

УДК 534.62

Восстановление АЧХ лабораторной акустической камеры

Савин М.Е., Булкин В.В.

Представлены результаты работ по восстановлению полных данных амплитудно-частотной характеристики лабораторной заглушённой камеры для исследования средств защиты от акустических воздействий. Выбрана дискретность изменения последовательности частот для каждого из октавных поддиапазонов в стандартном диапазоне измерений параметров шума 63 – 8000 Гц. Определены необходимые частоты, соответствующие 1/10 величины каждого поддиапазона. Само восстановление проведено с использованием имеющихся графиков АЧХ, разбитых на поддиапазоны и укрупнённых простым построением дополнительных линий от установленных частот и считыванием полученных значений УЗД. Сформирована табличная база данных по линейке частот и соответствующим им значениям уровней звукового давления.

Ключевые слова: акустическая камера, амплитудно-частотная характеристика, частота, акустический шум, уровень звукового давления.

Введение

С точки зрения техносферной безопасности шум является одним из основных вредных производственных и бытовых факторов. В практике борьбы с шумом под ним подразумевается мешающий, нежелательный звук [1].

Исследование характеристик различных видов шума, а также средств защиты от него, часто требует «изоляции» от внешних шумов, которые могут рассматриваться как мешающие в каждом конкретном случае, а также исключить отражение звуковой волны от стен зданий или иных объектов. Решить эту задачу позволяют безэховые акустические камеры.

Для исключения отражений и влияния внешних шумов стены, потолок и пол таких камер покрыты материалом, поглощающим энергию акустического сигнала. Для обеспечения безэховости используется звукопоглощающий материал (ЗПМ) в форме клиньев определенной высоты, форма и размеры которых зависят от диапазона рабочих частот.

Размер самой камеры зависит от типа требуемых измерений. Например, критерий различия ближнего и дальнего поля излучателя устанавливает минимальное расстояние между антеннами передатчика и приёмника, что приводит к значительным размерам камер.

В Муромском институте ВлГУ используется такая простейшая камера, обеспечивающая решение задач как учебного процесса, так

и ряда исследований научного характера. Камера имеет размеры в пределах 2 м, 1 м и примерно 0,8 м при вертикальной ориентации. 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 углового типа, предназначенные для поглощения низкочастотных акустических сигналов.

Другие конструктивные особенности камеры и некоторые характеристики были представлены в ряде публикаций [2–4].

В целом, как показано в [2], данная камера не соответствует даже IV действующему классу характеристик для акустических камер [5]: ни по габаритным размерам, ни по регламентированному снижению УЗД шума от внешних источников (50,5 дБ, что менее 58 дБ). Однако, хотя бы по некоторым параметрам, она удовлетворяет звукомерной заглушённой камере IV класса: 1) нижняя граничная рабочая частота не выше 100,0 Гц; 2) расстояние от излучателя звука до измерительного микрофона не менее 0,5 м (реально – более 1 м) [6].

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

Однако проведённый тогда же анализ показал, что, хотя в целом АЧХ камеры при разных уровнях мощности имеют одинаковый вид, разброс от минимальных до максимальных значений звукового давления доходит до 37 дБ.

Проведённая модернизация заключалась в замене акустических систем 15АС-213 от министереокомплекса «Ода-102», изначально использовавшихся в качестве акустических излучателей, на громкоговорители 10ГДШ-1, механически закреплённые в нижней части камеры на поролоновой подушке, обеспечивающей определённую виброизоляцию [7].

После модернизации неравномерность АЧХ камеры уменьшилась до 23,5 дБ [7].

Однако существенным недостатком полученного результата является то, что значения АЧХ получены для средневзвешенных частот третьоктавных поддиапазонов. И если требуется проведение измерений с более мелким шагом частотной сетки, осуществлять сравнение, например, вносимого акустическим экраном затухания в более широком перечне частот сигналов становится проблематично.

Целью работы является восстановление более подробной АЧХ камеры.

Методика восстановления АЧХ

Анализируя представленную в [7] АЧХ камеры предполагаем, что значение УЗД от одной средневзвешенной частоты (речь идёт о данных, полученных в третьоктавном режиме) к другой изменялось линейно.

Поскольку осуществить восстановление АЧХ в полном объёме во всём диапазоне частот (с шагом 1 Гц), во-первых, слишком сложно и, во-вторых, мало оправдано с практической точки зрения, необходимо установить последовательность частот, по которым будет проводиться процедура восстановления. Так как, в основном, оценку шума проводят в диапазоне частот от 63 до 8000 Гц, поделимся с частотами в этом диапазоне. Расчёт шага S изменения частот проведём по соотношению

$$S = \frac{f_{n+1} - f_n}{n}, \quad (1)$$

где - f_n, f_{n+1} – среднегеометрические частоты октавных полос (начальной и следующей за ней); n – число единиц деления в октаве.

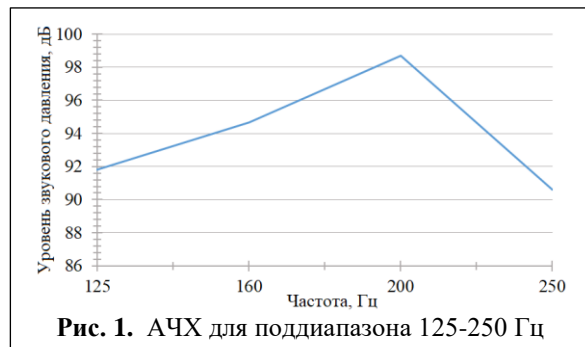


Рис. 1. АЧХ для поддиапазона 125-250 Гц

Примем $n = 10$. Тогда имеем

$$S = \frac{f_{n+1} - f_n}{10}. \quad (2)$$

Например, для частотного поддиапазона 125-250 Гц по формуле (2) шаг составит

$$S = (250 - 125) / 10 = 12,5 \text{ Гц.}$$

Аналогичным образом шаг был рассчитан для каждого октавного поддиапазона. Результаты расчётов представлены в таблице 1.

Таблица 1 Значения шага S

Октавные поддиапазоны $f_{n+1} - f_n$, Гц	Шаг S , Гц
63-125	6,2
125-250	12,5
250-500	25
500-1000	50
1000-2000	100
2000-4000	200
4000-8000	400

Получение более полных данных по АЧХ камеры проводилось предварительным разбиением ряда имеющихся значений на октавные поддиапазоны, формированием в программе Microsoft Excel графика изменения УЗД в этом поддиапазоне и построением недостающих осевых линий, соответствующих необходимой частоте. Пример построения такой кривой для поддиапазона 125-250 Гц показан на рис. 1.

По пересечению линии с кривой определялось значение УЗД на данной частоте.

Данные о восстановленных значениях УЗД установленной линейки частот представлены в таблице 2. Графическое представление АЧХ по полученным данным показано на рис.2.

Таблица 2 – Полные данные АЧХ камеры

Частота, Гц	63	69,2	75,4	81,6	87,8	94	100	106,4	112,6	118,8
УЗД, дБ	93,0	90,8	88,7	87,5	88,8	90,2	91,6	91,6	91,7	91,7
Частота, Гц	125	137,5	150	162,5	175	187,5	200	212,5	225	250
УЗД, дБ	91,8	92,8	93,8	95	96,1	97,5	98,7	96,6	94,6	90,6
Частота, Гц	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
УЗД, дБ	90,1	89,6	87,9	84,5	81	77,5	80,9	84,3	87,6	90,9
Частота, Гц	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
УЗД, дБ	86,2	81,5	78,8	79,6	80,3	81	81,8	82,4	83,1	83,7
Частота, Гц	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
УЗД, дБ	90,7	97,7	100,5	99,2	97,9	96,7	94,5	92,3	90,1	87,9
Частота, Гц	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000
УЗД, дБ	86,9	85,7	85,3	85,5	85,7	85,8	88	89,7	91,4	93,1
Частота, Гц	4400	4800	5200	5600	6000	6400	6800	7200	7600	8000
УЗД, дБ	93,8	94,5	94,0	92,5	91,0	89,9	89,6	89,5	89,2	89,1

шума на частоте 1000 Гц с внесением соответствующих корректив по всей линейке значений уровней.

Лабораторная акустическая камера создана при поддержке гранта РФФИ № 18-38-00909.

Заключение

Проведённая работа по восстановлению данных АЧХ лабораторной акустической камеры позволила получить большой массив данных по характеру изменения УЗД на мелкой линейке частот. Такое расширение создаёт условия для более детального анализа как самих шумовых сигналов, так и средств защиты от них.

При изменении исходных значений УЗД шума необходимую коррекцию можно будет провести определением разницы уровней данной АЧХ и используемого для измерений

Литература

1. 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.
2. Булкин В.В., Калиниченко М.В. Предварительные результаты построения и проверки лабораторной заглушённой камеры / NOISE THEORY AND PRACTICE. Том 2 №2 (II. 2016). – С. 19-26.
3. Бадин А.А., Завьялов А.О. Лабораторная заглушённая камера / Международный научный журнал «Символ науки», №6/2016. – С.41-43.
4. Гуськов П.М. Выбор уровня звукового давления в лабораторной акустической камере при

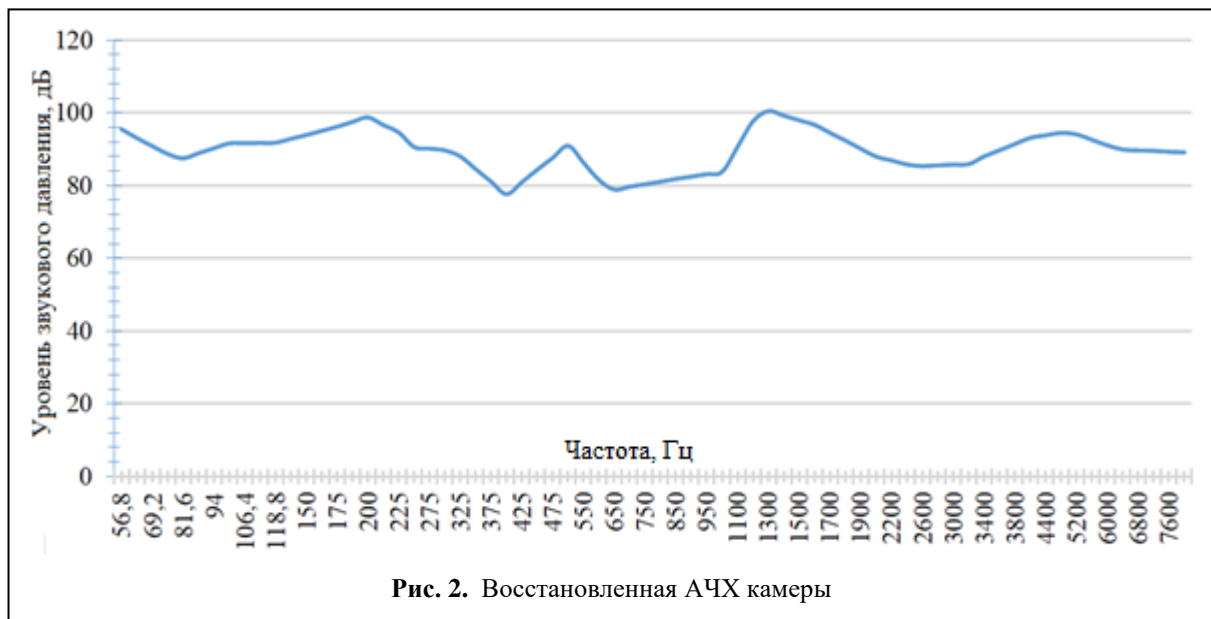


Рис. 2. Восстановленная АЧХ камеры

исследовании характеристик шумозащитных экранов / Методы и устройства передачи и обработки информации, №19, 2017. –С. 28-31.

5. Методические указания по расчёту и проектированию акустических камер для измерения шумовых характеристик машин. Утверждены 28 июля 1978 года Директором НИИСФ Госстроя СССР. –М.: ВЦНИИОТ ВЦСПС, 1978. -79 с.

6. Ермолаев А.В. Исследование акустических характеристик ми кросистемных приборных

Работа выполнена при поддержке Субсидии Министерства науки и высшего образования РФ (проект №13.2251.21.0098, соглашение №075-15- 2021-1017).

Поступила 04 июля 2022 г.

The results of work on the restoration of complete data on the amplitude-frequency characteristics of a laboratory muffled chamber for the study of acoustic protection devices are presented. The discreteness of changing the frequency sequence for each of the octave sub-bands in the standard measurement range of noise parameters 63 - 8000 Hz is selected. The necessary frequencies corresponding to 1/10 of the magnitude of each sub-band are determined. Self-healing was carried out using the available frequency response graphs, divided into sub-bands and enlarged by simply constructing additional lines from the set frequencies and reading the obtained values of the ultrasound. A tabular database has been formed for the frequency range and the corresponding values of sound pressure levels.

Key words: acoustic chamber, amplitude-frequency characteristic, frequency, acoustic noise, sound pressure level.

Савин Максим Евгеньевич - студент кафедры техносферной безопасности Муромского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых".

Булкин Владислав Венедиктович – доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности Муромского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых".

E-mail: lwb-kipra@mail.ru.

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