

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.83

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ  
ОБОЛОЧЕК РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ*Авилова Г. М., Боголенов И. И., Лебедева И. В.,  
Тартаковский Б. Д.*

Нами была экспериментально исследована звукоизоляция сферической, цилиндрической и прямоугольной замкнутых оболочек в диффузном звуковом поле. Оболочки были изготовлены из алюминивно-магниевого сплава и имели одинаковую толщину (2,75 мм), внешнюю поверхность и массу. Внутренний диаметр сферической оболочки составлял 240 мм; радиус цилиндрической оболочки — 180 мм, длина — 230 мм; размеры прямоугольной оболочки — 125×180×220 мм. Звукоизоляция оболочек, оцениваемая в данном случае разностью средних уровней звуковых давлений вне и внутри оболочек, определялась в реверберационной камере МГУ, параметры и характеристики которой удовлетворяют стандартным требованиям [1]. Исследуемая оболочка размещалась посередине камеры. Уровни звукового давления в камере измерялись в пяти точках, внутри оболочек — в пяти-шести точках, расположенных по характерной оси внутреннего объема оболочек на равных расстояниях друг от друга. Все измерения выполнялись с помощью аппаратуры датской фирмы Брюль и Кьер в третьоктавных полосах частот в диапазоне от 200 до 5000 Гц, так как в этой области частот поле в камере обладало наибольшей диффузностью. Результаты опытов приведены на фигуре.

Наибольшей звукоизоляцией во всем диапазоне частот обладает сферическая оболочка, наименьшей — прямоугольная. В области низших частот использованного диапазона частот звукоизоляция сферической оболочки намного превышает значения по «закону массы» для пластины той же массы, а в области высоких частот для всех трех оболочек она существенно ниже этих значений.

Повышенная звукоизоляция сферической оболочки в области низких частот является следствием увеличения динамической жесткости этой оболочки по сравнению с жесткостью цилиндрической оболочки, а той — по сравнению с жесткостью прямоугольной оболочки. Общая поверхностная жесткость сферической оболочки в области частот ниже первых резонансов определяется деформациями растяжения — сжатия [2]. При повышении частоты наблюдаются провалы звукоизоляции, обусловленные как резонансами квазиизгибных колебаний оболочки, так и резонансами ее внутреннего объема. Резонансные частоты квазиизгибных колебаний оболочек различной формы могут быть определены из соответственных дисперсионных уравнений. Для цилиндрической оболочки, воспользовавшись уравнением Доннелла [3], получаем, что наименьшее значение собственной частоты для исследованной оболочки имеют оболочечные формы колебаний и составляют 339,3 Гц при  $n=2$  и 763,6 Гц при  $n=3$ . Именно в области этих частот наблюдаются провалы на графике звукоизоляции цилиндра. Нижние резонансные частоты внутреннего объема составляют для сферической оболочки 710 Гц, для цилиндрической оболочки — 740, для прямоугольной — 773 Гц.

Экспериментально показано уменьшение звукоизоляции соответствующих оболочек в полосах частот, включающих расчетные значения резонансных частот. Поскольку при повышении частоты плотность спектра собственных частот оболочек и их внутренних воздушных объемов увеличивается, наблюдается даже значительное понижение звукоизоляции в области средних и высоких частот.

Для исследования влияния звукопоглощения на звукоизоляцию оболочек на их внутренние поверхности было нанесено звукопоглощающее покрытие из эластичного пенополиуретана толщиной 5 мм. На низких частотах, где величина звукоизоляции определяется жесткостью оболочек, а звукопоглощение покрытия мало, нанесение его оказалось неэффективным и почти не изменило звукоизоляцию. Влияние звукопоглощения становится заметным, начиная с частот, близких к резонансным колебаниям внутреннего объема оболочек. Поскольку основные размеры всех трех оболочек были примерно одинаковы, то и частоты, на которых начинает сказываться наличие звукопоглощения, у всех оболочек мало различаются, составляя величину около 600–800 Гц. Увеличение звукоизоляции вследствие звукопоглощения внутри оболочек достигает на высоких частотах величин 18–20 дБ, что, однако, повышает звукоизоляцию лишь до значений, приближающихся к «закону массы».

В результате внесения равного количества звукопоглощающего материала внутрь оболочек разной формы звукоизоляция их на высоких частотах стала практически одинаковой.

Для исследования влияния вибропоглощения на звукоизоляцию оболочек все три оболочки после удаления звукопоглотителя были облицованы внутри вибропоглотителем, состоящим из двух слоев фольгоизола [4]. Нанесение вибропоглощающего покрытия существенно повысило звукоизоляцию особенно в области средних частот, но также и на высоких частотах данного диапазона. Механизм действия вибропоглощающего покрытия в этих частотных областях различен. В области средних частот, где имеют место резонансные колебания самих оболочек, внесение вибропоглощения наиболее эффективно. Устранение резонансных колебаний оболочки приводит как бы к увеличению динамической жесткости оболочек как единого целого. Это расширяет низкочастотную область превышения звукоизоляции над «законом массы» для прямоугольной оболочки с полосы частот 315 до 613 Гц, для цилиндрической оболочки с 400 до 1000 Гц и для сферической оболочки с 800 до 1600 Гц, т.е. примерно на октаву. В области высоких частот, где звукоизоляция существенно зависит от поглощения звуковых волн в воздушном объеме, вибропоглощение тем не менее также резко увеличило звукоизоляцию. Это увеличение определяется потерями энергии при колебаниях оболочки в равной или даже большей степени, чем звукопоглощением на внутренних границах оболочки. Увеличение звукоизоляции замкнутых оболочек при наличии вибропоглощения начинается с низких частот использованного диапазона и возрастает к средним и высоким частотам до величин порядка 17–25 дБ. Вибропоглощение также, как и звукопоглощение, уравнивает на высоких частотах звукоизоляцию всех трех оболочек, приближая ее к значениям «закона массы».

Таким образом, в области низких частот, где оболочки испытывают только деформацию растяжения-сжатия, а изгибная и сдвиговая деформации еще не возникли, ее звукоизоляция может намного превысить значения «закона массы» для пластины той же массы. В области средних и высоких частот звукоизоляция сферической, цилиндрической и прямоугольной оболочек может иметь значения гораздо меньшие значений, определяемых по «закону массы». Увеличение звукоизоляции, обусловленное вибропоглощением, может оказаться столь же эффективным, как повышение звукоизоляции, вызванное звукопоглощением, и даже быть более высоким.

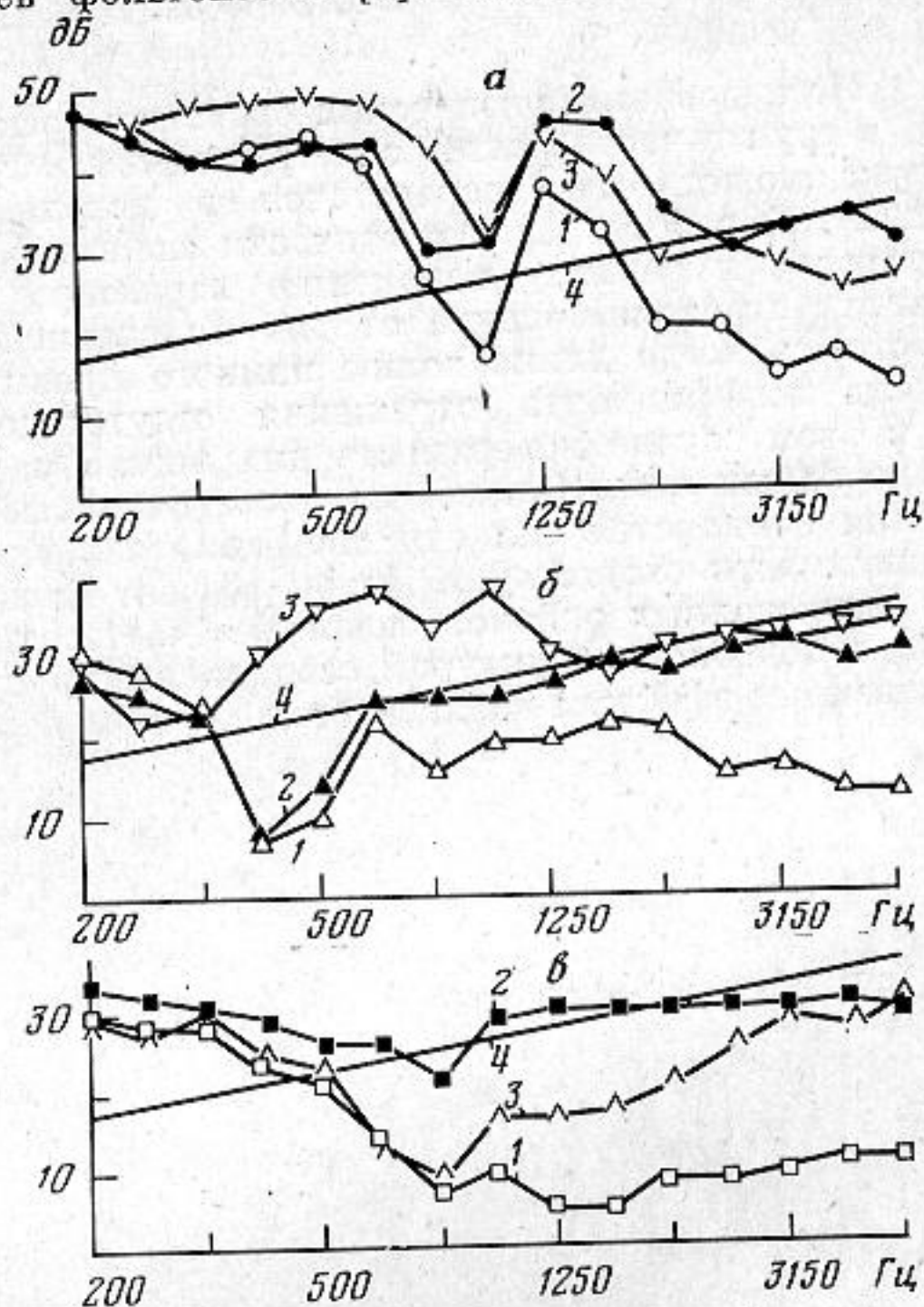
Авторы благодарят А. Н. Морозова и В. В. Федотова за помощь при проведении эксперимента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедева И. В. Исследование реверберационной камеры кафедры акустики Московского Государственного Университета. — Акуст. ж., 1960, т. 6, № 3, с. 326–334.
2. Авилова Г. М., Боголепов И. И., Лебедева И. В. Инфразвукоизоляция замкнутой оболочки. — В кн.: Звукоизолирующие и звукопоглощающие конструкции в практике борьбы с шумом. ЛДНТИ. Л., 1977.
3. Donnel L. H. Stability of Thin Walled Tubes under Torsion. Rept. 1933, NACA, 479, p. 1–22.
4. Дополнение к перечню вибропоглощающих материалов и конструкций, рекомендуемых к применению в народном хозяйстве. М.: Акуст. ин-т, 1979.

Акустический институт  
им. Н. Н. Андреева  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
16.I.1981



Звукоизоляция оболочек различной формы: а — сферической, б — цилиндрической, в — прямоугольной, 1 — звукоизоляция полый оболочки, 2 — звукоизоляция оболочки со звукопоглощающим покрытием, 3 — звукоизоляция оболочки с вибропоглощающим покрытием, 4 — звукоизоляция пластины «по закону массы»