

## Влияние материала на акустическую эффективность шумозащитных экранов

Иванов Н.И.<sup>1</sup>, Шашурин А.Е.<sup>2</sup>, Бойко Ю.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Экология и безопасность жизнедеятельности»,

<sup>2</sup> К.т.н., доцент кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»,

<sup>3</sup> Аспирант кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности»,

<sup>1, 2, 3</sup> «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», РФ, г. Санкт-Петербург, ул. 1 –я Красноармейская, д. 1

### Аннотация

Показан механизм уменьшения шума звукоизолирующей преградой – шумозащитным экраном, проанализированы материалы, используемые для их изготовления. Показано влияние материалов на конструкцию шумозащитного экрана и на его звукоизолирующие и звукопоглощающие свойства. Даны данные расчетов в сравнении с экспериментальными данными. Показано, что использование звукопоглощающих материалов в конструкции экрана позволяет увеличить его эффективность на 2–7 дБ в средне-высокочастотном диапазоне.

**Ключевые слова:** шумозащитный экран, звукопоглощение, звукоизоляция, эффективность.

### *Influence of the material on the acoustic efficiency of the noise barriers*

*Ivanov N.I.<sup>1</sup>, Shashurin A.E.<sup>2</sup>, Boiko I.S.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Doctor of Engineering Science, Professor, Head of Department “Ecology and Life Safety”*

<sup>2</sup> *Ph.D. of Engineering Science, Lecturer of Department “Ecology and Life Safety”*

<sup>3</sup> *Ph.D. Student of Department “Ecology and Life Safety”*

<sup>1, 2, 3</sup> *Baltic State Technical University “VOENMEH” named after D.F. Ustinov, St.-Petersburg, Russia*

### **Abstract**

*The mechanism of noise reduction using the soundproof barrier - soundproof screen is shown, materials used for their manufacture are analyzed. Influence of the materials on the noise screen structure and its sound insulating and sound absorbing properties is shown. Calculations data in comparison with experimental data is given. It is shown that using sound-absorbing materials in the screen structure allows increasing the efficiency by 2 to 7 dB in the medium frequency ranges.*

**Key words:** *noise barrier, noise insulation, soundproofing, efficiency.*

### **Введение**

Шумозащитные экраны наиболее эффективная и универсальная конструкция, устанавливаемая для снижения шума на пути от источника шума до защищаемого объекта. Экран работает по принципу отражения звука, но на свободных ребрах звук дифрагирует и проникает за экран. За экраном образуется звуковая тень, в которую стремятся разместить защищаемый объект. При установке экрана характерны следующие процессы (рис. 1):

- отражение падающего на экран звука;

- дифрагирование звука на свободном (на рисунке верхнем) ребре экрана;
- частичное прохождение звука через экран вследствие его недостаточной звукоизоляции.

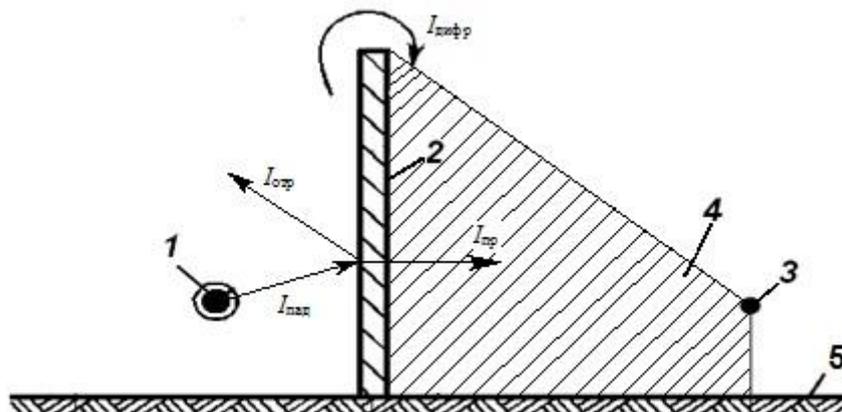


Рис. 1. Схема шумозащитного экрана: 1 – источник шума (ИШ); 2 – шумозащитный экран; 3 – расчетная точка; 4 – звуковая (акустическая) тень за экраном; 5 – опорная поверхность на схеме:  $I_{\text{пад}}$  – интенсивность падающего на экран звука,  $I_{\text{отр}}$  – интенсивность отраженного звука,  $I_{\text{пр}}$  – прошедшего через экран,  $I_{\text{дифр}}$  – интенсивность звука, дифрагирующего через свободное ребро экрана

Дифракция тем меньше, а, следовательно, эффективность экрана тем выше, чем больше высота экрана и ближе расположение ИШ и РТ к экрану. Помимо этого на эффективность экрана влияют его звукопоглощающие и звукоизолирующие свойства, которые определяются материалом, из которого изготавливается экран.

Конструктивно экран изготавливается из ряда стоек, между которыми располагаются панели экрана. По составу материала в панелях экраны могут быть:

- отражающими (бетон, кирпич, стекло, прозрачные пластики);
- отражающе-поглощающими (щепобетон, звукопоглощающие материалы (далее – ЗПМ) в составных панелях).

Составная панель состоит из трех элементов: сплошной слой (алюминий, импрегнированная древесина, оцинкованная сталь и др.), слой ЗПМ (поропласт, минеральная вата, пенополистирол и др.) и перфорированный лист или звукопрозрачная сетка.

Рассмотрим влияние материалов на акустическую эффективность экрана.

## 2. Звукопоглощение

Отражающе-поглощающие экраны более эффективны, чем отражающие. Значение дополнительного снижения звука может быть приближенно определено по формуле

$$\Delta L_{\text{погл}} = 10 \lg(1 - \alpha_{\text{экр}}), \text{ дБ} \quad (1)$$

где  $\alpha_{\text{экр}}$  – частотно-зависимый коэффициент звукопоглощения экрана ( $\alpha_{\text{экр}} \leq 0,8$ ).

Теоретические значения дополнительного снижения уровней звукового давления ЗПМ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вычисленные значения  $10\lg(1-\alpha_{\text{экp}})$

<b>Коэффициент звукопоглощения <math>\alpha_{\text{экp}}</math></b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>
$10\lg(1-\alpha_{\text{экp}})$	1	1,5	2,2	3,0	4,0	5,2	7,0

Значения  $\alpha_{\text{экp}}$  следует брать из данных экспериментов в натуральных условиях, т.к. данные, полученные для панелей в реверберационных камерах, заметно отличаются (разница 0,1–0,3) от данных, полученных в натуральных условиях (таблица 2).

Таблица 2

Экспериментальные значения  $\alpha_{\text{экp}}$

Проведенные эксперименты	Значения $\alpha_{\text{экp}}$ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
В реверберационной камере	0,3	0,5	0,8	0,9	1,0	1,0	0,8	0,7
В натуральных условиях	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6

Для комбинированных экранов, в которых используются поглощающие и отражающие, например, звукопрозрачные панели, значение коэффициента звукопоглощения экрана определяется по формуле:

$$\alpha_{\text{экp}}^{\text{комб}} = \frac{\alpha_{\text{погл}} S_{\text{погл}} + \alpha_{\text{отр}} S_{\text{отр}}}{S_{\text{погл}} + S_{\text{отр}}}, \text{ дБ} \quad (2)$$

где  $\alpha_{\text{погл}}$  – коэффициенты звукопоглощения поглощающих панелей общей площадью  $S_{\text{погл}}$ , м<sup>2</sup>;  $\alpha_{\text{отр}}$  – коэффициенты отражающих панелей ( $\alpha_{\text{отр}}=0,01$  для всех частот) общей площадью  $S_{\text{отр}}$ , м<sup>2</sup>.

На специальном полигоне были выполнены сравнительные испытания шумозащитных экранов, изготовленных из алюминия и импрегнированной древесины.

Для понимания роли звукопоглощения выполнялись по две серии экспериментов. Источник шума располагался со стороны перфорированной части и со стороны отражающего слоя. Эксперименты выполнялись при изменении высоты экрана от 1 до 6 м.

На рисунке 2 показаны сравнительные характеристики отражающего и отражающе-поглощающего экранов.

Из рисунка 2 видно, что применением звукопоглощающего материала эффективность экрана увеличена: на 2–5 дБ в низко-среднечастотном диапазоне (36–500 Гц) и на 5–8 дБ в высокочастотном диапазоне (1000–8000 Гц). Снижение уровня звука может достигать 3–4 дБА.

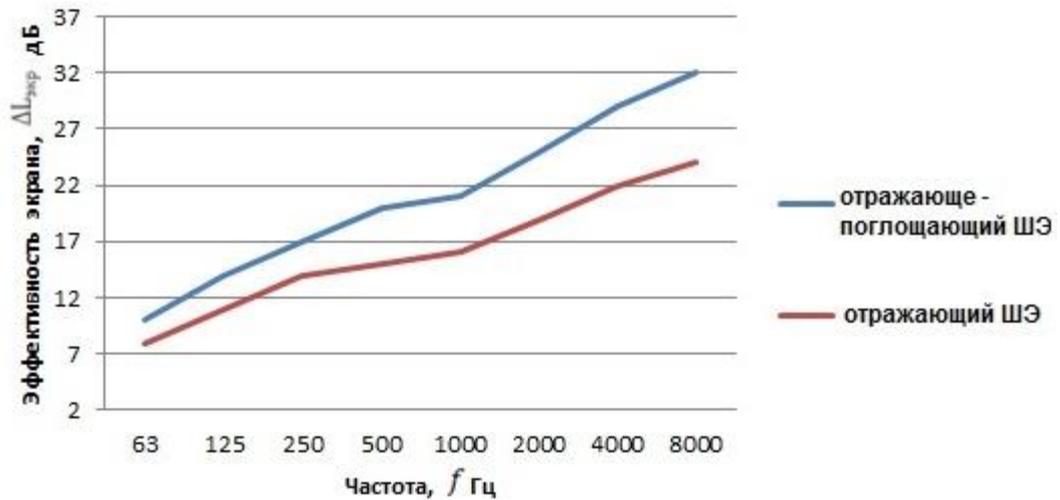


Рис. 2. Акустическая эффективность экрана высотой 6 м

На рисунок 3 приведена сравнительная акустическая эффективность дБА экранов, изготовленных из различных материалов. Отметим, что эффективность деревянных экранов в среднем на 2 дБА выше, чем металлических. При этом разница тем заметнее, чем больше эквивалентная площадь звукопоглощения (произведение коэффициента звукопоглощения на площадь экрана).

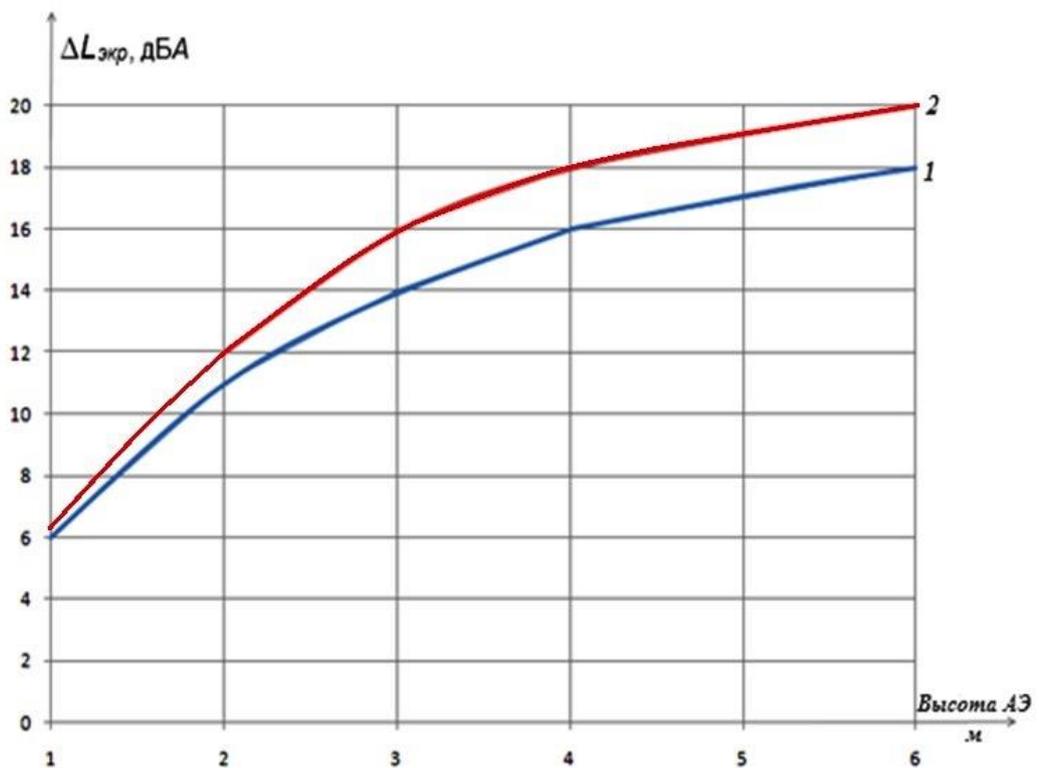


Рисунок 3. Акустическая эффективность экрана высотой 6 м: 1 – отражающе-поглощающего, 2 – отражающего

### 3. Звукоизоляция

Данные измерений, звукоизолирующих свойств панелей в акустических камерах и в натуральных условиях приведены в таблице 3.

Таблица 3

Данные сравнительных испытаний звукоизоляции экранов

Материал экрана	Испытания	Звукоизоляция, дБ, в октавных полосах, Гц								Звукоизоляция, дБА
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Металлический	НУ*	14	15	14	18	24	24	27	28	22
	РК**	–	18	23	31	36	41	42	–	30
Деревянный	НУ	17	18	19	19	22	22	28	32	23
	РК	–	20	24	26	33	36	40	–	29

\*натурные условия

\*\*реверберационная камера

Значения звукоизоляции панелей достигает 29–30 дБА (от 14 до 28 дБ в нормируемом диапазоне для металлических и от 17 до 32 дБ для деревянных экранов). При натуральных испытаниях экранов было установлено, что их звукоизоляция в натуральных условиях составляет всего 22–23 дБА и почти сравнима с максимально достижимой эффективностью экранов. Нетрудно понять, что снижение эффективности экранов в этом случае может составить более 1–2 дБА, т. е. заметно на нее повлиять. Для повышения эффективности экранов с целью достижения максимально возможной эффективности можно рекомендовать экраны, изготовленные из щепобетона, звукоизоляция которых в натуральных условиях достигает 30–35 дБА.

### Заключение

Материал, из которого изготовлен экран, оказывает влияние на его акустическую эффективность. Показано, что эффективность отражающих экранов (например, экраны из бетона, светопрозрачных панелей) на 3-4 дБА ниже, чем экранов, в которых используются звукопоглощающие материалы. Для достижения максимально возможной эффективности рекомендуется применять массивные панели со звукопоглощением, например, из щепобетона.

### Список литературы

1. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник/ Н.И. Иванов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Логос, 2013. – 432 с. (Новая университетская библиотека). ISBN 978-5-98704-659-3.

2. Иванов Н.И., Семенов Н.Г, Тюрина Н.В. Проблемы конструирования акустических экранов и их применение для снижения шума железнодорожного и автомобильного транспорта. Сборник трудов IV научно-практической конференции с международным участием, «Защита населения от повышенного шумового воздействия», СПб, 26-28 марта 2013 г., с. 52-88.

3. Иванов Н.И., Семенов Н.Г, Тюрина Н.В и др. Испытания акустических экранов в натуральных условиях. Сборник трудов III научно-практической конференции с международным участием, «Защита населения от повышенного шумового воздействия», СПб, 22-24 марта 2011 г., с. 555-562.