



А.М. ПРУДНИК, С.Н. ПЕТРОВ, Л.М. ЛЫНЬКОВ
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(Минск)

ЭКСПРЕСС-МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Введение

Звукопоглощающие и звукоизолирующие материалы находят применение в области строительства, производственной санитарии, оборудования специальных помещений, создания средств пассивной защиты речевой информации от утечки по акустическому и виброакустическому каналам. Средства пассивной защиты речевой информации позволяют ослабить уровень речевого сигнала до приемлемого в местах возможной установки аппаратуры технической разведки. Реализация методов пассивной защиты речевой информации включает в себя комплекс строительно-монтажных мероприятий, направленных на доработку ограждающих конструкций и систем инженерного обеспечения помещения. Существует необходимость текущего контроля за соблюдением норм информационной безопасности защищаемых объектов, а также исследования свойств создаваемых акустических материалов и конструкций.

На сегодняшний день измерения звукоизоляции конструкций проводят в больших (БЗК) или малых (МЗК) звукомерных (ревер-

берационных или заглушенных) камерах. Существуют также варианты малогабаритных установок (объемом менее 1 м³). К достоинствам БЗК можно отнести высокую точность измерений, возможность испытывать как плоские образцы, так и объемные, к недостаткам – большой объем (порядка 120 м³) и тот факт, что по стандарту [1] такие камеры аккредитуются для измерений звукоизоляции образцов площадью от 8 м². МЗК имеют форму, геометрически подобную форме БЗК, и в несколько раз меньшие линейные размеры. Они применяются для измерения образцов площадью 1 м². По сравнению с БЗК и МЗК камеры объемом менее 1 м³ могут легко транспортироваться и использоваться для исследования образцов площадью от 0,008 до 0,07 м². Например, измерительная установка Brüel & Kjær модели 4206Т [2] позволяет проводить измерения в частотном диапазоне 50-6400 Гц, образцов диаметром 10 см. Приемная часть данной установки содержит четыре микрофона и один четырехканальный анализатор.

Целью работы явилось создание экспериментальной установки и разработка экспрес-

на резиновой нити. В подвижной части трубы установлен двухдиффузорный динамик Pioneer

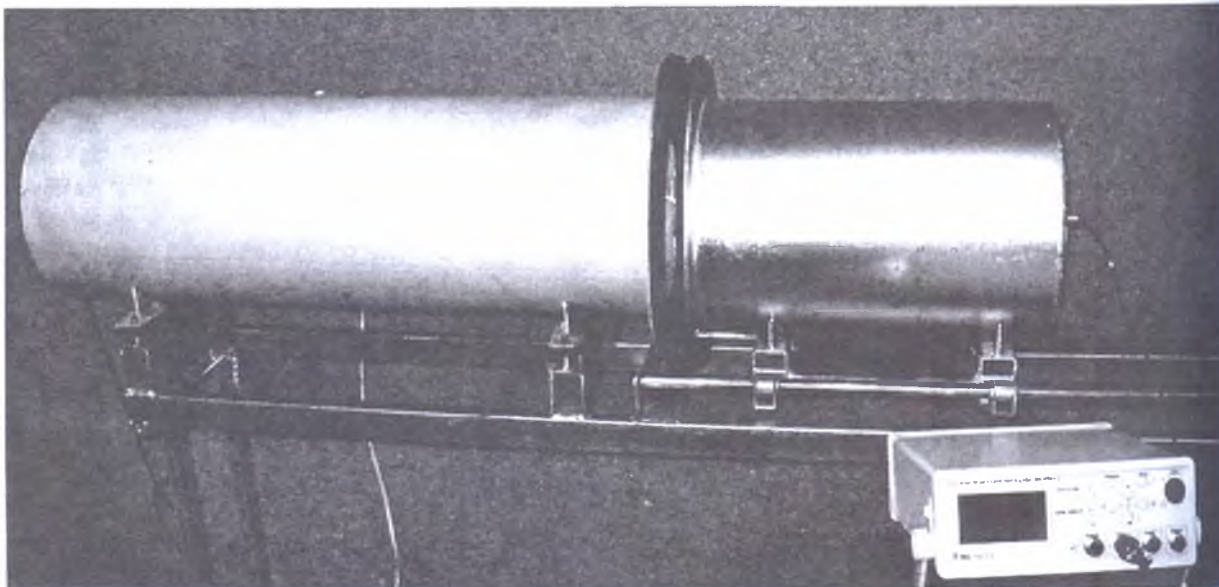


Рис. 1. Внешний вид экспериментальной установки

методики измерений, позволяющей с необходимой точностью за малое время определить звукоизоляцию небольших плоских образцов, предназначенных для создания средств защиты информации.

Экспериментальная часть

Экспериментальная установка, предназначенная для измерения звукоизоляции плоских образцов, изготовлена из двух частей металлической трубы с толщиной стенок 6 мм (внутренний диаметр – 0,26 м, длина частей – 0,8 и 0,4 м), каждая из которых заварена наглухо с внешних торцов, а с внутренних – наварены круговые фланцы с резиновыми прокладками для фиксации образцов (рис. 1).

Внутренние поверхности обеих частей трубы облицованы звукопоглощающим материалом на основе стеклянной ваты, имеющим вид конуса, расширяющегося в направлении открытой части, для уменьшения диффузной составляющей звукового поля.

Обе части трубы закреплены на металлической станине, одна – стационарно на виброизолирующих прокладках из резины, а другая передвигается с помощью червячной передачи. В неподвижной части трубы установлен микрофон марки М 101 с микрофонным предусилителем ВПМ 101. Для уменьшения воздействия вибрации трубы на микрофон последний подвешен

TS-G1709 с номинальным сопротивлением 4 Ома, пиковой/номинальной мощностью 170/35 Вт и чувствительностью 90 дБ.

Сигнал «белого шума», сформированный генератором узкополосных шумовых сигналов ГШС, проходит через усилитель мощности LV 103 и воспроизводится двухдиффузорным динамиком. Регистрация сигнала осуществлялась шумомером-спектроанализатором МАНОМ 4. Измерения проводились в частотном диапазоне от 200 до 8 000 Гц (рис. 2).

При оценке звукоизоляции образцов весь диапазон измерений делится на третьоктавные полосы со среднегеометрическими частотами 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1 000, 1 250, 1 600, 2 000, 2 500, 3 150, 4 000, 5 000, 6 300, 8 000 Гц. Звукоизоляция определялась как разность уровней звукового давления при прохождении звука через исследуемый образец материала и в его отсутствие.

Звуковые волны в экспериментальной установке излучаются под прямым углом к плоскости образца, тем самым исключая условия для возникновения явления волнового совпадения. Эффект волнового совпадения возникает при условии падения звука на поверхность ограждения под косым углом, в результате чего распределение звукового давления на поверхности ограждения может совпасть с распределением его поперечных перемещений, что в итоге приведет к возрастанию амплитуды колебаний ограждения. Объем камеры меж-

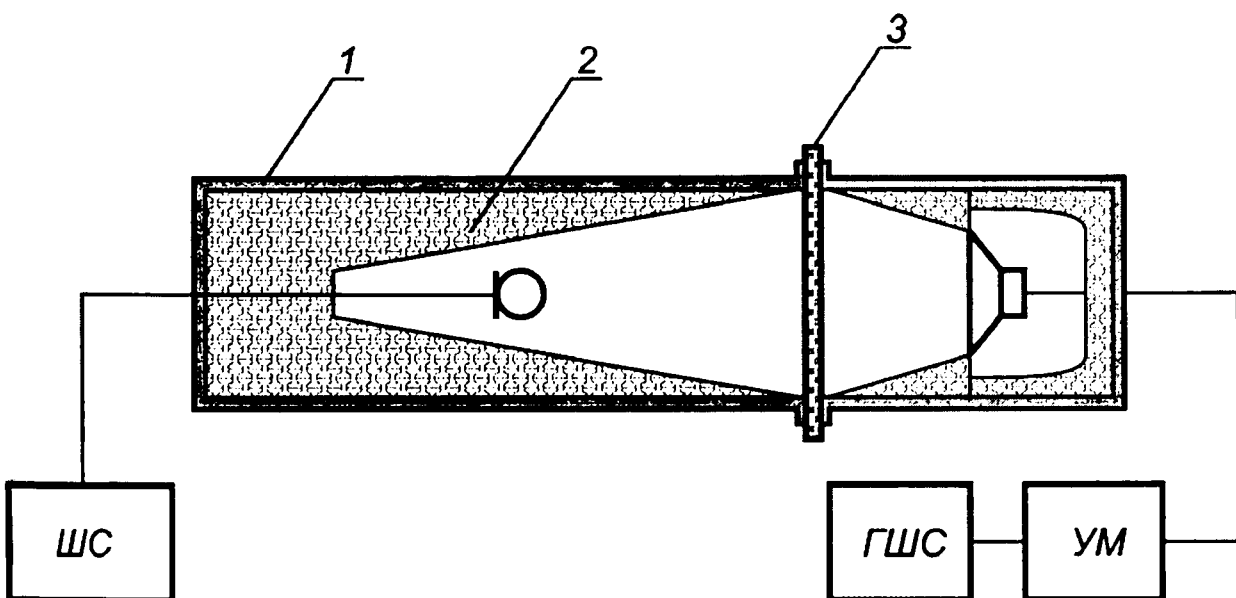


Рис. 2. Схематическое изображение экспериментальной установки:

1 – металлическая труба; 2 – звукопоглощающий материал; 3 – исследуемый образец; ШС – шумомер-спектроанализатор МАНОМ-4; ГШС – генератор узкополосных шумовых сигналов; УМ – усилитель мощности

ду динамиком и образцом мал ($0,015 \text{ м}^3$), поэтому плотность спектра собственных частот камеры высокого уровня будет невелика и, соответственно, вероятность совпадения собственных частот образца и камеры будет пренебрежимо мала. Кроме того, в измерительной установке звуковое поле не является диффузным, что в итоге не дает возможность оценить влияние частотно-пространственного резонанса на звукоизолирующие свойства исследуемых образцов.

При измерении звукоизоляции образцов на разных установках возникает необходимость внесения поправки для обеспечения единообразия измерений. Значение поправки может быть определено путем измерения звукоизоляции образца плотной, непористой резины, исходя из того, что ее звукоизоляция будет соответствовать аналитическим выражениям для «законов массы» по свободному и диффузному звуковым полям [3].

Результаты и обсуждение

Были проведены измерения звукоизоляции следующих материалов и конструкций: листа оргстекла размерами $0,4 \times 0,4 \times 0,01 \text{ м}$, стеклопакета однокамерного размерами $0,5 \times 0,5 \times 0,02 \text{ м}$, заполненного как воздухом, так и водой, и многослойных панелей на основе стекломгнезита со слоями битумно-каучукового герметика и алюминиевой фольги.

На рис. 3 приведены графики частотной зависимости изоляции листом оргстекла (толщина 10 мм) воздушного шума. выполненные

на экспериментальной установке (1) и в малых реверберационных камерах (МРК) (2). Имеется небольшое расхождение в полученных результатах, которое можно объяснить тем, что испытание материалов на экспериментальной установке проходило в условиях свободного (ближнего) поля, а в МРК – в условиях диффузного звукового поля.

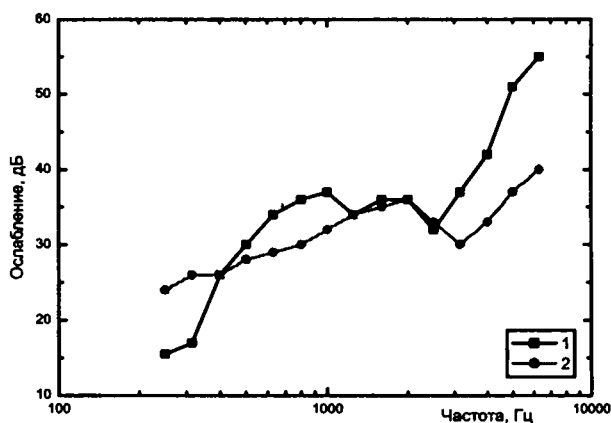


Рис. 3. Зависимость ослабления воздушного шума от частоты листом оргстекла толщиной 10 мм: 1 – полученная в экспериментальной установке; 2 – полученная в МРК

На рис. 4 приведены графики частотной зависимости изоляции воздушного шума многослойными панелями на основе стекломгнезита с добавлением битумной мастики и алюминиевой фольги. Добавление в конструкцию прослойки из би-

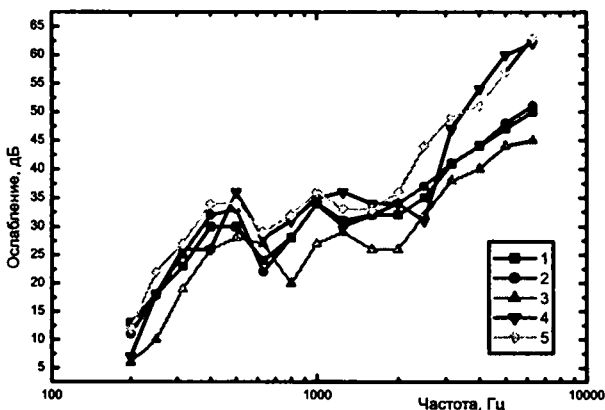


Рис. 4. Зависимость ослабления воздушного шума от частоты многослойными панелями:

- 1 – лист стекломгнезита толщиной 4 мм, слой резины толщиной 1 мм, алюминиевая фольга толщиной ~0,2 мм;
- 2 – лист стекломгнезита толщиной 4 мм, демпфирующий слой битумной мастики, слой клея, алюминиевая фольга толщиной ~0,2 мм;
- 3 – лист стекломгнезита толщиной 4 мм, алюминиевая фольга толщиной ~0,2 мм на клею;
- 4 – сочетание вариантов 1 и 3;
- 5 – сочетание вариантов 2 и 3

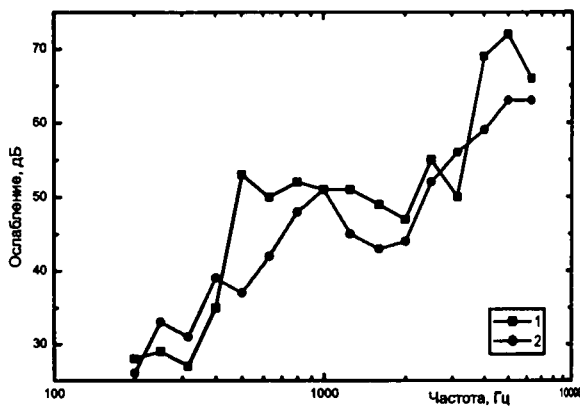


Рис. 5. Зависимость ослабления воздушного шума от частоты: 1 – двухслойным стеклопакетом; 2 – двухслойным стеклопакетом, заполненным водой

тумной мастики приводит к увеличению внутренних потерь на трение и, следовательно, увеличению звукоизоляции.

Значения индекса изоляции воздушного шума составили от 24 дБ для варианта 2 до 32 дБ для варианта 5 (рис. 4).

На рис. 5 приведены частотные зависимости изоляции воздушного шума стеклопакетами. Стеклопакеты заполнялись водой для исследования возможности их использования для комплексной защиты информации от утечки по акустическому и электромагнитному каналам.

Заключение

Создана экспериментальная установка, предназначенная для измерения звукоизоляции методом ближнего акустического поля. Установка обладает малыми массогабаритными характеристиками по сравнению с рассмотренными звукомерными камерами и может быть использована для измерения образцов площадью

от 0,07 до 1 м². Приемная часть установки состоит из одного измерительного микрофона и одноканального анализатора спектра. Алгоритм вычисления значения изоляции воздушного шума исследуемым образцом прост и обеспечивает приемлемую точность. Получаемые экспериментальные данные позволяют за малое время произвести оценку возможности применения исследуемых образцов для средств защиты информации.

Литература

1. ГОСТ 27296-87 Звукоизоляция ограждающих конструкций. Методы измерения.
2. Bruel & Kjaer 4206 T. Технологические данные комплекта труб для измерения коэффициента потерь на прохождение 50 Гц-6,4 кГц. Режим доступа: http://bruel.ru/UserFiles/File/4206_pd_ru.pdf
3. Осипов Г.Л., Лопашев Д.З., Федосеева Е.Н. Акустические измерения в строительстве.- М.: Стройиздат, 1978.