

## Предварительные результаты построения и проверки лабораторной заглушённой камеры

Булкин В.В.<sup>1</sup>, Калиниченко М.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Профессор кафедры «Техносферная безопасность», Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета, г. Муром, Владимирской области, ул. Орловская д. 23, РФ

<sup>2</sup> Старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность», Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета, г. Муром, Владимирской области, ул. Орловская д. 23, РФ

### Аннотация

Представлено описание малогабаритной лабораторной заглушённой камеры, применяемой для исследования средств защиты от акустических излучений. Дано обоснование принципа её построения, описаны её конструктивные особенности. Стены, потолок и пол камеры покрыты звукопоглощающим материалом в форме клиньев и волны. Предусмотрена возможность размещения исследуемых средств защиты (экранов) на направляющих на трёх уровнях. Измерительный микрофон может располагаться на мягкой подвеске в верхней части камеры или на штативе. Приведены результаты предварительных исследований реальных амплитудно-частотных характеристик внутреннего (рабочего) объёма камеры до и после нанесения звукопоглощающего материала на внутреннюю поверхность камеры. Представлено обсуждение предварительных результатов проведенных экспериментов. Определены вопросы дальнейших работ по улучшению камеры. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-08-00186.

**Ключевые слова:** акустический шум, акустическая камера, амплитудно-частотная характеристика, шумозащита.

### *Preliminary results of build and test lab anechoic chamber*

*Bulkin V.V.<sup>1</sup>, Kalinichenko M.V.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> Professor, Department "Technosphere safety", Murom Institute (branch) Vladimir state University, Murom, Vladimir region, Orlovskaya str., 23, Russian Federation*

*<sup>2</sup> Senior lecturer of the Department "Technosphere safety", Murom Institute (branch) Vladimir state University, Murom, Vladimir region, Orlovskaya str., 23, Russian Federation*

### **Abstract**

*The description of laboratory small-sized anechoic chamber, used to study remedies from the acoustic radiation. The justification for the principle of its construction, described its design features. The walls, ceiling and floor of the chamber covered with sound absorbing material in the form of wedges and waves. Accommodate investigated means of protection (screens) on the rails at three levels. The measurement microphone can be placed on a soft suspension bracket at the top of the camera or on a tripod. The results of preliminary studies of the real amplitude-frequency characteristics of the internal (working) chamber volume before and after applying the sound-absorbing material on the inner surface of the chamber. The preliminary results of the experiments are present in the article. The issues identified further work on improving the camera. The work is executed at support of RFBR grant 14-08-00186.*

**Keywords:** *acoustic noise, acoustic chamber, the amplitude-frequency characteristic, the noise.*

---

\*E-mail: [vbulkin@mail.ru](mailto:vbulkin@mail.ru) (Булкин В.В.), [marinakali@mail.ru](mailto:marinakali@mail.ru) (Калиниченко М.В.)

## **Введение**

Одним из важнейших факторов, формирующих здоровье населения города, является шум. Неблагоприятные акустические условия могут приводить к патологии сердечно-сосудистой и нервной систем у наиболее восприимчивых слоёв населения. Исследованиями последних лет установлено, что под влиянием шума наступают изменения в органах зрения человека (снижается устойчивость ясного видения и острота зрения, изменяется чувствительность к различным цветам и др.) и вестибулярном аппарате, нарушаются функции желудочно-кишечного тракта, повышается внутричерепное давление, происходят нарушения в обменных процессах организма и т. п.

Влияние акустического шума на человека известно и много раз рассмотрено в самых разных научных работах (например, [1, 2], и др.). Изучение возможностей защиты человека от данных воздействий является важной составляющей учебного процесса по направлению подготовки «Техносферная безопасность».

Для проведения измерений в акустическом диапазоне используются безэховые камеры (БЭК) – помещение, в котором не возникает эхо.

Их назначение предусматривает возможность решения большого спектра задач, от исследования акустических характеристик различных конструкций до применения в учебном процессе для изучения особенностей защиты от акустических шумов [3]. Обычно такие камеры конструируют так, чтобы они ещё и изолировали внутренний объём от внешних сигналов. Всё это позволяет производить измерения сигнала, пришедшего непосредственно от источника, исключив отражения от стен и шум извне.

Стены, потолок и пол таких камер покрыты материалом, поглощающим соответствующие волны.

Акустические безэховые камеры используются для имитации пространства, в котором исходящие от некоего источника звуковые волны не возвращаются. Это позволяет тестировать и измерять акустический эффект от различных устройств. Для обеспечения безэховости используется звукопоглощающий материал (ЗПМ) в форме клиньев определенной высоты, форма и размеры которых зависят от диапазона рабочих частот [4].

Размер самой камеры зависит от типа требуемых измерений. Например, критерий различия ближнего и дальнего поля излучателя устанавливает минимальное расстояние между антеннами передатчика и приёмника. В соответствии с этим и учитывая, что требуется пространство для размещения поглотителей излучения, расчётный размер камеры может оказаться очень большим.

Целью выполненной работы является разработка малогабаритной лабораторной камеры для исследования средств защиты от акустических излучений.

## **1. Проектирование камеры**

Поскольку задача создания достаточно негабаритной (малогабаритной) лабораторной камеры предполагает невозможность использования этой камеры в исследованиях различий ближнего и дальнего поля излучателя, диаграммы направленности приёмных и излучающих элементов (микрофонов и акустических систем), размеры такой камеры следует определять исходя из реального объёма помещения лаборатории при условии обеспечения минимума возможных функций по анализу источников излучения и средств защиты от них. Исходя из этого, было определено, что камера будет иметь размеры в пределах  $2 \times 1 \times 0,8$  м при вертикальной ориентации.

Камера выполнена из панелей, каркас которых основан на применении строительных металлических профилей шириной 50 мм. Этот размер выбран исходя из толщины звукопоглощающей минеральной ваты. Для внешней обшивки панелей использована фанера толщиной 8 мм (наружное покрытие) и 4 мм (внутреннее покрытие). На передней стороне камеры имеются две двери, обеспечивающие максимальный доступ во внутренний объём.

С целью обеспечения дополнительных функций камеры, внутри стенок размещён экранирующий материал, что обеспечивает возможность использования камеры для исследования средств защиты от электромагнитных излучений.

С целью выравнивания характеристики камеры и снижения уровня эха внутренняя поверхность покрыта ЗПМ, в качестве которого используется акустический поролон пирамидального и волнообразного профилей. В верхних углах использованы т. н. бас-ловушки, предназначенные для поглощения низкочастотных акустических сигналов.

Двери камеры установлены на петлях. Их фиксация в закрытом состоянии осуществляется с помощью накладных фиксаторов. На одной из дверей установлена колодка с разъёмами для соединения внешних и внутренних устройств системы. Аналогичная колодка установлена на внутренней поверхности двери. Предусмотрена клемма для соединения внутреннего экрана с заземляющим контуром.

Для исследования эффективности шумозащитных экранов предусмотрены направляющие для установки экранирующих конструкций на трёх разных уровнях.

В качестве излучателей акустического сигнала используются акустические системы 15АС-213 от министереокомплекса «Ода-102». Диапазон воспроизводимых частот 63...20000 Гц, номинальное электрическое сопротивление 4 Ом, предельная (паспортная) мощность 25 Вт. Габариты АС - 178×160×265 мм.

В качестве усилителя применён усилитель мощности от комплекса «Ода-102».

Измерительный микрофон может быть установлен в верхней части камеры на мягкой подвеске или зафиксирован, например, на стандартной микрофонной стойке. С целью обеспечения удобства работы с камерой она установлена на прорезиненные колёса на шарнирах.

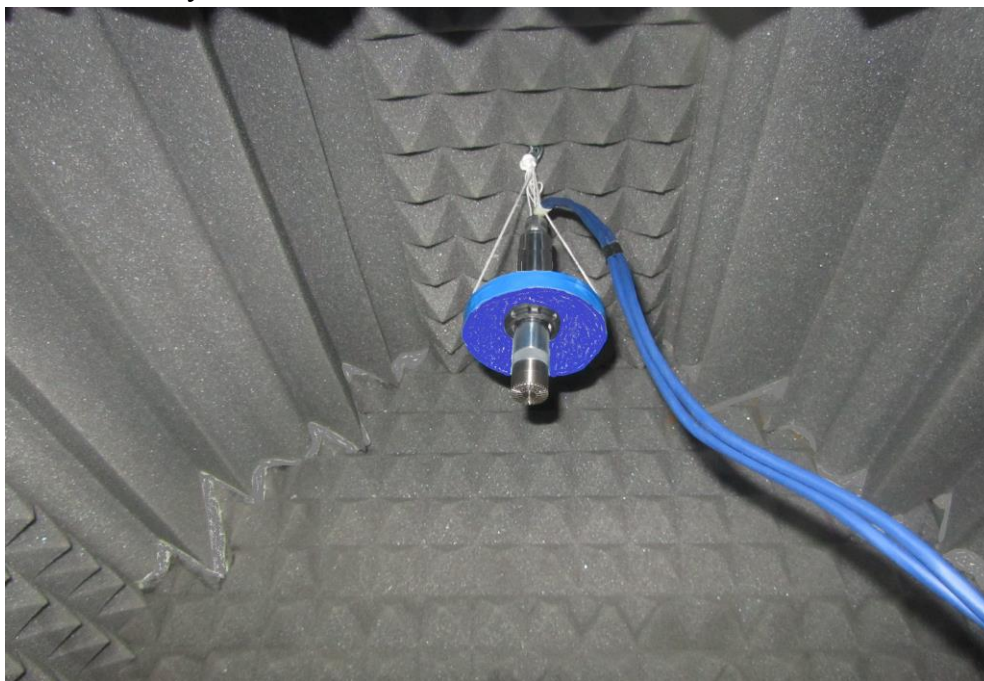
Размеры камеры: высота 2262 мм, ширина 960 мм, глубина 760 мм.

Внешний вид камеры показан на рисунке 1. На внутренней поверхности дверей хорошо просматривается акустический поролон типа «Волна», на внутренней поверхности камеры – поролон типа «Пирамида». Также хорошо видны направляющие для установки шумозащитных экранов.



*Рис. 1.* Вид заглушённой камеры с открытыми дверцами

На рисунке 2 показана верхняя часть внутренней зоны камеры. В центре на мягкой подвеске – микрофон шумомера ВШВ-03. Слева и справа от него видны поролоновые бас-ловушки.



*Рис. 2.* Верхняя часть внутренней зоны камеры с микрофоном

На рисунке 3 представлена нижняя часть внутренней зоны камеры. Акустические системы установлены в бас-ловушки другого типа («Куб»), которые являются для них своеобразным пеналом.



Рис. 3. Нижняя часть внутренней зоны камеры с акустическими системами

## 2. Экспериментальная проверка характеристик камеры

Проверка камеры с точки зрения ослабления акустического сигнала и анализа амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) внутреннего (рабочего) объема проводилась следующим образом.

Для проверки уровня ослабления акустического сигнала самой конструкцией камеры был использован громкоговоритель рупорный динамический ГР-6Л, обеспечивающий, в сочетании с усилителем звуковой частоты, уровень звукового давления на расстоянии 1 м – 116,5 дБ на частоте 1000 Гц. При установке в закрытую камеру (без внутреннего поглощающего слоя) фиксируемый уровень звукового давления уменьшился до 66,5 дБ. Таким образом, конструкция камеры обеспечивает уровень ослабления в 50 дБ.

Оценка АЧХ осуществлялась с использованием установленных в камере акустических систем и шумомера ВШВ-003 на средневзвешенных частотах третьоктавных диапазонов. Общий вид АЧХ камеры без внутреннего ЗПМ показан на рисунке 4. Как следует из графика, разброс значений имеет диапазон 30 дБ.

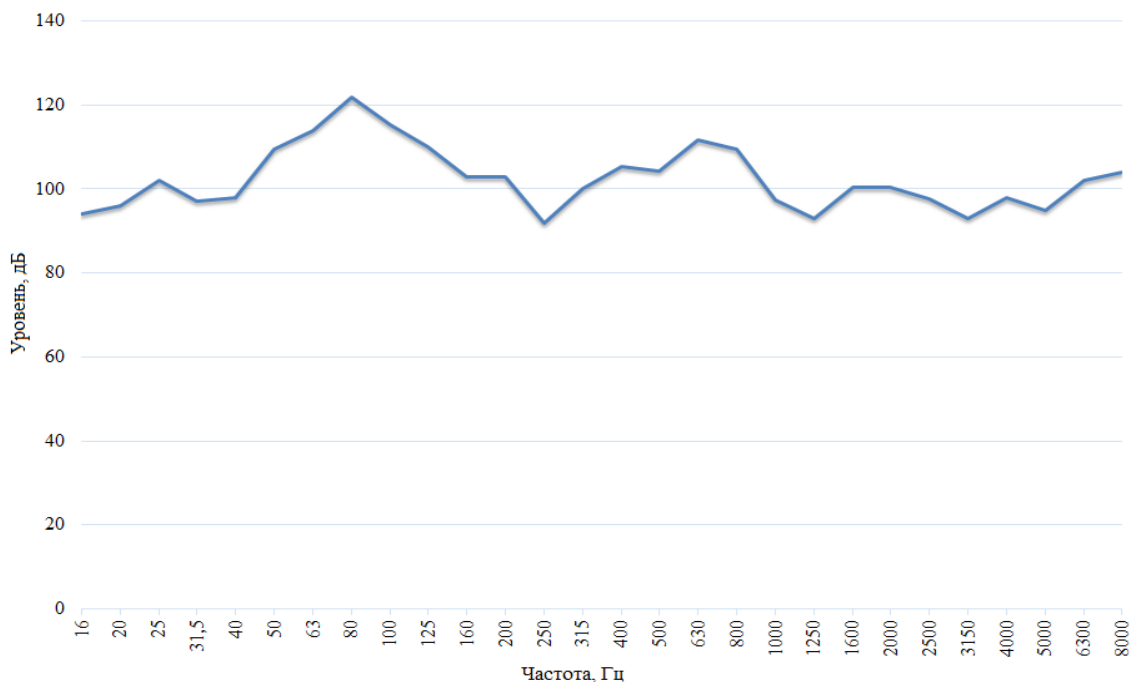


Рис. 4. АЧХ камеры без внутреннего ЗПМ

Кроме того, аналогичный анализ АЧХ был проведён и после нанесения ЗПМ на внутреннюю поверхность камеры. Результат представлен на рисунке 5. Как следует из графика, разброс значений имеет диапазон 34 дБ.

Можно сделать вывод о том, что нанесение ЗПМ привело к некоторому увеличению неравномерности АЧХ. Причину такой реакции на применение звукопоглощающего покрытия ещё следует установить, однако уже понятно, что может быть следует изменить порядок расположения на внутренней поверхности разных по профилю ЗПМ. Кроме того, следует, также, проверить реальную АЧХ самих акустических систем.

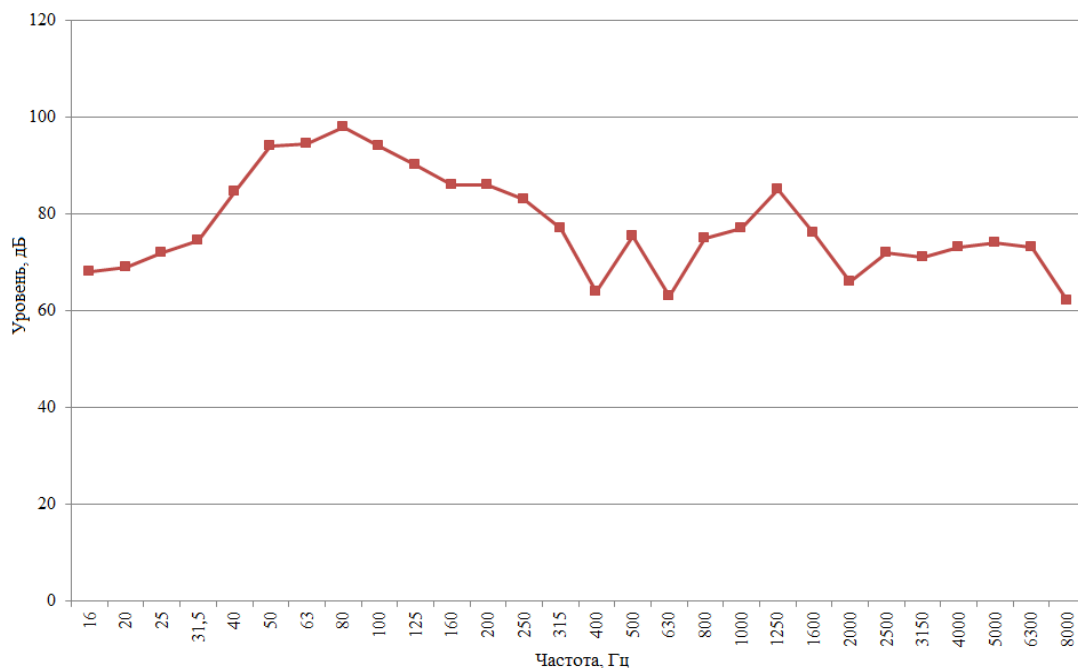


Рис. 5. АЧХ камеры с внутренним ЗПМ

Однако в целом такое положение может быть принято допустимым, поскольку при проведении реальных исследований полученный результат должен быть скорректирован с учётом исходной АЧХ.

### 3. Обсуждение предварительных результатов

Рассматриваемая камера предназначена только для лабораторного использования в учебном процессе и в научных исследованиях, проводимых на кафедре техносферной безопасности Муромского института Владимирского государственного университета. Как уже говорилось, в силу малых её габаритов не ставилась задача обеспечить возможность проведение измерений в т. н. дальней зоне, включая получение диаграммы направленности излучателя (акустических систем) или микрофона. Поэтому дадим оценку полученным результатам исходя именно из этих соображений.

В таблице 1 представлены некоторые параметры и их характеристики для акустических камер I-IV классов [5]. Очевидно, что ни под один класс спроектированная камера не подходит ни по габаритным размерам, ни по изолирующей способности (нанесение на внутреннюю поверхность камеры акустического поролона не изменило уровень ослабления акустического сигнала, оставив его в пределах 50,5 дБ).

Однако для целей учебного процесса или для качественной оценки, например, эффективности шумозащитных экранов, такая камера вполне применима.

Таблица 1. Некоторые характеристики акустических камер

Основные параметры и характеристики	Типы камер			
	I	II	III	IV
Размеры свободного пространства камеры (a×b×h), м	12×11×6	10×9×5	7×6,6×4	4×3,6×3,4
Средняя изолирующая способность от воздушного шума ограждений камеры (R), дБ	61	61	58	58

### Заключение

Созданная камера соответствует поставленной цели – разработке малогабаритной лабораторной камеры для исследования средств защиты от акустических воздействий. Обеспечиваемый уровень ослабления акустического сигнала (до 51 дБ) позволяет использовать камеру в учебном процессе и ряде научных исследований.

Требуется коррекция АЧХ акустического поля в камере с целью сужения диапазона разброса уровня сигнала на различных частотах.

Можно считать, что поставленная цель реализована в полном объёме.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-08-00186.*

**Список литературы**

1. Мухамедова Г.Р. Характеристики отоакустической эмиссии у лиц, подвергающихся воздействию интенсивного производственного шума: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. –М.: 2006. -16 с.
2. Шарапов Р.В., Соловьев Л.П., Булкин В.В. Существование человека в рамках техносферы / Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. –Муром: ИПЦ МИ ВлГУ, 2012, №1. –С.31-39.
3. Bulkin V.V., Kalinichenko M.V., Sal'nikov I.N. About the possibility of the use of dual-chamber acoustic screens-resonators to reduce noise / Noise Theory and Practice.2015; Vol.1, № 1. pp.32-41.
4. Ермолаев А.В. Исследование акустических характеристик микросистемных приборных средств при вибрационной и ударной нагрузке в безэховой камере / Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, № 1(86), 2011. –С.327-331.
5. Методические указания по расчёту и проектированию акустических камер для измерения шумовых характеристик машин. Утверждены 28 июля 1978 года Директором НИИСФ Госстроя СССР. –Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=ESU;n=16255>.