

УДК 534.8.081.7

OECD 01.03.AA

Исследование транспортных шумозащитных экранов на опытном стенде

Шашурин А.Е.^{1*}, Семенов Н.Г.²¹К.т.н., доцент кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»,
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург²К.т.н., генеральный директор,
НАО «Анапское ДРСУ «Виразж», Краснодарский край, г. Анапа

Аннотация

Приведено подробное описание опытного стенда и методики измерения акустической эффективности при изменении высоты опытных шумозащитных экранов, изготовленных из алюминия и импрегнированной древесины, а также изменение положения точки измерений. Приведены результаты значений акустической эффективности для двух опытных экранов при изменении высоты от 1 м до 6 м, а также изменения высоты точки измерений от 1,5 м до 7 м и расстояния от экрана до точки измерений от 7,5 м до 100 м. Получена зависимость эффективности экранов от высоты в УЗ в виде параболы. Существенное значение для эффективности играет удвоение высоты (эффект 3-4 дБА). При увеличении высоты точки измерений эффективность экранов снижается, например, от 1,5 м до 7 м снижение составило 4 дБА. При увеличении расстояния при каждом его удвоении снижение эффективности около 1,5 дБА.

Ключевые слова: шум, шумозащитные экраны, опытный стенд, акустическая эффективность, высота экрана, расположение точки измерений.

Traffic noise barriers tests on the testing facility

Shashurin A.E.^{1*}, Semenov N.G.²,¹ PhD, Assistant Professor of Environment and Safety chair, Baltic State Technical University «VOENMEH»
named after D.F. Ustinov, Saint-Petersburg, Russia² PhD, CEO, GUP 'Anapskoe Dorozhnoe Remontno-Stroitelnoe Upravlenie 'Virazh',
Krasnodar region, Anapa, Russia

Abstract

A detailed description of the testing facility and methods of measuring the acoustic efficiency when changing the height of the experimental noise barriers made of aluminum and impregnated wood, as well as changing the position of the measuring point, is given. The resulting acoustic efficiency values for two test barriers when changing the height from 1 m to 6 m and changing the height of the measuring point from 1.5 m to 7 m and the distance from the barrier to the measuring point from 7.5 m to 100 m are presented. The barrier efficiency dependence from the height in SL in the form of a parabola is obtained. Doubling the height (the effect of 3-4 dBA) is essential for efficiency. When the height of the measuring point increases, the efficiency of the barriers decreases, for example, for the increase from 1.5 m to 7 m the decrease was by 4 dBA. By increasing the distance each time with the doubling, the efficiency decreases by about 1.5 dBA.

Key words: noise, noise barriers, testing facility, acoustic efficiency, barrier height, location of the measuring point.

Введение

Снижение акустического загрязнения в городах и населенных пунктах важная научно-техническая проблема. Наибольшее применение для снижения шума от средств

*E-mail: kb_iak@mail.ru (Шашурин А.Е.)

транспорта (автомобильного и железнодорожного) находят шумозащитные экраны (ШЭ) [1, 2, 3].

Важной характеристикой ШЭ является акустическая эффективность $\Delta L_{\text{экр}}$, которая определяется:

$$\Delta L_{\text{экр}} = L_{\text{рт(ти)}}^{\text{б/э}} - L_{\text{рт(ти)}}^{\text{с/э}}, \text{ дБ (дБА)} \quad (1)$$

где $L_{\text{рт(ти)}}^{\text{б/э}}$ – уровни звукового давления (уровни звука) в расчетной точке (РТ) или точке измерений (ТИ) без шумозащитного экрана, дБ, (дБА);

$L_{\text{рт(ти)}}^{\text{с/э}}$ – уровни звукового давления (уровни звука) в расчетной точке (РТ) или точке измерений (ТИ) с установленным шумозащитным экраном, дБ, (дБА).

Основными задачами при проектировании ШЭ является выбор высоты (наряду с длиной), а также установление его эффективности при изменении положения РТ (или ТИ). Получение этих зависимостей в натуральных условиях – важная задача, для решения которой был изготовлен опытный стенд.

1. Описание стенда и испытываемых конструкций, методика измерений

1.1. Испытание стенда

Для размещения стенда была подготовлена площадка размером 100x500 м свободная от растений и искусственных сооружений. Площадка представляла собой уплотненную земляную поверхность. В центре площадки были установлены стойки для сооружения опытных шумозащитных экранов из различных материалов. Общий вид стенда экрана в сборе представлен на рисунке 1.

В плане экран представлял П-образную конструкцию, где боковые свободные ребра были закрыты боковыми отгонами (рисунок 1).



Рис. 1. Общий вид установленного экрана

Длина фронтальной части экрана составила 48 м, длина боковых отгонов – 6 м, всего для монтажа экрана было установлено 16 стоек, расстояние между которыми составило 3 м. Высота стоек 6 м. В пространство между стойками устанавливались панели из различных материалов. Все измерения выполнялись только со стороны фронтальной части, боковые отгоны играли вспомогательную роль.

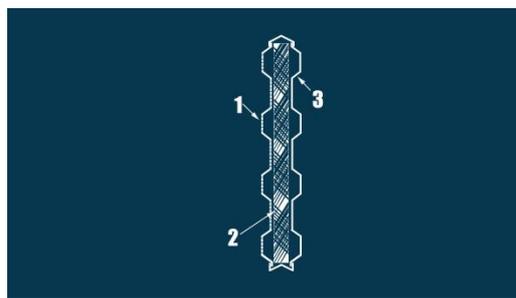
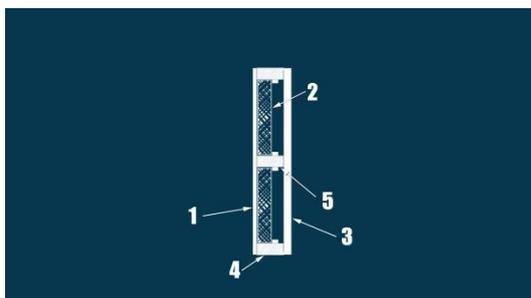
Стенд состоял из двух основных частей П-образного экрана и источника шума. Источник представлял собой передвижную компрессорную станцию (ПКС), подающую сжатый воздух в трубу с отверстиями длиной 20 м. Выходящий из отверстий воздух создавал высокоинтенсивный аэродинамический шум (рисунок 2).



Рис. 2. Источник шума

1.2. Испытываемые конструкции

Испытывались сборно-разборные экраны, изготовленные из импрегнированной древесины и из алюминия. Оба типа экранов набирались из отражающе-поглощающих панелей (рисунок 3). Общий вид экрана из алюминия и древесины показан соответственно на рисунках 4 и 5.



а) алюминиевая панель

б) панель из импрегнированной древесины

Рис. 3 Схемы панелей из алюминия (а) и из импрегнированной древесины (б):

1 – перфорированный лист, 2-3 – звукопоглощающий материал,
4 – звукопрозрачная сетка, 5 – импрегнированная древесина.



Рис. 4 Общий вид металлического ШЭ



Рис. 5. Общий вид деревянного ШЭ

Характеристики панелей испытываемых ШЭ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики акустических панелей

Материал панели	Толщина панели, мм	Размеры, мм	Толщина основной звукоизолирующей части, мм	ЗПМ	Коэфф. перфорации
Импрегнированная древесина	120	1000* 2960	18	Минеральная вата	0,8
Алюминий	120	500* 2960	1,2	Минеральная вата	0,3

Отметим важное преимущество звукопоглощающих свойств панелей из древесины (коэффициент перфорации 0,8) по сравнению с алюминиевыми (коэффициент перфорации 0,3).

1.3. Измерение акустической эффективности экранов

Были проведены 3 серии измерений:

- в фиксированной точке на расстоянии 25 м от ШЭ при изменении его высоты от 1 м до 6 м (экран из импрегнированной древесины);
- в фиксированной точке на расстоянии 25 м от ШЭ из алюминиевых панелей (металлических) при изменении его высоты от 1 м до 6 м;
- в точках на расстоянии 7,5 м, 15 м, 25 м, 50 м и 100 м при фиксированной высоте экрана 3 м (рисунок 6).

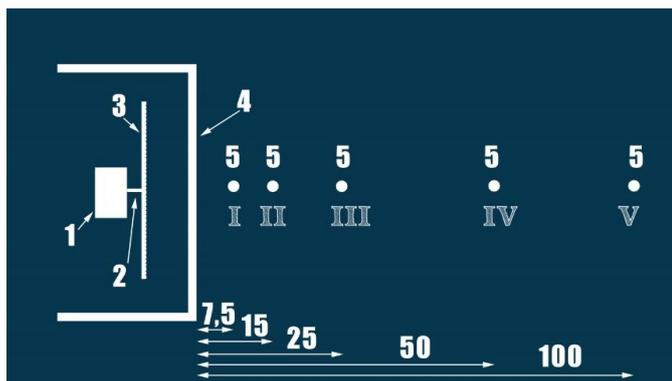


Рис. 6. Схема расположения измерительных точек для определения акустической эффективности шумозащитного экрана:

1 – компрессор, 2 – соединительный шланг, 3 – перфорированная труба, 4 – шумозащитный экран, 5 – точки измерений

Измерения в точках на расстоянии проводились одновременно при помощи стандартно установленных микрофонов (рисунок 7).



Рис. 7. Расположения измерительных точек для определения акустической эффективности шумозащитного экрана

2. Исследование транспортных экранов на опытном стенде

2.1. Исходные данные

В таблице 2 приведены данные измерений УЗД и УЗ на различных расстояниях от источника шума без установленного экрана.

Таблица 2

Измеренные УЗД и УЗ в контрольных точках без установленного экрана

Расстояние от условного экрана, м	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								УЗ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
7,5	85	90	85	82	85	82	76	76	90
15	81	88	82	79	76	76	77	73	86
25	80	85	80	76	72	72	73	73	81
50	72	78	73	65	66	65	71	70	76
100	67	70	61	59	60	55	56	54	62

Приведённые в таблице 2 данные служили исходными для определения акустической эффективности испытываемых шумозащитных экранов.

2.2. Зависимость акустической эффективности экрана от высоты

В таблице 3 приведены измеренные УЗД и УЗ для опытных экранов из древесины, в таблице 4 – для опытных экранов из алюминия (на расстоянии 25 м).

Таблица 3

Измеренные значения УЗД и УЗ для опытного экрана из импрегнированной древесины в зависимости от высоты

Высота экрана, м	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								УЗ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	79	82	74	69	63	62	60	59	73
2	76	80	72	66	61	60	58	56	70
3	74	78	70	64	59	57	55	53	68
5	70	74	66	60	55	53	50	49	64
6	68	72	64	57	53	54	48	45	63

Таблица 4

Измеренные значения УЗД и УЗ для опытного экрана из алюминия в зависимости от высоты

Высота экрана, м	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								УЗ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	79	82	75	70	65	63	63	61	74
2	76	79	72	67	62	60	60	57	71
3	75	77	70	65	61	58	58	55	69
4	73	75	67	63	58	55	56	53	67
5	71	73	65	60	56	53	53	50	65
6	70	71	63	58	53	51	50	48	64

Вычисленные значения акустической эффективности опытных экранов приведены в таблице 5 и показаны на рисунках 8-10.

Таблица 5

Измеренные значения УЗД и УЗ для опытного экрана из алюминия разной высоты

Материал экрана	Высота условного экрана, м	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								УЗ, дБА
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Импрегнированная древесина	1	1	3	6	7	9	11	13	14	8
	2	4	5	8	10	11	13	15	17	11
	3	6	7	10	12	13	16	18	20	13
	5	10	11	14	16	17	20	23	24	17
	6	12	13	16	19	19	22	25	27	18
Алюминий	1	1	3	5	6	7	9	10	12	7
	2	4	6	8	9	10	12	13	16	10
	3	5	8	10	11	11	14	15	18	12
	4	7	10	13	13	14	17	17	20	14
	5	9	12	15	16	16	19	20	23	16
	6	10	14	17	18	19	21	23	25	17

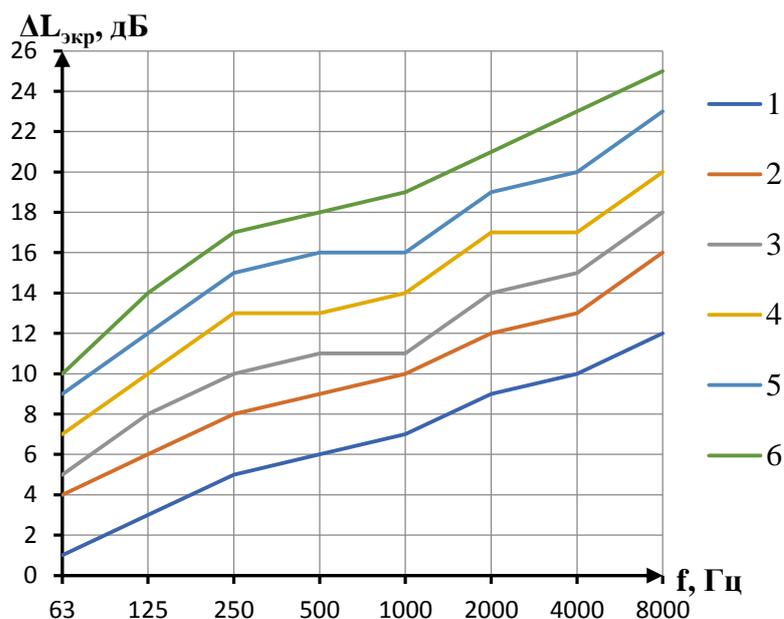


Рис. 8. Спектры акустической эффективности металлического шумозащитного экрана различной высоты (измерения на расстоянии 25 м):
1 – 1 м, 2 – 2 м, 3 – 3 м, 4 – 4 м, 5 – 5 м, 6 – 6 м

Отметим, что с увеличением высоты с 1 до 6 м эффективность экранов по спектру возрастает от 4 до 12 дБ во всём нормируемом диапазоне частот (рисунки 8, 9) и на 10 дБА (рисунок 10). При этом просматривается ряд закономерностей: с увеличением частоты эффективность экранов возрастает 1-3 дБ на октаву, в среднем при каждом удвоении частоты рост эффективности экрана составляет около 2 дБ.

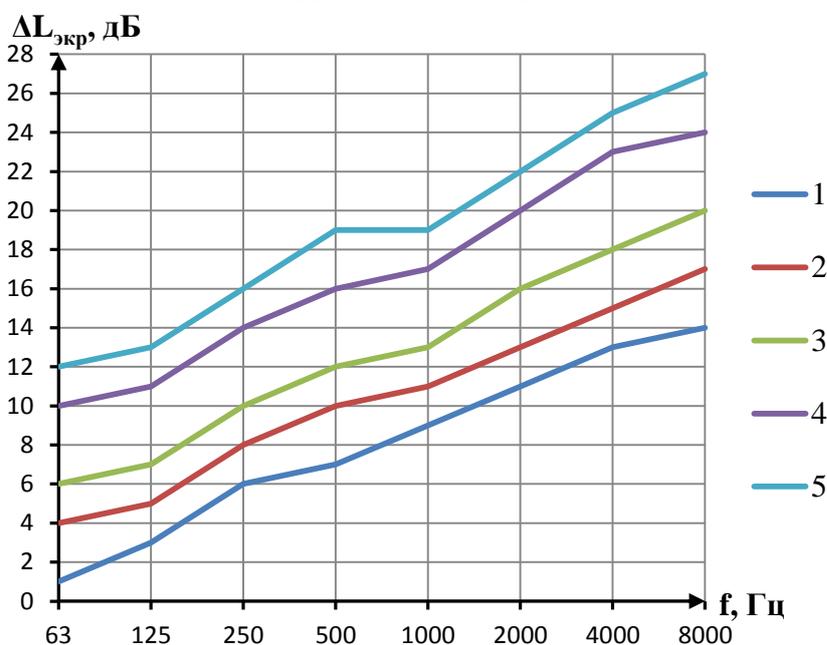


Рис. 9. Спектры акустической эффективности деревянного шумозащитного экрана различной высоты (измерения на расстоянии 25 м):
1 – 1 м, 2 – 2 м, 3 – 3 м, 4 – 4 м, 5 – 5 м

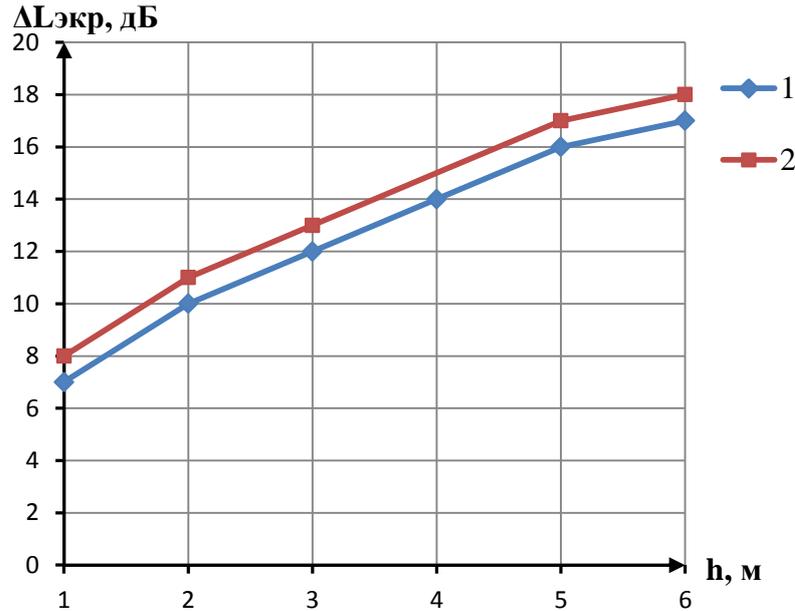


Рис. 10. Сравнительная эффективность шумозащитных экранов при изменении высоты, дБА (измерения на расстоянии 25 м):
1 – металлический, 2 – деревянный

Просматривается заметное увеличение УЗД при каждом удвоении высоты экрана (в основном увеличение 2-6 дБ). Заметно некоторое различие в эффективности (1-2 дБ): экраны из импрегнированной древесины более эффективны, чем из алюминия.

Ещё более заметны последние закономерности на графике (рисунок 10). При каждом удвоении высоты экрана эффективность возрастает от 3 до 5 дБА (в среднем на 4 дБА). Экраны из импрегнированной древесины на 1 дБА более эффективны, чем экраны из алюминия. При увеличении высоты от 5 до 6 м эффективность возрастает всего на 1 дБА. Отмеченная закономерность позволяет проектировщикам более обоснованно выбирать высоту экрана.

2.3. Связь эффективности экрана с расстоянием до точки измерений

В таблице 6 приведены значения УЗД и УЗ при измерениях металлического экрана высотой 3 м с изменением расстояния до ТИ.

Таблица 6

Измеренные УЗД и УЗ для металлического ШЭ экрана высотой 3 м при различных расстояниях до ТИ

Расстояние, м	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								УЗ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
7,5	80	79	72	78	68	61	59	56	74
15	79	78	71	67	63	59	57	52	72
25	75	77	70	65	61	58	58	55	69
50	70	71	64	55	56	52	56	53	65
100	65	62	52	50	50	43	42	38	52

В таблице 7 приведены вычисленные значения акустической эффективности экрана на различных расстояниях. На рисунке 11 показано снижение УЗД за счёт дивергенции для расстояний от 7,5 до 100 м, а на рисунке 12 приведён график

снижения акустической эффективности экрана при увеличении расстояния за счёт снижения дифракции.

Таблица 7

Акустическая эффективность опытного экрана на различных расстояниях

Расстояние, м	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Эффективность, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
7,5	5	11	13	14	17	21	23	24	16
15	4	10	11	12	15	17	20	21	14
25	5	8	10	11	11	14	15	18	12
50	4	7	9	10	10	13	15	17	11
100	2	6	9	9	10	12	14	16	10

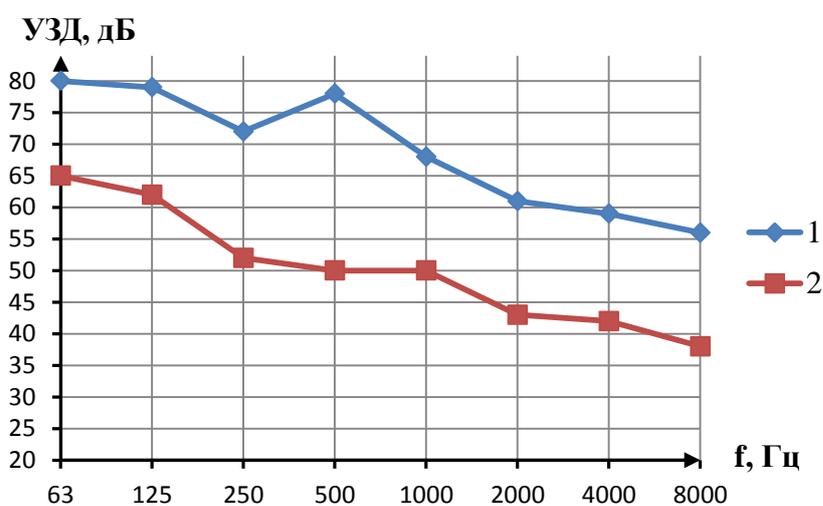


Рис. 11. Снижение УЗД при увеличении расстояния от металлического экрана высотой 3 м: 1 – 7,5 м, 2 – 100 м

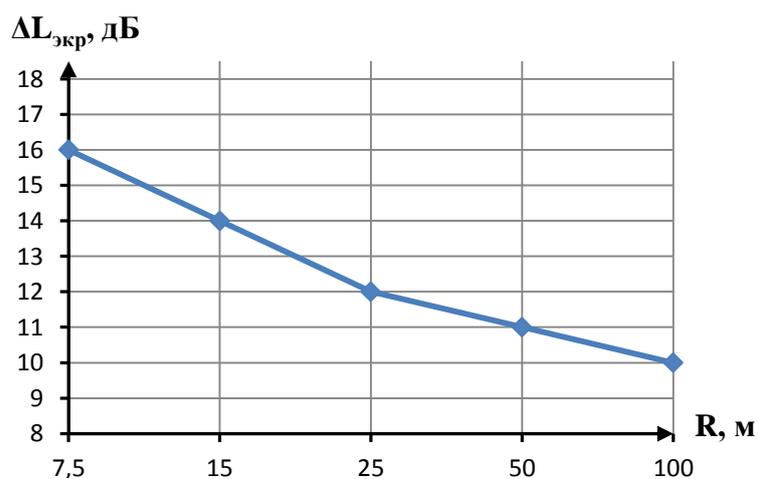


Рис. 12. Снижение акустической эффективности шумозащитного экрана высотой 3 м с увеличением расстояния R, м

Снижение УЗД с установленным экраном в нормируемом частотном диапазоне составило от 15 дБ до 20 дБ. На рисунке 11 наблюдается явно выраженное снижение акустической эффективности экрана с увеличением расстояния, которое по спектру составило от 3 до 5 дБ на низких частотах и от 5 до 11 дБ в средне-высотно-частотном диапазоне. Более наглядно это проявляется при измерениях в дБА. Снижение эффективности при почти 4-х удвоениях расстояния составило 6 дБА (рисунок 12), приблизительно по 1,5 дБА при каждом удвоении.

Заключение

Создан уникальный опытный стенд для испытаний транспортных экранов в условиях близких к реальным. Выполнены измерения акустической эффективности экранов, которые показали:

- связь акустической эффективности с высотой экрана имеет сложный нелинейный характер, в значительной мере сказывается только удвоение высоты (увеличение эффективности на 3-4 дБА), эффективность имеет частотно-зависимый характер с наклоном спектра 2дБ/октаву;
- с увеличением расстояния эффективность ШЭ снижается приблизительно на 1,5 дБА при каждом удвоении;
- ШЭ из импрегнированной древесины на 1-3 дБ более эффективен, чем металлические за счет более лучшего звукопоглощения.

Список литературы

1. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник/ Н.И. Иванов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Логос, 2013. –432 с.
2. Иванов Н.И. Защита от шума и вибрации. – Издательство «НИЦ АРТ», 2017. –268 с.
3. ГОСТ Р 51943-2002. Экраны акустические для защиты от шума транспорта. Методы экспериментальной оценки эффективности - Введен. 2002-10-02. -М.: Госстандарт России, 2002.