УДК 534.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ СВОБОДНОГО ПОЛЯ И АКУСТИЧЕСКОГО ТИПА ИСТОЧНИКА ЗВУКА

А. Н. Иванников, Д. И. Кравченко

(кафедра акустики)

Ряд акустических исследований необходимо проводить в условиях свободного поля. Для получения свободного звукового поля в лабораторных условиях строят заглушенные камеры, которые представляют собой хорошо изолированные от внешних шумов и вибраций помещения. Энергия звуковых волн от источника звука почти полностью



Рис. 1. Спектр собственных шумов заглушенной камеры МГУ

поглощается на внутренних поверхностях камеры, покрытых эффективным звукопоглотителем.

Звукопоглотитель обладает определенным коэффициентом отражения, волны частично отражаются от него, и размеры свободного поля (т. е. та область пространства вокруг источника звука, в которой отраженным сигналом можно пренебречь) намного меньше размеров самой камеры. Поэтому возникает необходимость в аттестации заглушенных камер, т. е. в определении той области расстояний от источника звука, где можно провести измерения с заданной максимальной погрешностью.

Традиционный способ аттестации заглушенных камер основан на из-

мерении звукового давления на различных расстояниях от ненаправленного источника звука и определении отклонения от закона спадания звукового давления, который для свободного поля определяется выражением $P \sim 1/x$, где x — расстояние от источника звука. По всличине допустимых отклонений определяют границу свободного поля. Такой метод, основанный на измерении пространственного распределения звукового давления P(x), не позволяет оценить неравномерность других параметров звукового поля (колебательной скорости V(x), разности фаз $\varphi_{PV}(x)$, активной $I_a(x)$ и реактивной $I_j(x)$ интенсивности). Во многих акустических экспериментальных задачах необходимо измерять именно эти параметры звукового поля. Поэтому в общем случае для получения объективных результатов необходимо определять неравномерность звукового поля по всем его параметрам.

Экспериментальная проверка такого подхода к аттестации камер была осуществлена в заглушенной камере МГУ. Спектр собственных шумов заглушенной камеры МГУ приведен на рис. 1.

Для оценки неравномерности свободного поля использовалась установка, блок-схема которой приведена на рис. 2. Излучающий тракт установки состоит из генератора 1, усилителя мощности 2, ненаправленного излучателя 3; приемный тракт установки — из приемника давления 4 и приемника колебательной скорости 5, двух идеитичных каналов усиления и фильтрации сигнала. Каждый канал состоит из измерительных усилителей 6, фазовращателя 10, гетеродинных фильтров 7, фазометра 8, перемножителей 9. Приемники находятся на координатном устройстве, которое может их перемещать вдоль

линии 11, Данная установка позволяет непосредственно измерять такие характеристики звукового поля, как давление P(x), колебательная скорость частиц V(x) и сдвиг фаз между ними $\phi_{PV}(x)$ в зависимости от расстояния х до ненаправленного излучателя З. Измерения этих параметров в заглушенной камере МГУ диапазоне проводились в частот 10-10 000 Гц. В результате измерений была неравномерность оценена пяти параметров звукового поля: P(x), V(x), $\varphi_{PV}(x)$, $I_a(x)$, $I_i(x)$ в функции расстояния х от источника звука. Наиболее чувствительным к искажениям свободного поля из всех исследуемых оказался фазовый параметр поля. Результаты размеров области оценки



Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки

свободного поля (в метрах) с заданной неравномерностью 5 и 10% для двух параметров звукового давления и разности фаз приведены в табл. 1.

Таблица 1

<i>f</i> , Гц	$10 P(x) \pm 5\% \pm 10\%$	$10 \ \varphi_{PV}(x)$ $1 \pm 5\% \pm 10\%$	<i>f</i> , Гц		пө ф <i>рү (x)</i> ±5% ±10%
10 12,6 16 20 25 31,5 40 63 80 105	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$125 \\ 160 \\ 200 \\ 250 \\ 320 \\ 400 \\ 500 \\ 650 \\ 800 \\ 1000 \\$	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$

Размеры области свободного поля (в метрах)

Размер области свободного поля, определенный на основании измерения звукового давления (или колебательной скорости, активной и реактивной интенсивности), как правило, превышает размер области, полученный по измерениям разности фаз. Это свидетельствует о большей чувствительности использованного метода аттестации заглушенных камер по сравнению с методом, основанным на измере-

Ģ

нии звукового давления, так как область свободного звукового поля с данной неравномерностью, определенная по разности фаз, будет иметь неравномерность звукового поля по всем другим параметрам, не превышающую фазовой неравномерности. Этот вывод был подтвержден при аттестации заглушенной камеры Института горного дела им. А. А. Скочинского, что позволяет считать метод аттестации заглушенных камер, основанный на изучении фазовой структуры свободного поля, болсе объективным по сравнению с традиционными методами.

Используя результаты исследования фазовой структуры ближнего поля источника звука, можно определить и тип источника звука, следуя методике, изложенной в работе [1]. На фиксированных расстояниях x, равных 0,2; 0,5; 1 и 2 м, измерены значения разпости фаз φ_{PV} на частотах 63, 80, 100, 125, 160, 200, 259, 320 Гц. Таким способом стало возможным определить отношение тангенсов разности фаз φ_{PV} в точках x для частот f_1 и $f_2=2f_1$. Полученные значения приведены в табл. 2. Среднее значение отношения тангенсов, приведенных в табл. 2, равно $2\pm0,5$. Следовательно, до 320 Гц можно считать источник звука № 1 источником монопольного типа.

Для определения типа источником звука № 2 проведены аналогичные измерения величины разности фаз φ_{PV} в диапазоне до 80 Гц, на различных расстояниях x: 0,2; 0,5; 0,8; 1 и 1,2 м. В табл. З приведены значения отношений тангенсов. Среднее значение отношения тангенсов равно 7,9±0,6. Этот результат дает основание считать источник звука № 2 источником дипольного типа. (В качестве источника № 1 использовался изотропный источник, имеющий круговую диаграмму направленности, а в качестве источника № 2 — поршень без экрана, который имеет дипольную характеристику.)

Ľ,	~	c.				~	
i i	2	o	Л	и	Ш	a	2

Отношения тангенсов разности фаз для источника № 1

Таблица З

Отношения	тангенсов	разности	фаз
для	источника	r № 2	

f1/f2	х, м				Х, М						
	0,2	0,5	1,0	2,0	f1/f2	0,2	0,5	0,8	1,0	1,2	
63/125 80/160 100/200 125/250 160/320	1,36 1,92 2,96 1,53 2,71	1,88 1,39 2,23 1,62 1,92	1,96 1,70 1,86 2,01 2,11	2,66 2,65 1,84 1,17 2,42	31,5 40/8	5/63 30	8,02 9,21	8,07 8,32	8,18 7,16	7,46 7,34	8,01 7,58

Таким образом, исследуя фазовую структуру ближнего поля, можно определить акустический тип любого источника шума [1, 2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Колышницына Э. С., Новиков С. Б. Способ определения акустического источника. Авторское св. № 537379. [2] Ржевкин С. И. "Курс лекций по теории звука. М.: Изд-во МГУ, 1960, с. 57—76.

Поступила в редакцию 09.04.84