воздуха и трение в «горлышке» резонатора, а часть энергии преобразуется в потенциальную внутри объёмной части конструкции.

Существует множество вариантов конструктивного исполнения резонаторов Гельмгольца: планочный, щелевой, трубчатый, коробчатый, перфорированный.

2. Лабораторный акустический экран на основе резонаторов Гельмгольца

Для проведения исследований использована лабораторная модель акустического экрана щелевого типа (рис. 2)[7,8]. Экран выполнен из алюминиевого сплава и состоит из двух частей: основной несущей (базовой), на которой сформирована коробчатая конструкция (рис. 3), и коробчатой крышки, которая достаточно плотно «надевается» на несущую часть.

Горловины образуются использованием стандартных уголков из алюминиевого сплава с размером профиля 15 мм. Регулировка зазора обеспечивается перемещением уголков по внешней поверхности коробчатой конструкции с фиксацией винтами.

Размер зазора устанавливается с помощью измерительных щупов для регулирования зазоров. Диапазон вариаций зазоров – от 0,5 до 5 мм.

Кроме того, имеется возможность регулирования внутреннего объёма (глубины)резонатора. Диапазон изменения глубины – от 45 до 60 мм.

Оценка работы экрана проводилась в лабораторной акустической камере размеры которой: высота 2260 мм, ширина 960 мм, глубина 760 мм. Внутреннее пространство камеры покрыто акустическим поролоном.

Измерения проводились в третьоктавных диапазонах на средневзвешенных частотах 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 400; 500; 630; 800; 1000; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000 Гц. В качестве измерительного прибора использовался шумомер ВШВ- 003, микрофон которого находился в подвешенном состоянии с ориентацией микрофонным капсюлем в сторону экрана. Также использовался стандартный генератор звуковой частоты.

Оценка степени ослабления проводилась для случая поглощения сигнала, падающего экраном с резонаторами, в сопоставлении со случаем падения такого же сигнала на экран с глухой стенкой.

Некоторые результаты измерений были представлены в [9]. Однако в тех исследованиях АЭ располагался в средней части камеры, а в данной статье представлены результаты исследования с расположением экрана на максимально возможном удалении его (а значит, и измерительного микрофона) от акустических систем.

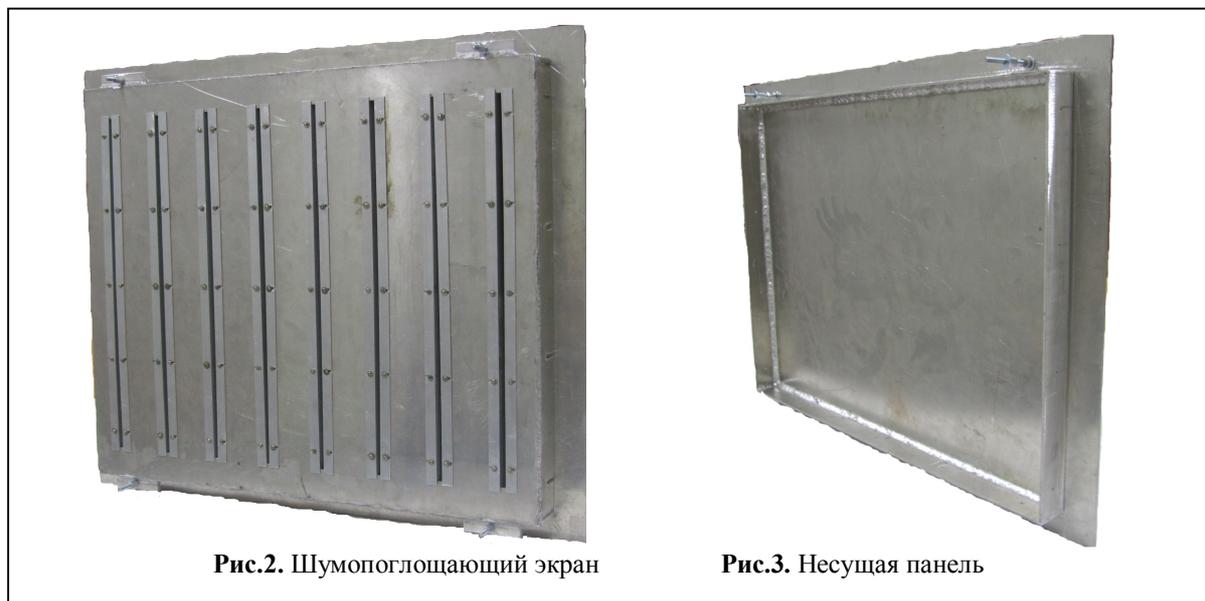
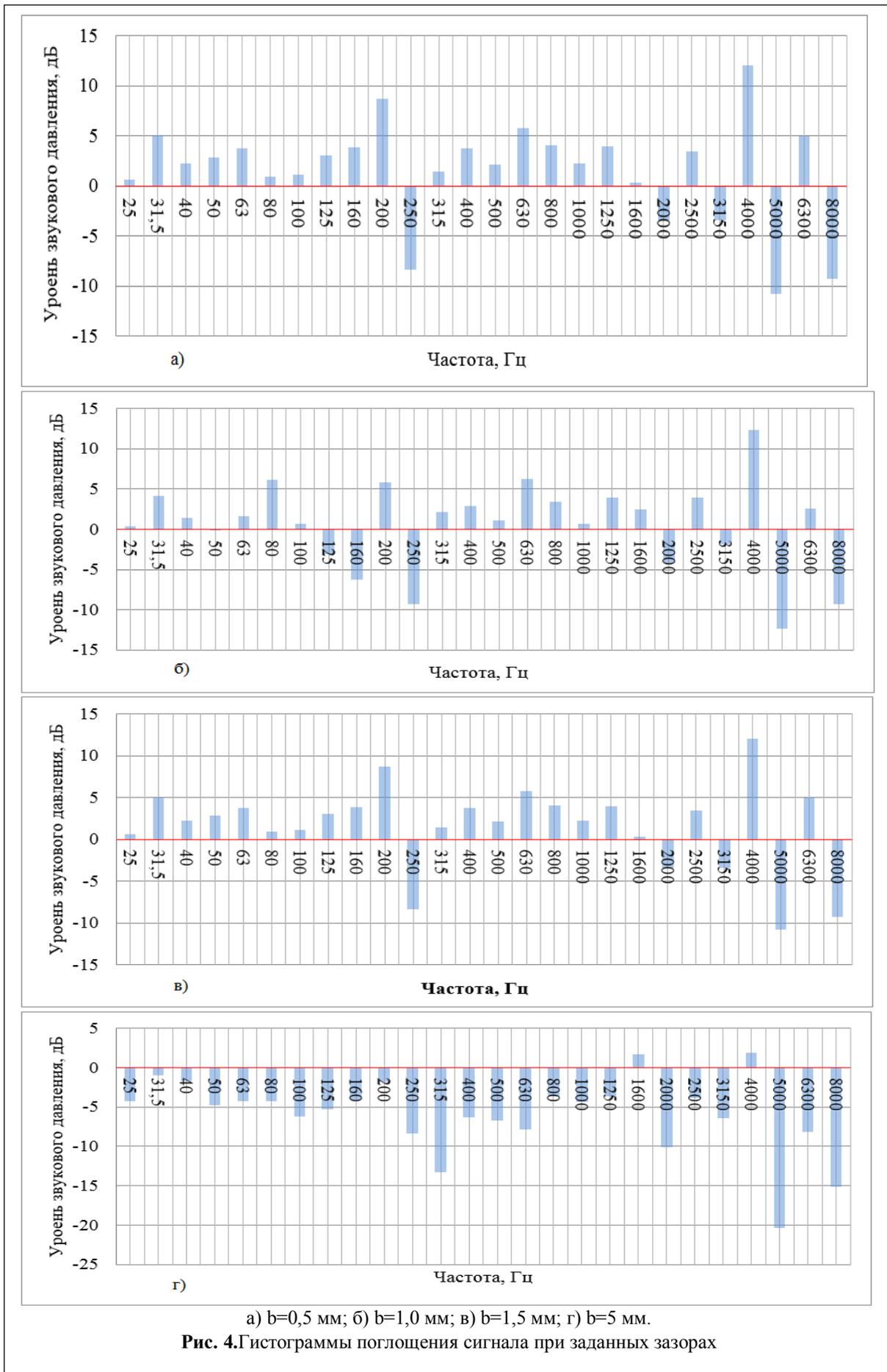


Рис.2. Шумопоглощающий экран

Рис.3. Несущая панель



3. Практические измерения и выводы

Оценки изменения уровней сигнала показаны на рис. 4. Положительное значение по шкале ординат означает ослабление уровня звукового сигнала при использовании акустического экрана со щелевыми зазорами в сопоставлении с глухой стенкой экрана. Соответственно, отрицательное значение указывает на увеличение уровня сигнала, т.е. на резонанс на данной частоте. Таким образом, можно говорить об ослаблении сигнала в зоне перед экраном.

Рабочая глубина резонаторов – 45 мм. При величине щелевых зазоров 0,5 мм (рис. 4,а) имеется преимущественно положительный результат – ослабление сигнала. Вместе с тем, на ряде частот (250, 3150, 5000 и 8000 Гц) наблюдается явно выраженный резонанс, т.е. не ослабление, а увеличение уровня звукового давления.

При величине щелевых зазоров 1,0 мм (рис. 4,б) также имеется преимущественно положительный результат, однако число резонансных проявлений увеличилось (наиболее ярко на частотах 160, 250, 5000 и 8000 Гц).

При величине зазоров 1,5 мм (рис. 4,в) картина в целом сходная с предыдущим вариантом, но число резонансов несколько меньше.

При дальнейшем увеличении зазоров практически во всём диапазоне наблюдаются явно выраженные резонансные явления при отдельных несущественных проявлениях положительного эффекта. Характер поведения экрана при этих величинах зазоров показан на рис. 4,г (максимальное значение зазора – 5,0 мм).

Заключение

На данном этапе работы можно сформулировать следующие выводы:

1) применение акустических экранов на основе резонаторов Гельмгольца в целом обеспечивает получение положительного результата – ослабления уровня акустического шума;

2) для конкретной территории городской среды необходимо осуществлять анализ с целью «подбора» конструктивных параметров экрана, чтобы исключить возникновение резонансных явлений;

3) применительно к конкретным условиям исследований можно сказать, что наиболее положительный результат достигается при величине зазоров 1,0 и 1,5 мм. Очевидно, что дальнейшие исследования следует вести в области значений зазоров около и между этими величинами. Кроме того, следует учесть наличие ещё одной переменной, влияющей на резонансную частоту резонатора Гельмгольца – глубину внутренней полости.

Литература

1. *Bulkin V.V.* Ecological and meteorological monitoring urbanized areas / The scientific heritage, № 10 (10), 2017. –Р.45-48.
2. *Bulkin V.V., Borisova D.A.* Assessment of carbon oxide on streets of Murom / The scientific heritage, № 10 (10), 2017. –Р.49-52
3. *Булкин В.В.* Акустическое загрязнение промышленных городов (на примере г. Муром) / Экологические системы и приборы, №1, 2016. – С.18-21.
4. *В.В. Булкин, М.В. Калиниченко, Е.А. Штыков, Д.Е. Фильков.* К вопросу об использовании шумопоглощающих средств на техногенных пространствах / Вестник Тамбовского госуд. ун-та, т.19, вып.5, 2014. –С.1388-1392.
5. *Булкин В.В., Калиниченко М.В., Балашова А.А.* О возможности применения акустических экранов-резонаторов для снижения шума в зоне перед экраном / NOISE THEORY AND PRACTICE. Том 2 №3 (III. 2016). -С. 16-22.
6. *Булкин В.В., Беляев В.Е., Сергеев В.Н.* Конструкторские расчёты элементов РЭС в условиях механических и акустических воздействий: Учеб. пособие / Под ред. В.В. Булкина. Муром: Изд.-полигр. Центр МИ ВлГУ, 2004. – 132 с.
7. Патент ПМ №139578, E01F8/00. Шумопоглотитель / *Булкин В.В. Калиниченко М.В.* Оpubл.: 20.04.2014., БИПМ №11.
8. Патент РФ №2567255, E04B1/84, E01F8/00. Способ повышения эффективности шумопоглощающих экранов и шумопоглощающий экран / *Булкин В.В., Калиниченко М.В.* Оpubл.: 10.11.2015., БИПМ №31.
9. *Галанина Н.В., Никитина Н.А.* Некоторые результаты исследования шумопоглощающих экранов на основе резонаторов Гельмгольца /

Методы и устройства передачи и обработки информации, Вып. № 18, 2016. –С.22-26.

Поступила 26 апреля 2017 г.

Reducing the level of acoustic noise on city streets, this is an important issue in contemporary urban space. The paper presents some results of a study of acoustic noise screen based on the Helmholtz resonator. Screen allows you to change the size of the gap and the depth of the cavity. We analyzed the results of the experimental data. The measurements were conducted in laboratory acoustic chamber.

Key words: noise, noise barriers, signal attenuation, the Helmholtz resonator acoustic chamber.

Балашова Александра Андреевна – студент направления подготовки «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: alexa_balashova@mail.ru.

Гуськов Павел Михайлович – студент направления подготовки «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: pmguskov@yandex.ru.

Шеронова Татьяна Сергеевна – студент направления подготовки «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: sheronova.tatyana@mail.ru.

Адрес: 602264, г. Муром, ул. Орловская, д. 23.