

ИСПЫТАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

Иванов Н.И., Семёнов Н.Г., Тюрина Н.В., Шашурин А.Е.,

Куклин Д.А., Корнилов В.А.

Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Введение

Акустические экраны (АЭ) находят широкое применение для снижения транспортного шума, создаваемого в жилой застройке потоками автомобилей и поездов. Акустическая эффективность экранов определяется в реальных условиях в соответствии с ГОСТ Р 51943-2002 [1, 2]. Анализируя полученные результаты измерений экранов, установленных в городах Санкт-Петербурге, Сочи, Москве, на отдельных участках Октябрьской железной дороги, отметим, что полученная эффективность экранов колеблется в широких пределах от 5 до 15 дБА. Небольшая эффективность объясняется различными причинами: неудачная конструкция, некачественный монтаж и пр. При прочих равных условиях эффективность АЭ определяется:

- геометрическими параметрами АЭ (высота и длина);
- звукоизоляцией экрана;
- звукопоглощением экрана.

Существующие методики позволяют оценить в натуральных условиях влияние геометрических параметров на акустическую эффективность.

Возникает необходимость оценить в натуральных условиях влияние двух последних факторов на акустическую эффективность АЭ.

Испытания звукоизолирующей способности АЭ и их элементов в натуральных условиях

В отличие от испытаний звукоизоляции панели АЭ в реверберационной камере, испытания проводятся в натуральных условиях, что позволяет оценить качество конструкции и качество монтажа АЭ.

Определение звукоизолирующей способности АЭ и его элементов в натуральных условиях проводятся с целью выявления возможности прохождения звука прямым путем за АЭ, что снижает его эффективность. С помощью искусственного источника звука постоянной звуковой мощности (ИИЗ) проводится процедура «прозвучивания» АЭ в основных точках, где могут образоваться «слабые»

места в конструкции (прилегания панелей друг к другу и к стойкам и др.). Схема размещения ИИЗ, АЭ и измерительных точек показаны на рис. 1.

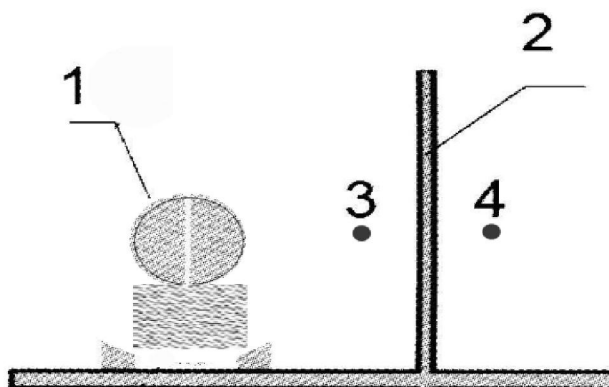


Рис. 1 Схема размещения ИИЗ, АЭ и пример измерительных точек (вид сбоку): 1 – искусственный источник звука, 2 – акустический экран, 3 – измерительная точка перед АЭ, 4 – измерительная точка за АЭ

Измерение звукоизолирующей способности элементов экрана в натуральных условиях проводится в точках, размещенных на поверхностях панелей относительно стоек, как показано на рис. 2

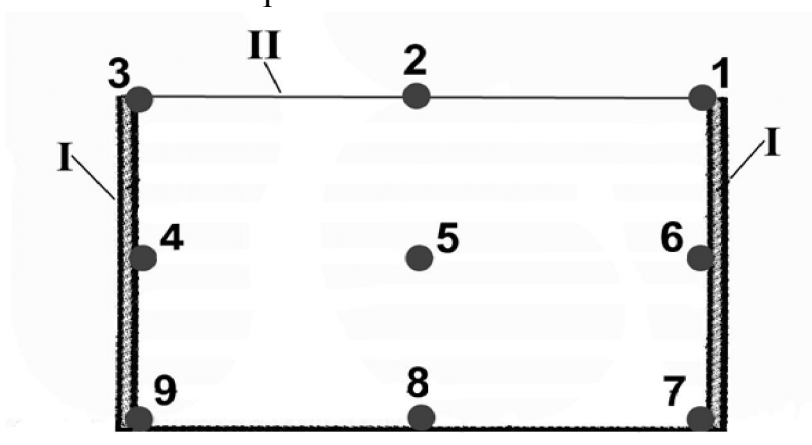


Рис. 2 Схема расположения измерительных точек (1-9) относительно стоек (I) и панелей (II)/

ИИЗ устанавливается на расстоянии 2 м от АЭ, измерительные точки располагаются на расстоянии 0,1 м от АЭ в ближнем звуковом поле. Измерения выполняются одновременно двумя шумомерами. В процессе измерений микрофоны шумомеров последовательно перемещаются от точки к точке одновременно находясь друг напротив друга, разделенные АЭ.

Результаты в каждой паре точек вычислялись по формуле:

$$ЗИ_i = L_i^e - L_i^h, \text{ дБ (дБА)} \quad (2.1)$$

где $ЗИ_i$ – звукоизолирующая способность элемента экрана, измеренная в i -

точке, L_i^e – уровни звукового давления (уровни звука) с внутренней (по отношению к ИИЗ) стороне АЭ в i -точке – падающий звук, дБ (дБА);

L_i^n – уровни звукового давления (уровни звука) с внешней стороны АЭ в i -точке – прошедший звук, дБ (дБА).

Полученная разница ($ЗИ_i$) усреднялась по отдельности для панелей (точка 5), в местах примыкания панелей к стойкам (точки 3,4,9, и 1,6,7), а так же в местах примыкания панелей друг к другу (точки 2,8). В результате были получены сравнительные усредненные значения звукоизолирующей способности как панелей, так мест их прилегания.

Полученные результаты сравнивались также с данными звукоизоляции панелей, полученными в реверберационной камере. Описанный метод определения звукоизолирующей способности АЭ и его элементов в натуральных условиях назовем методом акустической диагностики АЭ.

Измерения звукопоглощающей способности АЭ в натуральных условиях

В отличие от испытаний в реверберационной камере, где определяются частотно-зависимые коэффициенты звукопоглощения акустической панели экрана, предлагаемая методика позволяет оценить влияние звукопоглощения АЭ на его эффективность в натуральных условиях.

Испытания проводятся искусственным источником звука (ИИЗ) постоянной звуковой мощности. ИИЗ последовательно устанавливается с внутренней и внешней стороны АЭ на расстоянии 2 м от АЭ по схеме, показанной на рис. 3.

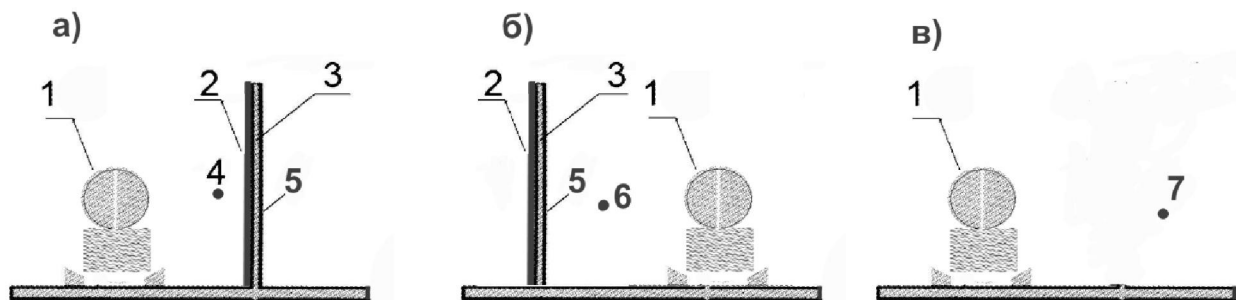


Рис. 3 Схема измерения звукопоглощающей способности АЭ в натуральных условиях: 1 – ИИЗ, 2 – внутренняя (по отношению к системе автотранспортный поток-АЭ) сторона АЭ со звукопоглощением, 3 – АЭ, 4 – измерительная точка у поглощающей стороны АЭ, 5 – внешняя или наружная (отражающая) сторона АЭ, 6 – измерительная точка у отражающей стороны АЭ, 7 – измерительная точка в месте расположения точек 4 и 6 в отсутствии АЭ

Измерения проводятся вблизи АЭ. Последовательно фиксируются уровни звука, дБА, и уровни звукового давления, дБ, в каждой выбранной точке измерений, при этом измерения проводятся только со стороны расположения ИИЗ. Разница в полученных значениях определяет поглощающие свойства АЭ в i -той точке ($\Delta L_{ногл.}$):

$$\Delta L_{\text{погл.}i} = L_i^{\text{нар}} - L_i^{\text{вн}}, \text{ дБ (дБА)} \quad (2)$$

где $L_i^{\text{нар}}$ – УЗ (УЗД), измеренные с наружной стороны АЭ, дБ (дБА) – отраженный звук;

$L_i^{\text{вн}}$ – УЗ (УЗД), измеренные с внутренней стороны АЭ (при размещении с этой стороны ИИЗ) – отраженный звук.

Если сравнить усредненные данные, полученные перед АЭ (рис. 3 а) с данными в его отсутствии (рис. 3 в), то разница в полученных значениях позволит определить дополнительные возможности по улучшению звукопоглощающих свойств АЭ.

Определение звукопоглощающих и звукоизолирующих свойств АЭ и акустических панелей в натуральных условиях

Определение звукоизоляции

Усреднённые данные звукоизоляции по различным элементам АЭ, измеренные в натуральных условиях, приведены в табл. 1 и на рис. 4

Таблица 1

Звукоизоляция элементов АЭ

Наименование испытываемого элемента АЭ	Звукоизоляция, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Звукоизоляция, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Панель АЭ (точка 5)	12,5	23,5	26,7	24,6	17,2	19,3	24,5	33,5	36,0	23,0
Боковые элементы крепления панелей к стойкам АЭ (точки 1,6 и 7; 3,4 и 9)	11,5	17,0	18,9	18,4	14,3	15,4	20,3	30,3	33,0	18,0
Соединение панелей между собой (точки 2 и 8)	11,7	16,0	22,0	20,3	16,3	18,0	23,0	32,4	-	21,0

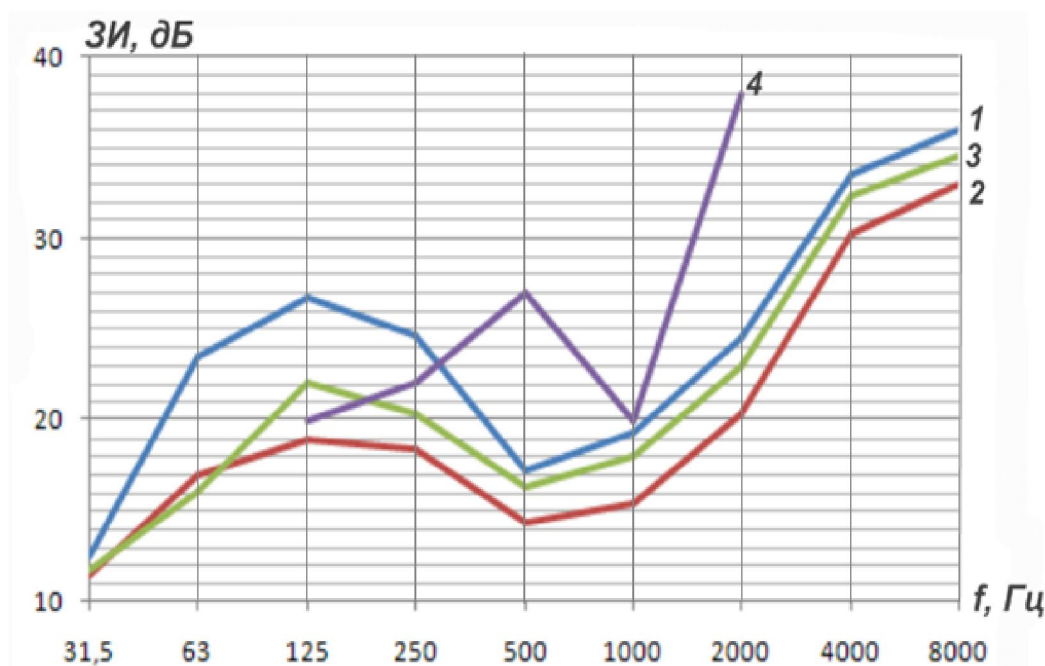


Рис. 4 Звукоизоляция элементов АЭ в натуральных условиях (1-3) и в камере (4):
 1 – панель, 2 – боковой стык между панелями,
 3 – вертикальный стык между панелями в районе стоек

Сравнительный анализ (табл. 1 и рис. 4) позволяет определить, что звукоизоляция панели составляет около 23 дБА; за счет неплотностей панелей звукоизоляция в местах стыков на 2 дБА ниже звукоизоляции самой панели. В месте прилегания панелей к стойкам звукоизоляция на 5 дБА ниже, т.е. можно говорить о слабой акустической герметизации этих соединений.

Анализ частотных характеристик звукоизоляции подтверждает выше приведенные рассуждения. Звукоизоляция за счет недостаточной герметизации элементов крепления акустических панелей на 3-5 дБ ниже прогнозируемой в высокочастотном диапазоне (1000-8000 Гц).

В табл. 2 приведена частотная характеристика звукоизоляции панели, полученная в акустической камере.

Таблица 2

Звукоизоляция панели экрана, измеренная в камере

Звукоизоляция, дБ, в 1/3октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц																Звукоизоляция, дБА
100	115	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
20	19	17	22	22	24	25	27	26	27	20	25	37	38	39	39	21

Сравнение звукоизоляции панели, измеренной в натуральных условиях, (рис. 4, кривая 1) с измеренными в реверберационной камере (рис. 4, кривая 4) показывает, что в последнем случае отмечается провал в частотной характеристике звукоизоляции на частоте 1000 Гц. На высоких частотах звукоизоляция панели, полученная в камере, выше, чем в натуральных условиях.

Наличие провала в частотной характеристике панели связано, по всей вероятности, с тем, что в задемпфированной тонкой (0,5 мм) панели резонанс совпадения сдвинулся из области высоких частот (несколько тысяч Гц) в более низкую (1000 Гц).

Оценивая в целом величину звукоизоляции АЭ, составляющую 21 дБА, можно сделать вывод о недостаточности звукоизоляции испытываемого экрана для того, чтобы обеспечить надежное уменьшение прямого звука, т.е. звука, проходящего через панели. Для того, чтобы АЭ реализовывал свои возможности, доля прямого звука должна быть не менее чем на 10 дБ (дБА) ниже, чем дифрагированного. Увеличение звукоизоляции может быть достигнуто увеличением толщины сплошного листа панели и смещением «провала» звукоизоляции в более высокую область частот, а также акустической герметизацией в местах соединений.

Определение звукопоглощения

Усредненные значения звукопоглощающих свойств АЭ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Полученные в натуральных условиях значения звукопоглощающих свойств акустического экрана

Разница УЗД в точках перед и за АЭ, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
2,2	1,7	2,3	0,5	3,3	2,6	2,9	1,9	3,5	2,6

Анализ табл. 3 показывает, что увеличение эффективности АЭ за счет звукопоглощения достигает почти 3 дБА. В табл. 4 приведены характеристики звукопоглощения панели полученная в реверберационной камере, а в табл. 5 требуемое звукопоглощение принятое для зарубежных АЭ.

Таблица 4

Коэффициенты звукопоглощения (α) панели АЭ, полученные в камере

Наименование показателя	Значение показателя						
Среднегеометрические значения частот, Гц	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Контрольные коэффициенты звукопоглощения	0,3	0,5	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7

Таблица 5

**Рекомендуемые значения коэффициентов звукопоглощения
для поглощающе-отражающих экранов в ЕС**

Наименование показателя	Значение показателя						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Среднегеометрические значения частот, Гц							
Контрольные коэффициенты звукопоглощения	0,3	0,5	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7

Сравнительный анализ данных в табл. 4 и 5 позволяет утверждать, что относительно невысокие значения снижения УЗД за счет звукопоглощения на отдельных частотах может быть объяснено не очень высокими поглощающими свойствами примененного звукопоглощающего материала. Улучшение звукопоглощения может быть достигнуто за счет применения звукопоглощающего материала (ЗПМ) с более высокими звукопоглощающими свойствами.

Данными по измерениям УЗД и УЗ в измерительных точках при наличии и отсутствии АЭ приведены в табл. 6.

Таблица 6

**Экспериментальные значения УЗД и УЗ в измерительных точках
при наличии и отсутствии АЭ**

Наименование испытываемого элемента АЭ	Звукоизоляция, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Звукоизоляция, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Без АЭ	91	100	95	98	98	95	96	93	103
Установлен АЭ (перед экраном)	98	105	101	97	98	96	97	95	104,5

Анализ данных в табл. 6 показывает, что разница в низкочастотном диапазоне в полученных значениях составляет 5-7 дБ, т.е. установка АЭ увеличивает УЗД в диапазоне 63-250 Гц за счет отражения звука. В средне-высокочастотном диапазонах разница не превышает 1-2 дБ. Максимальный резерв улучшения эффективности АЭ за счет звукопоглощения составляет около 2 дБА. Для снижения отраженного звука необходимо использовать другой ЗПМ.

Выводы и рекомендации

1. Разработаны методики определения звукоизоляции и звукопоглощения в натуральных условиях.
2. Используя разработанные методики можно увеличить эффективность АЭ на 4-5 дБА, не изменяя его размеров с незначительными доработками конструкции.

Литература

1. ГОСТ Р 51943-2002, Экраны акустические для защиты от шума транспорта. Методы экспериментальной оценки эффективности.
2. Инженерная и санитарная акустика. Сборник нормативно-технических документов, т. т. 1,2., СПб,; 2008 г.