

О возможности применения акустических экранов-резонаторов для снижения шума в зоне перед экраном

Калиниченко М.В.¹, Булкин В.В.², Балашова А.А.³

¹ Старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность»,

² Профессор кафедры «Техносферная безопасность»,

³ Студентка кафедры «Техносферная безопасность»,

^{1, 2, 3} Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета, г. Муром, Владимирской области, ул. Орловская д. 23, РФ

Аннотация

Показана актуальность проблемы борьбы со сверхнормативной акустошумовой нагрузкой на урбанизированных территориях. Рассмотрены пассивные инженерные средства защиты от шума на пути его распространения от источника до защищаемого объекта, самыми распространенными из которых являются акустические экраны. Рассмотрена возможность применения акустических конструкций, выполненных на основе резонаторов Гельмгольца. Описана экспериментальная модель акустического экрана, а именно акустический экран, выполненный в виде резонатора с регулируемой шириной зазора щелевых отверстий и непостоянной глубиной резонатора. Проанализированы результаты полученных экспериментальных данных по уровню отражённого звукового сигнала в зоне перед экраном. В ходе эксперимента учитывались резонирующие способности самих акустических конструкций. Сделаны выводы о проделанной работе. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-08-00186.

Ключевые слова: акустическое загрязнение, акустические экраны, шумозащита, резонатор Гельмгольца.

On the possibility of application of acoustic screens-resonators to reduce noise in the area in front of the screen

Kalinichenko M.V.¹, Bulkin V.V.², Balashova A.A.³

¹ Senior lecturer of the Department "Technosphere safety",

² Professor, Department "Technosphere safety",

³ Student of the Department "Technosphere safety",

^{1, 2, 3} Murom Institute (branch) of Vladimir state University, Murom city, Vladimir region, Orlovskaya str., 23, Russian Federation

Abstract

The urgency of the problem of fight against excessive noise load in urban areas. Engineering is considered a passive protection against noise in the way of its propagation from the source to the protected object, the most common of which are acoustic screens. The possibility of application of acoustic structures, made on the basis of Helmholtz resonators. Described experimental model of the acoustic screen, the acoustic screen, made in the form of a resonator with an adjustable gap width of the slotted holes and irregular depth of the cavity. We analyzed the results of experimental data on the level of the reflected sound signal in the area in front of the screen. In the experiment, we considered the ability of the resonant acoustic structures. The conclusions on the work done.

Key words: *Acoustic pollution, Acoustic screens, Noise, Helmholtz resonator.*

*E-mail: marinakali@mail.ru (Калиниченко М.В.), vvbulkin@mail.ru (Булкин В.В.), alexa_balashova@mail.ru (Балашова А.А)

Введение

Большое количество техногенного шума вокруг нас создаётся различными источниками, такими как автотранспорт, промышленные и энергетические предприятия, общественные учреждения, а также различные источники шума, связанные с жизнедеятельностью людей (например, спортивные и игровые площадки и пр.). Из всего этого разнообразия источников шума наиболее значимым для урбанизированного пространства является автотранспорт.

Уровень транспортного шума зависит от габаритных размеров автомобиля, типа его двигателя, скорости движения автомобиля, от категории улиц и дорог, от интенсивности и неравномерности дорожного движения, а также от состава автотранспортного потока, т.е. соотношения различных категорий транспорта: автобусов, грузовых и легковых автомобилей.

Шум свыше 80 дБА оказывает вредное влияние на физическое состояние человека. Автотранспортом могут достигаться пики в 100-120 дБА, что плохо влияет на здоровье людей. Сейчас на главных магистралях больших городов уровни шумов превышают 90 дБА и имеют тенденцию к увеличению каждый год на 0,5 дБА, что является большой угрозой для окружающей среды в районах оживленных транспортных магистралей [1]. Медицинские исследования показывают, что повышенные уровни шумов способствуют развитию нервно-психических заболеваний и гипертонической болезни. Всё это позволяет сказать, что выбранная тема является актуальной.

Целью работы является исследование возможности применения пассивных средств защиты от шума, выполненных на основе резонатора Гельмгольца, применяемых на открытых пространствах. Исходя из этого, были поставлены следующие задачи:

- разработка средств снижения шумового загрязнения;
- испытание акустических экранов - резонаторов в натуральных условиях;
- обработка полученных результатов и выработка рекомендаций по их применению.

1. Методы борьбы с шумом

В качестве борьбы с шумом используются следующие методы:

— архитектурно-строительный. Этот метод основан на том, что интенсивность шума на урбанизированных пространствах зависит не только от прямого, но и от отражённого звука. Если в какой-то ситуации нет возможности уменьшить прямой звук, то для снижения шума можно уменьшить энергию отражаемых волн. Это достигается увеличением эквивалентной площади звукопоглощения с помощью нанесения на фасады зданий и другие архитектурные элементы звукопоглощающих облицовок.

— планировочный. Более шумные улицы, промышленные объекты, спортплощадки и прочие шумные объекты при планировке должны располагаться на достаточном расстоянии от спальных районов, детских садов, больниц и школ и др. Если предприятие расположено в черте города, то шумные цеха должны находиться в глубине его территории.

— инженерно-технический. Суть этого метода заключается в экранировании защищаемых объектов инженерно-техническими сооружениями, наиболее распространенными из которых являются акустические экраны (АЭ).

Инженерно-технические средства борьбы с шумом можно классифицировать как активные и пассивные. Пассивные средства не требуют энергетических затрат, достаточно просты в изготовлении, но они имеют недостаточно большой эффект

подавления шума, тогда как активные методы гасят шум в большей степени. В свою очередь активные методы имеют существенные недостатки – высокая стоимость, сложность реализации и пр.

2. Модель испытуемого акустического экрана

АЭ можно классифицировать по следующим признакам:

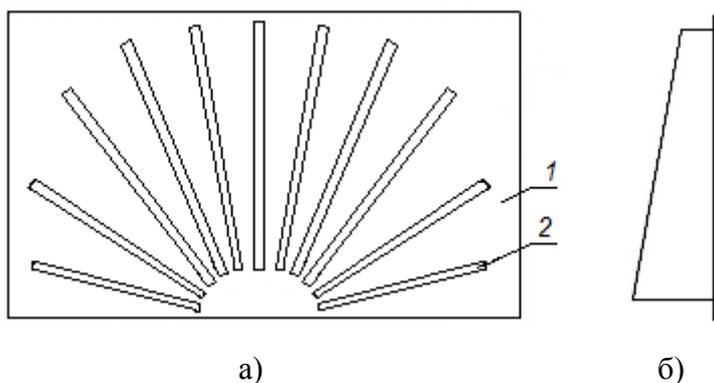
- физическому принципу снижения шума;
- виду верхней части экрана;
- материалам акустической панели;
- областям применения.

В зависимости от физического принципа подавления шума акустические экраны разделяют на:

- отражающие;
- отражающе-поглощающие.

В работе в качестве средства защиты от шума использовалась модель отражающее-поглощающего акустического экрана, сконструированная на основе резонатора Гельмгольца (рис. 1).

Конструктивной особенностью этой модели является совмещение обычной шумозащитной конструкции (акустического экрана) с резонансным поглотителем Гельмгольца, образующимся благодаря наличию внутреннего объема экрана. Корпус модели выполнен из фанеры толщиной 15 мм. Основа корпуса – из деревянных брусков, швы (сочленения листов) обработаны герметиком. Передняя панель АЭ-резонатора имеет размеры $1,58 \times 1,58$ м и перфорирована щелевыми зазорами, образующими горловины резонаторов. При проектировании опытной модели АЭ-резонатора руководствовались принципами, изложенными в [2].



- а) фронтальная панель перфорированная щелевыми прорезями (вид спереди); б) вид сбоку;
1 – передняя панель АЭ с щелевыми прорезями; 2 – щелевые прорези (горловины)

Рис. 1. Акустический экран, спроектированный на основе резонатора Гельмгольца

Для защиты от возникновения собственных резонансных колебаний передней и задней панелей при падении на переднюю поверхность акустической волны, внутри конструкции применены дополнительные элементы крепления, обеспечивающие повышение жёсткости экрана. В модели имеется возможность регулирования величины зазора щелевых горловин резонатора за счет изменения положения алюминиевых уголков, закреплённых по краям щелевых прорезей. Такие конструкции обладают способностью к демпфированию воздухом, т.е. обладают свойством звукоподавления [4].

Принцип действия резонатора основан на образовании стоячей акустической волны различной фазы. При попадании фронтальной звуковой волны на переднюю часть резонатора, скорость потока частиц в горловине наибольшая, а значит, обладает кинетической энергией. Задняя часть выполнена замкнутой и имеет определенный объём, что при сжатии обеспечивает накопление потенциальной энергии. В резонаторах возникают колебания даже от сравнительно слабых звуковых волн, падающих на них. Резонаторы, в зависимости от фазы, образующейся в конструкции стоячей волны, могут как усиливать, так и ослаблять звуковой сигнал.

Рассчитать собственную частоту резонатора, Гц, с щелевыми отверстиями возможно по формуле [3]

$$f_0 = \frac{c_0}{2\pi} \sqrt{\frac{b}{Lh_p l_{эф}}},$$

где f_0 – резонансная частота резонатора, Гц;

c_0 – скорость звука в воздухе, м/с;

b – ширина щели, м;

L – расстояние между щелями, м;

h_p – расстояние от верхнего листа до дна резонатора (глубина резонатора), м;

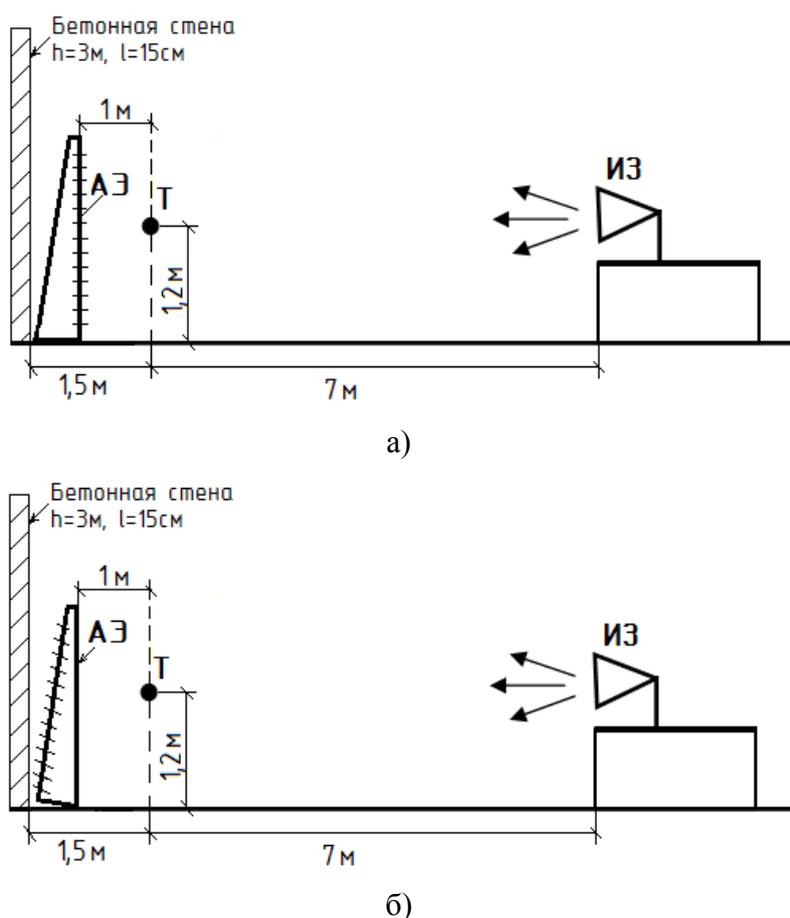
$l_{эф}$ – эффективная длина горловины, м.

Изменяя параметры глубины, ширины горловины и внутренний объём резонатора, меняется соответственно собственная частота резонатора. Это позволяет конструировать АЭ-резонаторы настроенные на определенные частоты, т.е. адаптированные к определенным акустическим условиям конкретной местности.

Применение таких конструкций имеет ряд преимуществ, наиболее значимым из которых является значительное (до 10-12 дБА) уменьшение уровня отражённого звукового сигнала. Кроме того, конструкции АЭ-резонаторов имеют незначительную массу, по сравнению с АЭ-стенками, что дает возможность применения таких облегченных конструкций в условиях ограничения массы сооружения (мосты, эстакады и пр.) [3].

3. Испытание АЭ-резонатора в натуральных условиях

Эксперимент проводился в условиях открытой местности. Точка (Т), в которой производился замер звукового давления, располагалась на расстоянии 7 м от источника звука (ИЗ) и 1,5 м от бетонной стены (рис. 2). Высота стены 3 м, толщина – 15 см, длина более 30 м. Для измерения звукового давления использовался стандартный шумомер ВШВ-003-МЗ, включённый в режиме среднего эквивалентного уровня. Измерения проводились на среднегеометрических частотах третьоктавных диапазонов 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000 Гц.



а) размещение АЭ-резонатора в прямом положении; б) размещение АЭ-резонатора в обратном положении

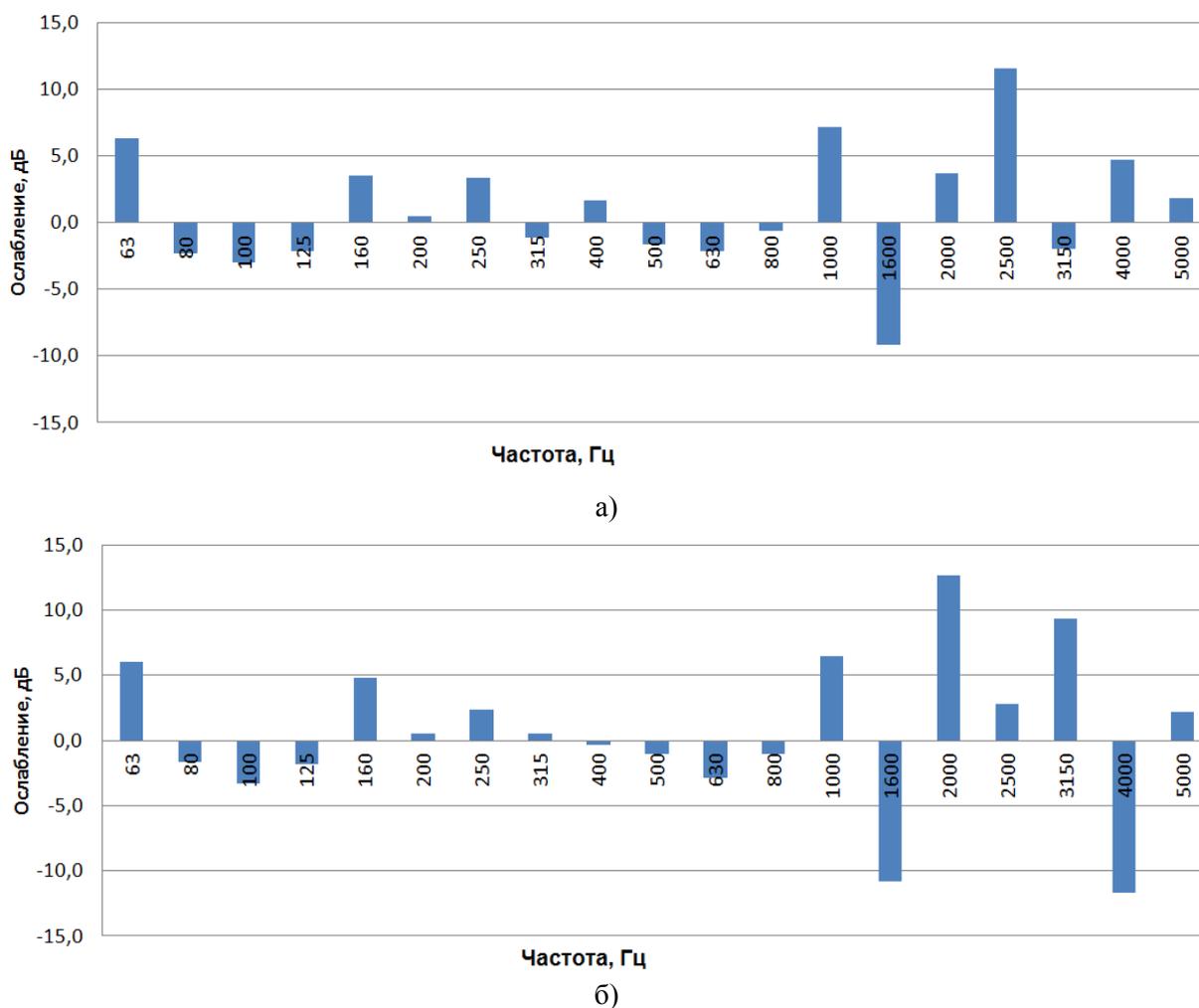
Рис. 2. Схема проведения эксперимента

АЭ-резонатор устанавливался непосредственно перед бетонной стеной в двух положениях: прямом, горловинами в сторону источника акустического сигнала (рис. 2,а), и обратном, обращённом к источнику тыловой частью (рис. 2,б). В обоих случаях выдерживался одинаковый угол падения звуковой волны на фронтальную панель АЭ-резонатора. В ходе эксперимента исследовалась реакция АЭ на сигнал при двух фиксированных значениях зазоров – 1,0 и 3,0 мм. В каждом случае проводился ряд измерений, и определялось среднестатистическое значение.

Оценка степени ослабления акустического сигнала осуществлялась для случая отражения падающей на переднюю панель АЭ звуковой волны, т.е. в зоне перед экраном (в Т). Количественные оценки величины ослабления сигнала в прямом положении АЭ получены в сопоставлении уровней со случаем экрана в виде глухой стенки (экран установлен в обратном положении).

4. Практические измерения и выводы

Оценки изменения уровней отражённого от АЭ сигнала показаны на рис. 3. Фактически речь идёт об ослаблении уровня шума в зоне, непосредственно примыкающей к экрану. Оценки даны для двух величин зазоров (b) – 1,0 мм (рис. 3,а) и 3,0 мм (рис. 3,б).



а) $b = 1,0$ мм; б) $b = 3,0$ мм

Рис. 3. Гистограммы ослабления отражённого сигнала при заданных величинах зазоров

Из представленных гистограмм видно, что при имеющихся конструктивных особенностях конкретной модели экрана имеет место, как ослабление, так и усиление отражённого сигнала. Так, на обеих гистограммах в целом можно говорить о положительном эффекте с точки зрения ослабления уровня акустических сигналов. Имеются некоторые резонансные явления на отдельных частотах, включая «всплески» до уровня 9 дБ на частоте 1600 Гц (рис. 3,а). При величине зазора 3 мм (рис. 3,б) резонансные явления более выражены и достигают 11-12 дБ на частотах 1600 и 4000 Гц.

Наличие резонансных «всплесков» вместе с ослаблением сигнала объясняется уже отмечавшейся способностью резонаторов Гельмгольца как усиливать, так и ослаблять акустический сигнал. Очевидно, что в данном конкретном случае сочетание размеров щелевых зазоров и внутреннего переменного объёма резонатора обеспечивает именно такое сочетание реакций на пришедший сигнал. Для получения другого сочетания «всплесков» и «провалов» необходимо изменить конструкцию экрана или применить другое сочетание основных характеристик, определяющих резонансные явления, например, применить сочетание различных щелевых зазоров.

Заключение

На данном этапе работы можно сформулировать следующие выводы:

1) как показывают натурные эксперименты, применение акустических экранов на основе резонаторов Гельмгольца на открытых пространствах в целом обеспечивает получение положительного результата в зоне непосредственно перед экраном – ослабление уровня акустического шума;

2) наличие резонансных явлений требует предварительного анализа спектрального состава доминирующего акустического шума на конкретной территории городской среды с целью «подбора» конструктивных параметров экрана, обеспечивающих как минимум – отсутствие такого резонанса на значимых частотах диапазона;

3) дальнейшие исследования следует направить в сторону сочетания различных зазоров, что, как представляется, должно обеспечить взаимную компенсацию возможных резонансных явлений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-08-00186.

Список литературы

1. Шубин И.Л. Акустический расчёт и проектирование конструкций шумозащитных экранов: автореферат дис. ... д-ра тех. наук. –М.: 2011.

2. 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.

3. Kalinichenko M.V. About the possibility of using acoustic screens, made on the basis of Helmholtz resonators, to reduce noise / Noise Theory and Practice. Vol. 1 No 1 – С.Пб.: 2015, №1(1). –pp. 45-54.

4. Мурзинов П.В. Разработка звукоподавляющих облегченных структурированных панелей с заданными акустическими характеристиками: дис. к-та тех. наук. – Воронеж: 2011. [электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <http://www.dissercat.com/content/razrabotka-zvukopodavlyayushchikh-oblegchennykh-strukturirovannykh-panelei-s-zadannymi-akust#ixzz3cybCvBkt> (дата обращения 12.06.2015).