05.2013

SeaRox

Изоляционные материалы для судостроения и строительства морских нефтегазопромысловых сооружений

Руководство по акустическим решениям

ROCKWOOL®

Мир изоляционных материалов

Компания ROCKWOOL является одним из крупнейших поставщиков технической изоляции, выпускающих негорючие теплоизоляционные продукты. Мы стремимся предлагать клиентам по всему миру – от Великобритании до Китая – единый и четко дифференцируемый ассортимент продукции.

Это особенно важно для судостроения. Благодаря этому вам будет проще подобрать нужный материал как в своей стране, так и для реализации трансграничных, международных проектов.

Наш фокус: SeaRox и ProRox

ROCKWOOL концентрируется на двух ключевых рынках: изоляции для судостроения и строительства морских нефтегазопромысловых сооружений и изоляции для обрабатывающей промышленности. В связи с этим наш ассортимент продукции теперь делится на две основные категории. Все изоляционные материалы для судостроения и строительства морских нефтегазопромысловых сооружений выпускаются под маркой SeaRox. Марка ProRox включает полный ассортимент решений по тепло- и звукоизоляции, а также огнезащите инженерных систем в обрабатывающей промышленности.

Введение

Звук и шум

В современном мире нас постоянно окружают звуки. Большую часть звуков мы совсем не хотим слышать. Такие звуки мы называем шумом.

Во многих аспектах проектирования и производства продукции и решений нам уже недостаточно добиться хорошей функциональности и внешнего вида продукции. Для создания добавленной стоимости необходимо вводить все новые параметры. Звуковой дизайн и контроль уровня шума – как раз такие параметры нового уровня.

Каменная вата ROCKWOOL обладает массой полезных для клиентов свойств. Использование материалов ROCKWOOL в большинстве случаев помогает повысить звуковой комфорт. Звуковой дизайн и шумоизоляция – одно из важнейших направлений работы Группы компаний ROCKWOOL.

Другой важный аспект шумоизоляции – защита здоровья и безопасность. Ряд клинических исследований показал, что люди, подвергающиеся воздействию шума, чаще страдают сердечно-сосудистыми заболеваниями, а также менее устойчивы к стрессу. Утомляемость персонала судов и морских нефтегазопромысловых сооружений – еще одна серьезная проблема для многих компаний.

Мы надеемся, что эта брошюра подскажет вам решение

В брошюре вы найдете краткий обзор теории звука и звукоизоляции, а также раздел с более подробной информацией, включая некоторые популярные формулы. В специальном разделе брошюры описываются возможности использования продукции ROCKWOOL SeaRox для звукоизоляции. Кроме того, брошюра содержит ссылки на различные правила, стандарты и учебные пособия. Наконец, мы включили в нее результаты испытаний акустических свойств наших материалов и примеры их применения.

Измерения динамической жесткости проведены независимыми специалистами в области акустики.

Содержание

SeaRox – новое название модельного ряда 4

Звук и шум – теория 6

1.0 Что такое звук? 6
1.0.1 Волны и скорость 7
1.0.2 Звуковое давление 8
1.0.3 Уровни звука 9
1.1 Звук и шум 9
1.2 Распространение звука 10
1.3 Частотный анализ и октавы 11
1.4 Восприятие звука и измерения по шкале A 12
1.5 Поглощение и ослабление звука 13
1.6 Изоляция воздушного шума 14
1.7 Расчет звукового давления в помещении 15
1.8 Акустические свойства помещения 16
1.9 Время реверберации 17
1.10 Акустический закон массы 17
1.11 Снижение воздушного шума одной стеной 18
1.12 Двухстенная конструкция 20
1.13 Двойные конструкции 21
1.14 Ударный шум 22
1.15 Боковое распространение шума / структурный шум 22
2.0 Акустические свойства материалов ROCKWOOL 23
2.1 Сопротивление продуванию потоком воздуха 23
2.2 Динамическая жесткость 24
2.3 Защита поверхности продукта 25
2.4 Плотность (кг/м³) 25
2.5 Диаметр и ориентация волокон 25

Правила 27

3.0 Правила и нормативы 27

Руководство по разработке решений 28

4.0 Общий акустический комфорт 28
5.0 Принципы шумоизоляции / акустические решения 29
6.0 Примеры решений ROCKWOOL 31
7.0 Шумоизоляция – обзор судна 32
8.0 Пассивные огнезащитные конструкции 34
9.0 Панели для судостроения 36
10.0 Конструкции с плавающим полом 37
11.0 Абсорбирующие системы 39
12.0 Система SeaRox Acoustic Foil 41
13.0 Специальные абсорбирующие системы 42
14.0 Инкапсуляция 43
15.0 Устройство шумоподавления для систем вентиляции 43
16.0 Комбинированные решения 44
17.0 Изоляция труб 45

Приложение I 47

18.0 Показатели поглощения 47
19.0 Показатели динамической жесткости 57
20.0 Показатели звукоизоляции 58

Основы акустики

Шумоизоляция – популярная тема обсуждений, однако необходимо признать, что в ее основе лежат довольно сложные научные вопросы. За годы развития науки было предложено большое число физических законов, формул и уравнений, и сегодня компании, специализирующиеся на звукоизоляции, создают чрезвычайно сложные компьютерные модели, охватывающие, к примеру, целый круизный лайнер.

Эта брошюра не может охватить всю теорию, однако содержит общие сведения о теории звука и принципиальных решениях для судостроения и строительства морских нефтегазопромысловых сооружений.

Нормативная база, регламентирующая вопросы шумоизоляции в судостроении, еще довольно ограничена по сравнению со строительными нормами и правилами в некоторых странах. Однако ожидается, что в ближайшее время Международная морская организация (ИМО) и Международная организация труда (МОТ) займутся этими вопросами более плотно. В приложении вы найдете краткий перечень существующих на данный момент правил и нормативов.

В Группе компаний ROCKWOOL работает несколько инженеров-акустиков. Кроме того, у ROCKWOOL есть собственная акустическая лаборатория и тестовые стенды. Компания постоянно проводит испытания акустических свойств своих новых продуктов и решений.

Кроме того, наши специалисты по продуктам и судостроению всегда готовы оказать поддержку.

Приложение II 69

21.0 Правила и нормативы 69
22.0 Стандарты испытаний 70
23.0 Обозначения и единицы 71
24.0 Ресурсы в Интернете 73
25.0 Ссылки на литературу 73

Приложение III 75

26.0 Словарь терминов 75

SeaRox – новое название модельного ряда

Все продукты SeaRox получили новые названия. Благодаря этому подобрать нужный продукт будет значительно легче, где бы вы ни работали. Название каждого продукта имеет следующую понятную структуру:

например: **SeaRox WM 960 ALU^{SC}**

Последняя часть названия может содержать аббревиатуру, отражающую локальные спецификации продукта.

Линейка продукции

2 последние цифры = обозначают прочие характеристики продукта согласно спецификации ROCKWOOL

Идентификатор продукта:

- WM = армированные маты (Wired Mats)
- SL = плиты (Slabs)
- PS = секции для труб (Pipe Sections)
- LM = ламельные маты (Lamella Mats)
- MA = маты (Mats)

Код области применения:

- 3 = звукоизоляция – используется в основном для поглощения звука
- 4 = оснащение – используется в основном в качестве компонентов систем
- 6 = огнезащита – предназначена в первую очередь для конструкций с нормируемыми требованиями по пожаробезопасности
- 7 = обеспечение комфорта – используется в основном для теплоизоляции помещений
- 9 = теплоизоляция – используется в основном для теплоизоляции технических элементов

Покрытие

- ALU = армированная алюминиевая фольга (reinforced aluminium)
- GW = стеклоткань белая (glass cloth white)
- TB = стеклохолст черный (glass tissue black)
- GS = стеклосетка (glass scrim)

SeaRox

Изоляционные материалы для судостроения и строительства морских нефтегазопромысловых сооружений

Под маркой SeaRox мы предлагаем полный ассортимент негорючей изоляции для судостроительной отрасли, которая обладает оптимальными звукоизоляционными и теплоизоляционными свойствами, а также изоляцию для технических конструкций на борту судов. Основным достоинством всех этих продуктов является крайне высокий уровень теплоизоляции, что позволяет держать под контролем энергопотребление. Они также соответствуют самым строгим требованиям в отношении звуко- и огнезащиты. Мы оптимизировали ассортимент изоляции для судостроения и строительства морских нефтегазопромысловых сооружений, стремясь обеспечить четкую идентификацию предлагаемой продукции.

Обеспечение комфорта

НОВОЕ НАЗВАНИЕ	СТАРОЕ НАЗВАНИЕ
SeaRox MA 700 GS^{d}	Shiprock Plus
SeaRox MA 700 ALU^{d}	Shiprock Alu
SeaRox SL 720	Marine Batts 32
SeaRox MA 720 ALU	Marine Batts 32 RL
SeaRox SL 740	Marine Batts 45
SeaRox MA 740 ALU	Marine Batts 45 RL

Звукоизоляция

НОВОЕ НАЗВАНИЕ	СТАРОЕ НАЗВАНИЕ
SeaRox SL 320	Marine Slab 60
SeaRox SL 340	Marine Slab 80
SeaRox Acoustic Foil	Marine Acoustic Foil

Оснащение

НОВОЕ НАЗВАНИЕ	СТАРОЕ НАЗВАНИЕ
SeaRox SL 436	Marine Slab 140
SeaRox SL 440	Marine Slab 150
SeaRox SL 470	Marine Slab 180
SeaRox SL 480	Marine Slab 200

Огнезащита

НОВОЕ НАЗВАНИЕ	СТАРОЕ НАЗВАНИЕ
SeaRox WM 620	Marine Wired Mat 90
SeaRox WM 640	Marine Wired Mat 105
SeaRox SL 620	Marine Firebatts 100
SeaRox SL 640	Marine Firebatts 130
SeaRox SL 660	HC Firebatts 150
SeaRox WM 660	HC Wired Mat 150
SeaRox PS 620 ALU^{SC}	Marine Firebatts 100 PS

Теплоизоляция

НОВОЕ НАЗВАНИЕ	СТАРОЕ НАЗВАНИЕ
SeaRox SL 970	Marine Firebatts 110
SeaRox LM 900 ALU	Marine Lamella Mat 32
SeaRox WM 950	Marine Wired Mat 80
ProRox PS 960 ALU	ROCKWOOL 800*
ProRox PS 960	Pipe Sections 850*

Возможны варианты с другим покрытием

* Входит в ассортимент решений ROCKWOOL для обрабатывающей отрасли, ProRox

Звук и шум – теория

1.0 Что такое звук?

С физической точки зрения, звук – это механическая вибрация газообразной, жидкой или твердой среды. Звук – разновидность механической энергии. Звук производится при колебании частиц вокруг их точки равновесия.

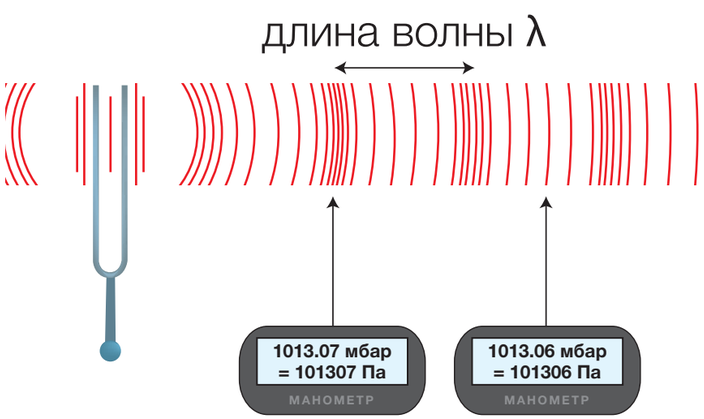
В данной брошюре рассказывается о звуке в воздухе (воздушный шум) и звуке/вибрации в твердых средах – например, стальных конструкциях судна (структурный шум).

В воздухе звук распространяется, когда источник звука (как правило, вибрирующий объект, подвергающийся механическому воздействию) заставляет молекулы воздуха, расположенные рядом с его поверхностью, колебаться вокруг своего равновесного положения в неподвижном воздухе.

Благодаря эластичности воздуха, звук распространяется за счет последовательных колебаний соседних эластичных частиц, создающих звуковую волну. При гармоничных вибрациях источника звука колебания частиц воздуха в любой точке также будут гармоничными. При распространении звука в воздухе частицы вибрируют в направлении распространения волны (продольная волна), создавая зоны повышенного и пониженного давления. Следовательно, звуковые волны являются волнами давления.

Водяные волны

Звуковые волны



Модель 2260 Investigator

1.0.1 Волны и скорость

В противоположность продольным волнам в воздухе, в воде создаются поперечные волны, в которых частицы вибрируют перпендикулярно направлению волны. Звуковые волны характеризуются частотой, длиной волны, скоростью распространения волны, а также амплитудой колебаний.

Частота f – это число гармонических колебаний частицы в секунду, которое выражается в Гц (1 Гц = 1/с) или кГц (килогерцах, 1 кГц = 1000 Гц).

Длина волны λ – это расстояние между частицами, вибрирующими в фазе, то есть между двумя пиками. Она измеряется в метрах (м).

Скорость распространения волны, она же скорость звука (c), измеряется в м/с. Необходимо различать скорость звука и скорость частиц (u).

Скорость звука в воздухе не зависит от частоты и может быть рассчитана как функция от температуры.

$$c = 331{,}4 + 0{,}607 \cdot t$$

(t – температура в °C)

При нормальной температуре воздуха около 20 °C скорость звука можно считать постоянной, около

$$c \approx 340 \text{ м/с}$$

Длина волны λ, частота f и скорость звука c находятся в следующей взаимосвязи:

$$c = f \cdot l$$

$$f = \frac{c}{l}$$

Связь между частотой и длиной волны

f (частота)	λ (длина волны)
(Гц)	(м)
63	5,40
125	2,72
250	1,36
500	0,68
1000	0,34
2000	0,17
4000	0,09
8000	0,04

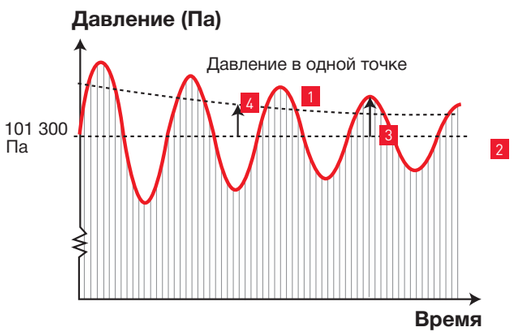
Зависимость скорости от температуры

t	c
(°C)	(м/с)
0	331
20	344
40	356
60	368

1.0.2 Звуковое давление

Амплитуда («сила») звуковой волны в произвольной точке может быть описана как звуковое давление P. По аналогии с напряжением переменного электрического тока, амплитуда выражается как эффективное (действующее) значение P_{eff}.

В силу широкого динамического диапазона, воспринимаемого человеческим ухом, мы имеем дело со звуковым давлением от 0,000020 Па = 20 мкПа до 200 Па = 200000000 мкПа. Поэтому, независимо от используемой единицы звукового давления (паскаль – Па или микропаскаль – мкПа), приходится сталкиваться с большим количеством нулей, что не совсем удобно.



Общее давление = $P_{атм}$ + $P_{зв}(t)$

1. $P_{зв}(t)$ – звуковое давление
2. $P_{атм}$ – атмосферное давление
3. $P_{пик}$ – пиковое значение
4. $P_{эфф}$ – эффективное значение

Для синусоиды:

$$P_{эфф} = \frac{P_{пик}}{\sqrt{2}} = 0{,}71 \times P_{пик}$$

В связи с этим для выражения звукового давления была введена логарифмическая единица децибел (дБ), имеющая удобные значения от 0 до 140. Для использования такой единицы необходимо эталонное значение P_o, в качестве которого принимается P_o= 20 мкПа – обычный минимальный порог слышимости для молодежи. Значения звукового давления в децибелах называются:

Уровнем звукового давления Lp (иногда также SPL)

Уровень звукового давления (SPL)	Звуковое давление	
L_p	P	
дБ, этал. 20 мкПа	Па	мкПа
140	200,000000	200000000
130	63,245553	63245553
120	20,000000	20000000
110	6,324555	6324555
100	2,000000	20000000
90	0,632456	632456
80	0,200000	200000
70	0,063246	63246
60	0,020000	20000
50	0,006325	6325
40	0,002000	2000
30	0,000632	632
20	0,000200	200
10	0,000063	63
0	0,000020	20

Энергия, излучаемая источником звука, называется акустической мощностью и измеряется в ваттах (Вт). Из-за большого динамического диапазона здесь также часто используется децибел:

Уровень акустической мощности Lw = 10*log(Ристочника/Рэтал) дБ, где эталонное значение Рэтал = 10-12 Вт

Таким образом, звук мощностью 1 Вт соответствует уровню акустической мощности

Lw = 10*log(1 Вт/10-12 Вт) дБ = 120 дБ

Поток энергии в звуковой волне может выражаться как интенсивность звука в Вт/м^2 или также в децибелах:
Io = 10-12 Вт/м^2

Децибел с разными эталонными значениями используется в акустике и для выражения других понятий. К примеру, в вибрации различные значения в дБ используются для выражения ускорения, скорости вибрации и смещения точки вибрации.

Использование децибела позволяет работать с удобными значениями, однако при этом важно помнить, какой физический параметр и какое эталонное значение используется в каждом конкретном случае. В противном случае существует риск перепутать значения, например, уровень акустической мощности источника и уровень звукового давления, который можно услышать и измерить в определенной точке на некотором расстоянии.

Для измерения, как правило, используется несколько стандартных методов. Кроме того, условия окружающей среды при измерениях имеют большое значение для их результатов.

Таким образом, данные, полученные различными компаниями, невозможно сравнить между собой, не изучив все связанные параметры.

Сравнение источников звука. Разница звукового давления. Человеческое восприятие:

- 10 дБ воспринимается как удвоение
- 3 дБ на пороге слышимости
- 1 дБ не слышен

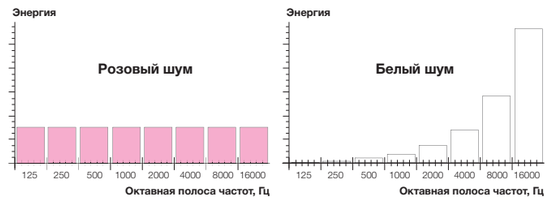
Физически: 2 x равных источника ⇒ + 3 дБ

1.1 Звук и шум

Самое простое определение шума – нежелательный звук.

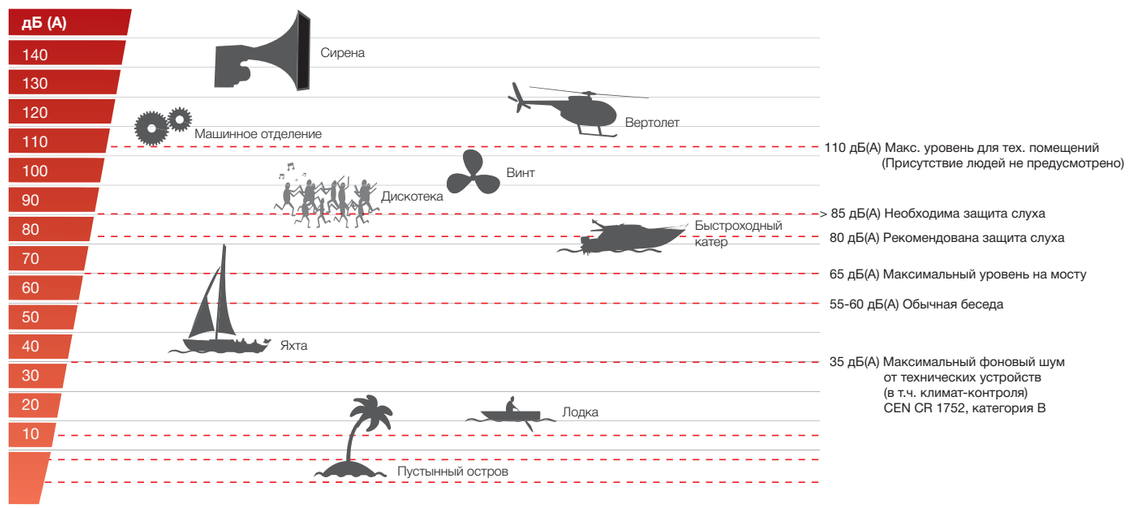
Существуют различные виды звуков и шумов. Чистый синусоидальный тон состоит из одной частоты. Звуки музыкальных инструментов могут состоять из различных частот – обычно основной частоты и нескольких гармонических частот, кратных основной частоте.

Другие звуки могут состоять из большого числа частот в определенном диапазоне. Это так называемый широкополосный шум. Для измерений в акустике используются специальные широкополосные шумы, «белый шум» и «розовый шум». В шумах обоих типов присутствуют практически все частоты в указанном диапазоне (например, от 50 Гц до 10000 Гц), разница лишь в энергии каждой из частот.



1.0.3 Уровни звука

Уровни звука в судостроении:



1.2 Распространение звука

В свободном поле (без отражающих поверхностей) акустическая мощность Lw, излучаемая источником (например, трубой), создает звуковое поле с уровнем звукового давления Lp:

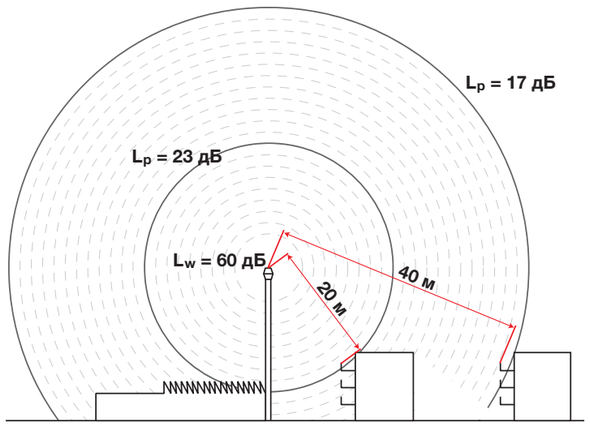
$$L_p = L_w + 10 \cdot \log \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \text{ (дБ)}$$

Пример:

$$L_p\,(20\text{м}) = 60 \text{ дБ} + 10 \cdot \log \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 202} = 23 \text{ дБ}$$

$$L_p\,(40\text{м}) = 60 \text{ дБ} + 10 \cdot \log \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 402} = 17 \text{ дБ}$$

Согласно этой формуле, уровень звукового давления уменьшается в свободном поле на 6 дБ при удвоении расстояния.



1.3 Частотный анализ и октавы

Практически для всех технических измерений и оценок звуков и шумов имеет значение не только общее количество энергии в шуме, но и распределение частот в звуке.

Для анализа звука в определенном диапазоне частот (например, от 20 до 20000 Гц) необходимо разделить диапазон на несколько частей.

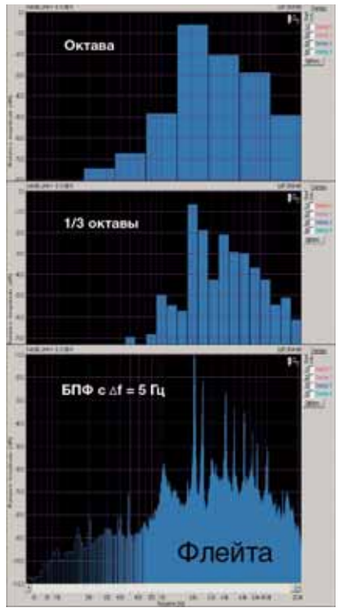
Для такого разделения используется два основных метода:

- Постоянная (абсолютная) полоса частот (например, 10 Гц, то есть частоты от 10 до 20 Гц, от 20 до 30 Гц, от 30 до 40 Гц, ... от 19990 до 20000 Гц); или
- Постоянная относительная полоса частот. В последнем случае постоянным остается отношение между верхней и нижней границами интервала – например, от 45 до 90 Гц (отношение = 2); от 90 до 180 Гц; от 180 до 360 Гц, ... Если отношение, как в примере выше, равно двум, такие интервалы называются октавами. Разделение по принципу постоянной относительной полосы частот ближе всего к человеческому восприятию различных частот, что хорошо известно из музыки.

При анализе шума чаще всего используются октавы и интервалы в 1/3 октавы (отношение $\sqrt[3]{2}$=1,26), однако используются и интервалы в 1/12 и 1/24 октавы.

Если необходима более подробная информация о частотах, проводится анализ с постоянной абсолютной полосой частот (1 Гц, 2 Гц, 10 Гц или xx Гц). Чаще всего применяется математический метод под названием БПФ (быстрое преобразование Фурье).

1/3 октавы		1/1 октавы	
Центральная частота (Гц)	Диапазон частот (Гц)	Центральная частота (Гц)	Диапазон частот (Гц)
50 63 80	45–56 56–71 71–90	63	45–90
10 125 160	90–112 112–140 140–180	125	90–180
200 250 315	180–224 224–280 280–355	250	180–355
400 500 630	355–450 450–560 560–710	500	355–710
800 1000 1250	710–890 890–1120 1120–1410	1000	710–1410
1600 2000 2500	1410–1800 1800–2240 2240–2800	2000	1410–2800
3150 4000 5000	2800–3550 3550–4500 4500–5600	4000	2800–5600
6300 8000 10000	5600–7100 7100–9000 9000–11200	8000	5600–11200



Частотный анализ звука флейты

1.4 Восприятие звука и измерения по шкале A

Человек слышит звуки в диапазоне частот от 20 до примерно 20000 Гц. На диаграмме показан общий диапазон слышимого звука, а также диапазон частот для музыки и речи. Звуки частотой менее 20 Гц называются инфразвуком, а частотой выше 20 000 Гц, или 20 кГц, – ультразвуком.

Человеческое ухо по-разному воспринимает звуки различной частоты. На диаграмме ниже показаны кривые (так называемые изофоны) для синусоидальных тонов, соответствующие восприятию синусоидального тона частотой 1000 Гц на определенном уровне (фон) (здесь показаны упрощенные изофоны Флетчера–Мансона 1933 г.).

Для адаптации восприятия звуков с различным распределением частот к человеческому уху применяется взвешивание частот с A-фильтром. Как правило, при этом используются октавы или интервалы в 1/3 октавы. Аналогичное взвешивание с C-фильтром позволяет увеличить вес низкочастотных компонентов.

Измеренные значения в децибелах (по октавам или 1/3 октавы) корректируются фильтром в соответствии с таблицей, а затем подсчитывается их сумма (путем логарифмического сложения).

Пример сравнения общей энергии звука с воспринимаемой

Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A-фильтр	-26	-16	-19	-3	0	1	1	-1
дБ (измерения)	67	76	73	70	65	66	62	52
дБ (A-взвешенное)	41	60	64	67	65	67	63	51

$$L_{pA} = 10 \cdot \log\left(10^{\frac{41}{10}} + 10^{\frac{60}{10}} + ..\right) = 73 \text{ дБ (A)}$$

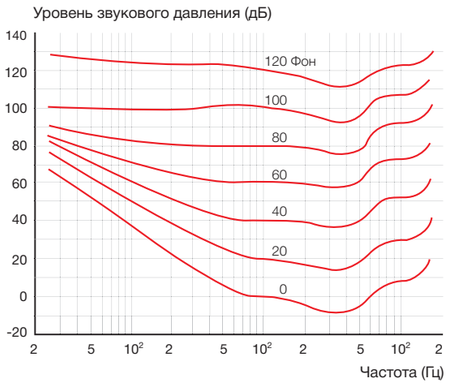
(восприятие)

$$L_{p_lin} = 10 \cdot \log\left(10^{\frac{67}{10}} + 10^{\frac{76}{10}} + ..\right) = 79 \text{ дБ (A)}$$

(общая энергия)

Человеческое восприятие

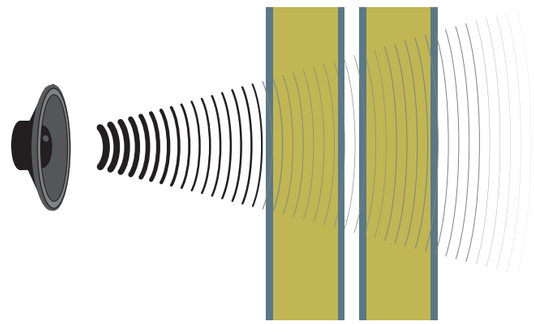
Изофоны Флетчера–Мансона



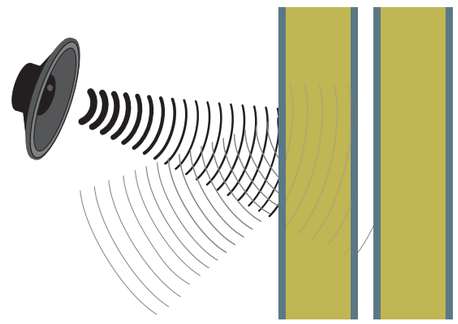
Значения фильтра, дБ

Центральная частота	A-фильтр		C-фильтр
	1/3 октавы	Октава	1/3 октавы
(Гц)	(дБ)	(дБ)	(дБ)
10	-70,4		-14,3
12,5	-63,4		-11,2
16	-56,7	-56,7	-8,5
20	-50,5		-6,2
25	-44,7		-4,4
31,5	-39,4	-39,4	-3,0
40	-34,6		-2,0
50	-30,2		-1,3
63	-26,2	-26,2	-0,8
80	-22,5		-0,5
100	-19,1		-0,3
125	-16,1	-16,1	-0,2
160	-13,4		-0,1
200	-10,9		0,0
250	-8,6	-8,6	0,0
315	-6,6		0,0
400	-4,8		0,0
500	-3,2	-3,2	0,0
630	-1,9		0,0
800	-0,8		0,0
1000	0,0	0,0	0,0
1250	0,6		0,0
1600	1,0		-0,1
2000	1,2	1,2	-0,2
2500	1,3		-0,3
3150	1,2		-0,5
4000	1,0	1,0	-0,8
5000	0,5		-1,3
6300	-0,1		-2,0
8000	-1,1	-1,1	-3,0
10000	-2,5		-4,4

1.5 Поглощение и ослабление звука



Звукопоглощение



Ослабление звука

Коэффициент поглощения звука:

$$\alpha = \frac{\text{поглощенная + переданная энергия}}{\text{исходная энергия}} = \frac{I_a + I_{tr}}{I_i}$$

Коэффициент звукопередачи:

$$\tau = \frac{\text{переданная энергия}}{\text{исходная энергия}} = \frac{I_{tr}}{I_i}$$

Из-за малых значений коэффициента звукопередачи, передача звука обычно описывается индексом ослабления звука R (или потерей при передаче TR), выражающимся в дБ.

$$R = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{\tau}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{I_i}{I_{tr}}\right) \text{ (дБ)}$$

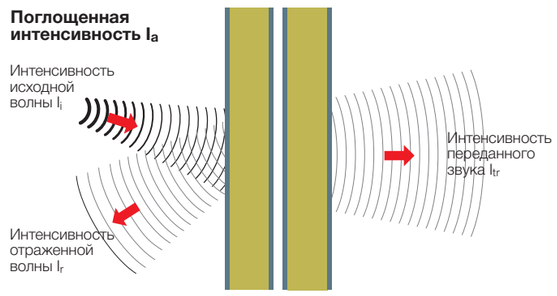
I_i = Интенсивность исходной волны

I_a = Поглощенная интенсивность

I_{tr} = Интенсивность переданного звука

I_r = Интенсивность отраженной волны

При ударе звуковой волны о стену часть энергии отразится, вторая часть будет поглощена стеной, а третья часть будет преобразована. Согласно схеме, поглощение и передача звука определяются следующим образом:



1.6 Изоляция воздушного шума

Звукоизоляция, как правило, выражается индексом ослабления звука R. R зависит от частоты звука, проходящего через элемент, и, согласно ISO 140, измеряется в третьоктавных полосах.

Согласно ISO 717, рейтинг звукоизоляции, зависящей от частоты, выражается одним числом Rw, которое можно адаптировать при помощи C и Ctr.

Определение:
Индекс ослабления звука (сложно измерить)

$$R = L_{ws} - L_{wr} \text{ (дБ)}$$

Измерения (в лаборатории):
Индекс ослабления

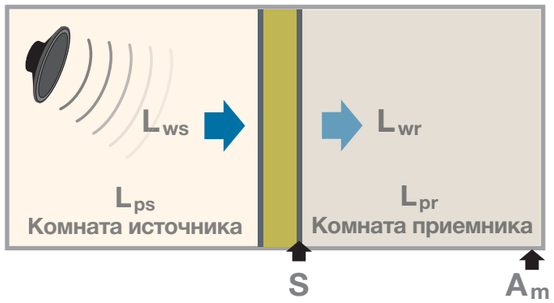
$$R = L_{ps} - L_{pr} + 10 \cdot \log\left(\frac{S}{A_r}\right)$$

Согласно ISO 717, для оценки используется эталонная кривая, которая сдвигается вверх или вниз, пока сумма нежелательных отклонений между результатами измерений и сдвинутой эталонной кривой достигает максимума, но не превышает 32 дБ. Одночисленное значение Rw – это значение сдвинутой эталонной кривой при 500 Гц.

Индекс ослабления звука:

- **Результаты в соответствии с ISO 717-1: R_w (C; C_{tr})**
  R_w + C – A-взвешенное ослабление уровня звукового давления для розового шума, $R_w + C_{tr}$ – для шума дорожного движения
- **В некоторых странах используется следующее определение R_{A1}:** $R_{A1} = R_w + C$

Пример – фасад:
R_w (C; C_{tr}) = 41 (0; -5) дБ
Шум от дорожного движения силой 65 дБ(A) при прохождении через фасад будет ослаблен на 41 + (-5) = 36 дБ до 65-36 = 29 дБ(A).



L_{ps} = Уровень звукового давления (помещение источника)

L_{pr} = Уровень звукового давления (помещение приемника)

L_{ws} = Уровень акустической мощности (помещение источника)

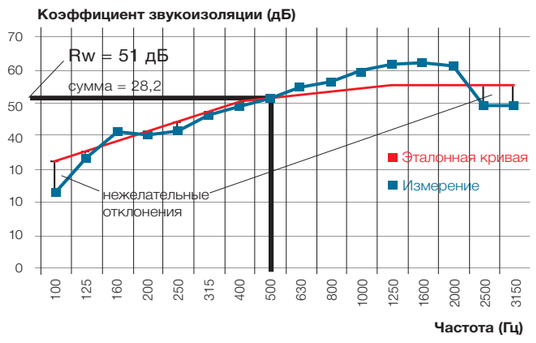
L_{wr} = Уровень акустической мощности (помещение приемника)

S = Площадь перегородки из тестируемого образца

A_m = Площадь эквивалентного звукопоглощения в помещении приемника

C = Уровень привыкания к розовому шуму

C_{tr} = Уровень привыкания к типичному шуму дорожного движения



Смещаемая эталонная кривая для определения R_w

1.7 Расчет звукового давления в помещении

В помещении с отражающими звук стенами и объектами звуковое давление ослабляется гораздо меньше, а звуковое поле на некотором расстоянии от источника становится более-менее рассеянным, так как из-за многократного отражения звуковые волны начинают поступать со всех направлений.

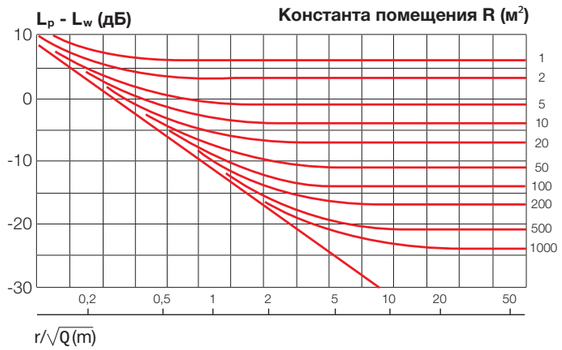
Ниже приведена простая модель расчета звукового давления в закрытом пространстве:

Уровень звукового давления:

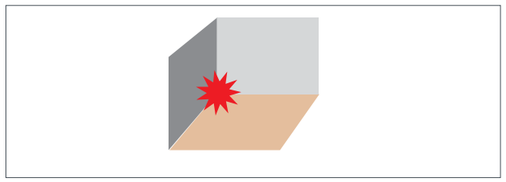
$$L_p = L_w + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{R}\right)$$

Константа помещения:

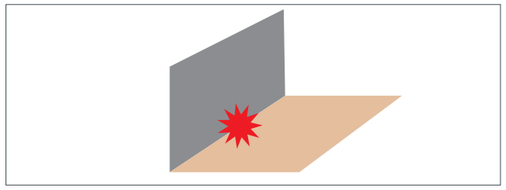
$$R = \frac{A}{1 - \alpha_m} = \frac{S \cdot \alpha_m}{1 - \alpha_m}$$



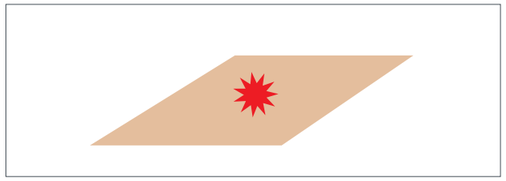
Специальные акустические программы позволяют проводить более сложные расчеты с применением таких технологий, как отслеживание лучей или зеркалирование источников. Этим программам необходима подробная информация о геометрии помещения, а также звукопоглощающих и звукоотражающих свойствах всех поверхностей. Как правило, такие программы используют только квалифицированные специалисты.



Q = 8 (источник в углу)



Q = 4 (источник ближе к ребру)



Q = 2 (источник ближе к одной стене)

Q = 1 (источник в помещении)

L_w = Уровень акустической мощности, источник

L_p = Уровень звукового давления

Q = Положение источника, константа

R = Константа помещения

A = Площадь эквивалентного звукопоглощения (м²)

S = Общая площадь поверхности помещения

α_m = Средний коэффициент поглощения

V = Объем помещения

S = Общая площадь поверхности помещения

A = Площадь эквивалентного звукопоглощения (м²)

α_m = Средний коэффициент поглощения

1.8 Акустические свойства помещения

Распространение звука в помещении зависит от отражения, поглощения и распространения звуковых волн с учетом всех поверхностей и объектов в комнате. Основной показатель акустических свойств помещения – время реверберации. Время реверберации – это время ослабления звука на 60 дБ после прекращения его подачи от источника. В зависимости от процедуры измерения, время реверберации называется T20 (измеренное ослабление с -5 дБ до -25 дБ, экстраполированное до 60 дБ), T30 (измеренное ослабление с -5 дБ до -35 дБ, экстраполированное) или EDT (время раннего ослабления, первоначальное ослабление на 10 дБ, экстраполированное до 60 дБ).

Время реверберации помещения рассчитывается по уравнению реверберации Сабина (Уоллес С. Сабин, основоположник современной акустики, 1868-1919).

Расчет времени реверберации T:

Сабин: $T_{rev} = 0{,}16 \cdot \frac{V}{A}$ $\alpha_m = \frac{A}{S}$

$A = \alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot S_2 + \ldots \alpha_n \cdot S_n = \alpha_m \cdot S$

Расчет проводится для каждой октавной полосы.

Реверберация – важнейший фактор качества звука, однако в судостроении этот вопрос не затрагивается нормативной документацией.

Ниже представлены примеры строительных нормативов:

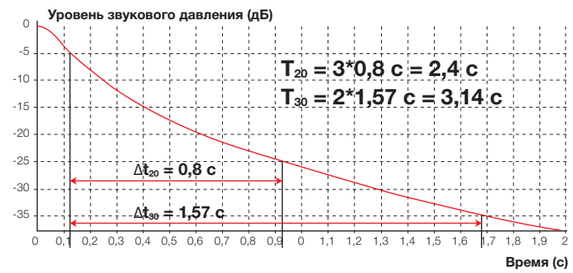
	Тип помещения	Макс. время реверб. (с)
Учебные заведения Эквивалентн. поглощение (м²) Время реверберации (с)	Лестницы	1,3
	Учебный класс, помещение для электрических музыкальных инструментов (V<250 м³), помещение для ручного труда	0,6
	Общие коридоры	0,9
	Помещение для акустических музыкальных инструментов (V<250 м³)	1,1
	Спортзал (V<3500 м³)	1,6
	Бассейн (V<1500 м³)	2,0
	Зал для совещаний	0,4
Детский сад	Общая комната	0,4

1.9 Время реверберации

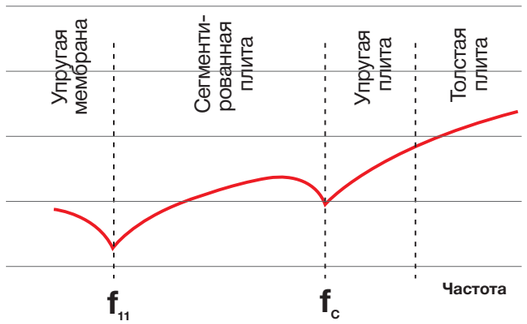
В помещении с равномерно распределенными областями поглощения ослабление звука происходит более-менее равномерно, и значения T30, T20 и EDT будут примерно равными. В помещениях неправильной формы T20 может быть меньше T30.

Время реверберации T20, T30

Задержка дБ времени реверберации:



Ослабление звука



1.10 Акустический закон массы

Первый грубый подход к расчету звукоизоляции однослойной панели – так называемый акустический закон массы. Согласно этой теоретической модели, звукоизоляция увеличивается с ростом плотности поверхности (кг/м²) и частоты по следующей формуле:

Акустической закон массы для одной стены:

$R \approx 20 \cdot \log(m) + 20 \log(f/100) - 7$ дБ

$\Rightarrow$ удвоение плотности

= увеличение индекса ослабления на 6 дБ

Для определенного материала закон массы действует в ограниченном диапазоне частот, однако другие эффекты уменьшают звукоизоляцию на определенных частотах.

Принципиальная схема индекса ослабления звука на различных частотах показана ниже:

Резонансные частоты зависят от размера вибрирующей панели. Во многих случаях первая резонансная частота f11 заметно ухудшает ослабление звука, в то время как более высокие резонансные частоты не так заметны на кривой ослабления звука.

Критическая частота, при которой скорость звука в воздухе равна скорости распространения волн в панели, создает второй заметный спад на кривой ослабления звука.

Два характерных провала на кривой ослабления звука, при резонансной частоте и при критической частоте, очень важны с учетом доминирующих частот звука от источника.

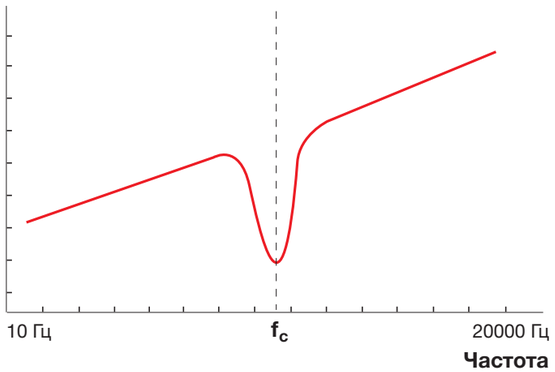
m = Плотность поверхности («масса») (кг/м²)

f = Частота (Гц)

f_{11} = Резонансная частота стены

f_c = Критическая частота

Индекс ослабления



1.11 Снижение воздушного шума одной стеной

На ослабление звука одним слоем однородного материала (например, листового металла переборки или палубы) влияют следующие факторы:

- Масса листа переборки или палубы
- Жесткость на изгиб
- Эластичность
- Способ крепления к конструкции
- Угол падения звуковых волн
- Герметичность (наличие отверстий или щелей)

В этой связи возникают критические частоты, при которых ослабление звука гораздо меньше, чем в остальном диапазоне частот.

Критическая частота – это частота, при которой длина волн изгиба в стене совпадает с длиной волны звука. Скорость волн изгиба зависит от частоты – чем выше частота, тем больше скорость волн. Это значит, что для любой частоты, превышающей определенное критическое значение, существует такой угол попадания звука, при котором длина волны изгиба равна длине волны попадающего звука. Такое совпадение называется резонансом.

При резонансе звук передается через панель гораздо эффективнее, что и вызывает уменьшение индекса ослабления звука. Для многих тонких материалов (например, стекла или листового металла) резонансные частоты начинаются в промежутке между 1000 и 4000 Гц, что включает диапазон частот человеческой речи.

На практике эта проблема наблюдается при использовании тонких переборок и в теории решается увеличением толщины листов металла. Конечно, в большинстве случаев такое решение неприемлемо, так как вызовет значительное увеличение веса судна.

Приемлемое решение – правильно спроектировать элементы жесткости и сочетать плиты переборок/палуб с демпфирующим материалом (например, SeaRox SL 340) и вискоэластичными материалами (например, огнеупорным полиуретаном).

С увеличением числа факторов растет и сложность расчетов. См. иллюстрацию на следующей странице.

Теоретические расчеты

$$f_c = \frac{C^2}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{B}} \qquad C_B = \sqrt[4]{\omega^2 \frac{B}{m}} \qquad B = \frac{E \cdot h^3}{12(1-v^2)}$$

$$f_c = \frac{C^2}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{B}} = \frac{C^2}{2\pi}\sqrt{\frac{p \cdot h}{\frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1-v^2)}}} = \frac{C^2}{2\pi}\sqrt{\frac{p}{\frac{E \cdot h^2}{12 \cdot (1-v^2)}}} = \frac{K_c}{h}$$

$$f_c = \frac{K_c}{h}$$

	гипс	бетон	стекло	дерево	сталь
K_c	27	19	12	15...40	13

$$\frac{\eta}{2} \qquad \delta = \pi \cdot \eta \qquad \delta = \ln\left(\frac{A_n}{A_{n+1}}\right)$$

K_c = Константа материала

h = Толщина

f_c = Критическая частота

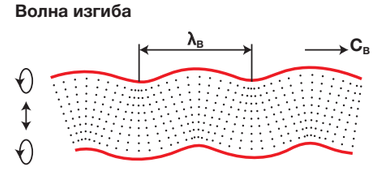
η = (эта) коэффициент потерь

ζ = (дзета) коэффициент затухания, скорость затухания

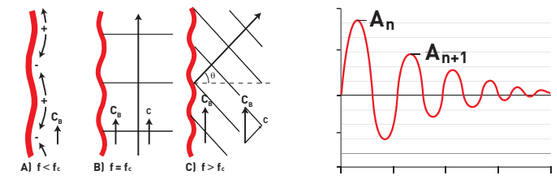
δ = (дельта) логарифмический декремент затухания

A_n = Амплитуда колебаний в ответ на воздействие

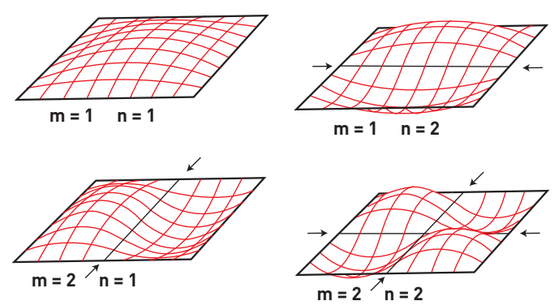
Волна изгиба



Критическая частота



Свободные изгибательные движения в бесконечной плите могут передавать звук в воздух, если Cb > = c, то есть частота равна или превышает критическую частоту.



4 резонансные колебания тонкой прямоугольной плиты, закрепленной с краев. Узловые линии, то есть неподвижные точки, отмечены стрелками.
(Morse & Ingard, 1968)

$$f_{mn} = \frac{C^2}{4f_c}\left(\left(\frac{m}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{n}{l_y}\right)^2\right)$$

$$f_{11} = \frac{C^2}{4f_c}\left(\left(\frac{1}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{1}{l_y}\right)^2\right)$$

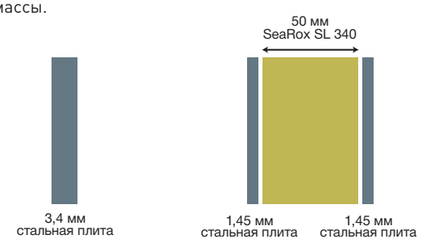
1.12 Двухстенная конструкция

Изоляция воздушного шума может быть оптимизирована для определенного максимального веса конструкции путем использования двухслойных конструкций вместо однослойных.

На диаграмме, иллюстрирующий принцип, показан компьютерный расчет для переборки, состоящей из одного листа стали толщиной 3,4 мм, в сравнении с системой, состоящей из двух тонких листов и слоя SeaRox SL 340 между ними. Материал ROCKWOOL не приклеен к стальным листам.

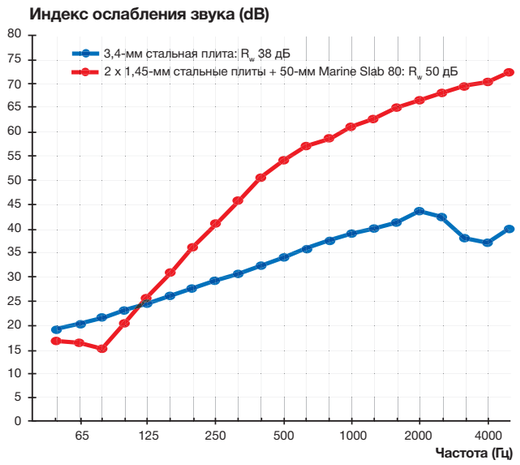
Оба решения имеют примерно одинаковый вес, однако многослойная конструкция дает огромное преимущество в звукоизоляции.

Идея в том, чтобы создать систему с двумя подпружиненными массами при помощи узкого зазора между двумя слоями стальных плит. Воздушная прослойка, заполненная пористым материалом (изоляцией ROCKWOOL), работает как пружина, разделяющая два слоя массы.



26,6 кг/м²
R_w: 38 дБ

26,7 кг/м²
R_w: 50 дБ



Модель сравнения индексов ослабления звука

1.13 Двойные конструкции

Система с двумя подпружиненными массами становится особенно эффективной при превышении резонансной частоты ϕ_0. На диаграмме базовая линия (нижний лимит) показывает звукоизоляцию простой системы с одной массой (общая масса). Для максимального поглощения звука в зазоре рекомендуется использовать, например, минеральную вату с сопротивлением продуванию потоком воздуха не менее r ≥ 15 кПа*с/м².

Резонансная частота f_0 зазора в двойных конструкциях (система с подпружиненной массой):

$$f_0 \approx 1600 \cdot \sqrt{\frac{1}{d_1} \cdot \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}\right)} \text{ Гц}$$

Механическое скрепление двух слоев массы создает «мосты» для звука, снижающие эффективность звукоизоляции. На следующей диаграмме показан принцип такого влияния.

Помимо обычных стальных соединительных элементов, создающих звуковые мосты, изоляционный материал в зазоре сам может выполнять роль звукового моста, если материал касается обеих стальных панелей. Поэтому важно использовать жесткий изоляционный материал. Именно поэтому сендвич-панели, где наполнитель должен передавать механические нагрузки, не работают как акустические двойные конструкции, описанные здесь.

Система из двух стандартных судостроительных панелей с материалом ROCKWOOL низкой плотности между ними является двойной конструкцией с отличной звукоизоляцией.

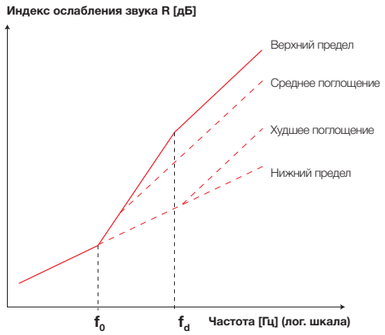
Существуют модели и программы для расчета общей звукоизоляции двухслойных конструкций с достаточной точностью, если известны все необходимые параметры материалов.

Проблема в том, чтобы получить точные значения модуля Янга (для расчета fc) и внутреннего демпфирующего фактора слоев массы, узнать число, тип и жесткость звуковых мостов, а также поглощающие свойства наполнителя. На практике это означает, что рассчитанные индексы ослабления звука могут отличаться от значений, измеренных в лабораторных условиях, на 5-10 дБ.

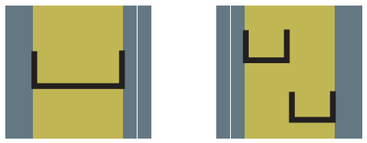
d = Толщина углубления, мм

m_1 = Плотность поверхности, кг/м²

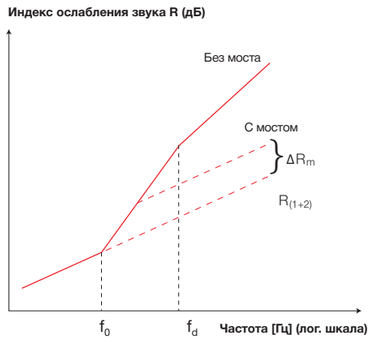
m_2 = Плотность поверхности, кг/м²



Снижение уровня звука: система с одной массой и система с зазором



R_w= 55 дБ **R_w= 60 дБ**



Сравнение ослабления звука с мостами и без них

1.14 Ударный шум

Ударный шум – это шум, производимый ударами в других помещениях. Типичный пример – шум в каюте от шагов людей на верхней палубе.

Ударный шум характеризуется измеренным звуковым давлением в помещении-приемнике, когда стандартизированный источник (специальный механизм) наносит четко выверенные удары по полу в помещении-источнике. Помещение-источник и помещение-приемник необязательно имеют общую стену или пол – шум может передаваться через структуру судна за счет бокового распространения. Не вызывает сомнения, что большое влияние на передачу шума оказывает тип соединений между различными элементами конструкции. Поэтому плавающий/упругий пол в помещении-источнике и/или оптимизированная конструкция потолка в помещении-приемнике могут обеспечить очень эффективную звукоизоляцию.

Часто источником ударного шума являются действия человека – например, спортивные состязания, танцы или шаги. Еще один источник ударного шума – транспортные тележки в служебных коридорах.

Спортивные сооружения – залы для игр с мячом, беговые дорожки и т.д. – представляют наиболее серьезную проблему. Удары от мяча или шагов имеют большую низкочастотную составляющую. Как уже говорилось выше, защититься от низкочастотного шума особенно трудно.

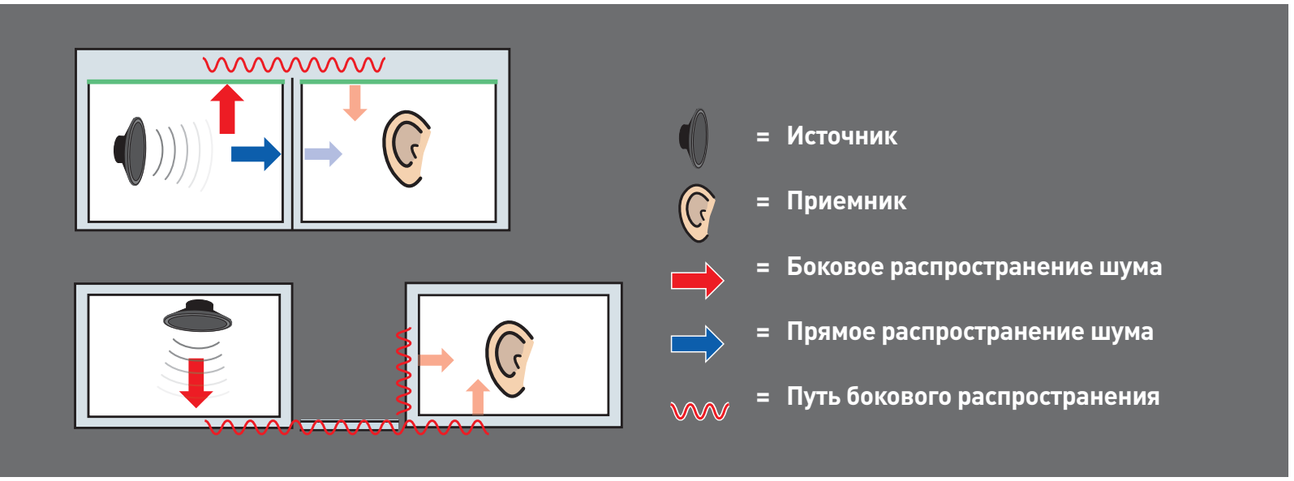
1.15 Боковое распространение шума / структурный шум

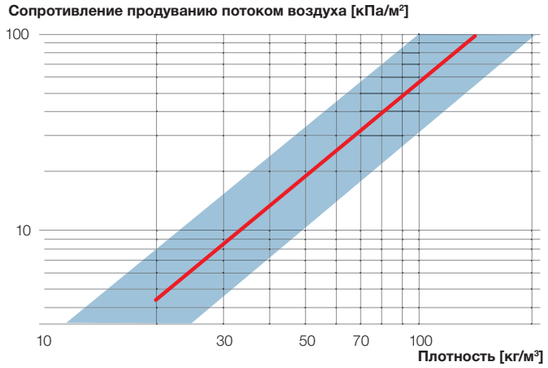
Боковое распространение шума – это его передача по направлениям, отличным от прямого направления от источника к приемнику, как показано ниже.

Боковое распространение шума представляет проблему в случаях, когда зоны с высоким уровнем шума находятся недалеко от зон, где необходимо обеспечить низкий уровень шума. На иллюстрации выше показан сценарий, где при прохождении через перегородку звук достаточно ослабляется за счет поглощения. В этом случае уровень шума в помещении-приемнике будет зависеть от бокового распространения шума, то есть прохождения шума через потолок в общее пространство над каютами и обратно в соседнюю каюту. Для улучшения ситуации можно использовать материалы ROCKWOOL высокой плотности между кабинами в общем пространстве или потолки с высоким звукопоглощением.

На иллюстрации ниже показан другой тип боковой передачи звука. В этом случае источником может быть, к примеру, машинное отделение с очень высоким уровнем шума. Воздушный шум возбуждает стену машинного отделения, создавая структурные волны изгиба, которые передаются через структуру. В помещении-приемнике эти волны изгиба возбуждают поверхности, и структурный шум снова превращается в воздушный.

Боковое распространение шума можно уменьшить путем демпфирования вибраций в структуре, возможно в сочетании с изоляцией стены, покрытой стальной или алюминиевой плитой.





Типичный диапазон сопротивления продуванию потоком воздуха для материалов ROCKWOOL в различных условиях

2.0 Акустические свойства материалов ROCKWOOL

Акустические свойства материалов ROCKWOOL в основном зависят от следующих свойств и характеристик:

- **a** Сопротивление продуванию потоком воздуха
- **b** Динамическая жесткость
- **c** Защита поверхности продукта
- **d** Плотность [кг/м³]
- **e** Диаметр и ориентация волокон

2.1 Сопротивление продуванию потоком воздуха

(определения согласно ISO 9053)
Сопротивление прохождению потока воздуха через пористый материал толщиной t может быть измерено как падение давления p для потока воздуха со скоростью v.

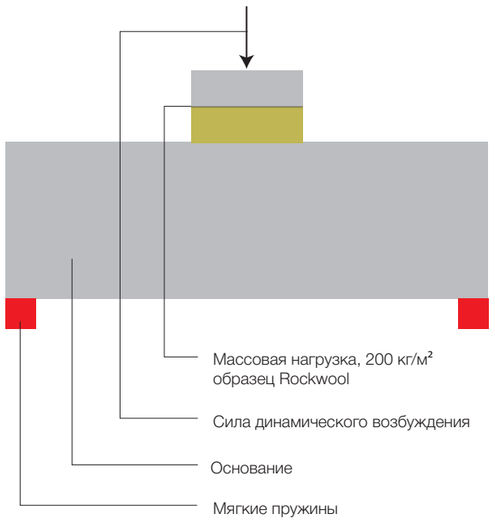
Сопротивление продуванию потоком воздуха R = Dp/v (Па/м)

Измеренное значение R/t называется сопротивлением продуванию потоком воздуха r и является свойством материала, не зависящим от фактической толщины.

Сопротивление продуванию потоком воздуха r = R/t (Па/м²)

Сопротивление продуванию потоком воздуха растет с увеличением плотности материала и уменьшением толщины волокон. Помимо плотности и толщины волокон, сопротивление продуванию потоком воздуха зависит от структуры материала (ориентации волокон и т.д.).

Поглощение энергии звука материалом в основном зависит от сопротивления продуванию потоком воздуха. Если сопротивление слишком велико, звуковая волна отражается – поглощается лишь небольшая ее часть. Если сопротивление недостаточно, звуковая волна проходит через материал, не поглощаясь. Таким образом, оптимальное значение сопротивления зависит от условий применения (толщины материала, соседних материалов) и частоты звука, который необходимо поглотить.



S = Площадь тестируемого образца

F = Динамическая сила, направленная перпендикулярно тестовому образцу

Δd = Результат динамических изменений в толще материала

2.2 Динамическая жесткость

Динамическая жесткость – это зависящее от частоты отношение динамической силы к вызванному ей динамическому смещению. По аналогии, статическая жесткость – это отношение статической силы к вызванному ей статическому смещению.

Для линейных эластичных материалов жесткость, после определенного значения нагрузки, не зависит от нагрузки. Для пористого материала, например, ROCKWOOL, жесткость зависит от нагрузки.

При циклическом сжатии материала часть энергии теряется при каждом сжатии. Коэффициент потери – это доля сохраненной энергии, преобразующаяся в тепло при каждом цикле.

Высокий коэффициент потери позволяет уменьшить распространение вибрации. Это интересно, к примеру, в случае использования ROCKWOOL в качестве основного материала панелей или плавающего пола.

Динамическая жесткость приведена для определенной площади и толщины материала ROCKWOOL.

$$S' = \frac{F/S}{\Delta d} \quad (N/m^3)$$

Как правило, динамическая жесткость увеличивается при увеличении статической нагрузки на материал ROCKWOOL. Динамическая жесткость обычно определяется согласно EN 29052-1 (1992), что соответствует ISO 9052-1 (1989).

Измеряется естественная частота системы с двумя степенями свободы и материалом ROCKWOOL, выполняющим роль пружины. Затем на основе измеренной естественной частоты определяется жесткость материала ROCKWOOL.

ISO 9052-1 позволяет определить динамическую жесткость для одной частоты – естественной частоты системы. Условия также позволяют определить коэффициент потери путем измерения при различных частотах.

Если необходимо определить жесткость как функцию частоты, используется процедура, описанная в ISO 10846-3 (2002). Такая же механическая система может использоваться для измерений согласно ISO 10846-3.
Динамическая жесткость имеет большое значение при оптимизации плавающих полов. Это относится как к воздушному, так и структурному или ударному шуму.

Динамическая жесткость зависит от толщины материала ROCKWOOL и производственного процесса. В принципе, динамическая жесткость должна быть минимальной, что позволит добиться низкой естественной частоты плавающего пола. С другой стороны, нижний предел жесткости задается требованиями по нагрузке на пол и возможного неудобства при хождении по слишком мягкому полу.

2.3 Защита поверхности продукта

Как правило, незащищенная поверхность минеральной ваты со свободно закрепленными волокнами неприемлема для жилых и рабочих помещений. Поэтому обычно необходимо защитить поверхность.

Для этого можно использовать стеклоткань, алюминиевую фольгу, пластиковые панели или листовой металл. При этом изменяются акустические свойства конструкции ROCKWOOL. Как правило, коэффициент ослабления звука увеличивается.

Поглощение звука в основном зависит от сопротивления продуванию потоком воздуха материала, использованного для защиты поверхности. Плотные поверхности отражают большую часть звуковых волн, что уменьшает поглощение звука. Тонкая и неплотно закрепленная фольга (например, 20-40 мкм) практически не уменьшает коэффициент поглощения звука, а лист металла толщиной 0,5 мм уменьшит поглощение практически до нуля.

Алюминиевая фольга толщиной 20-80 мкм отражает звук практически как листовой металл.

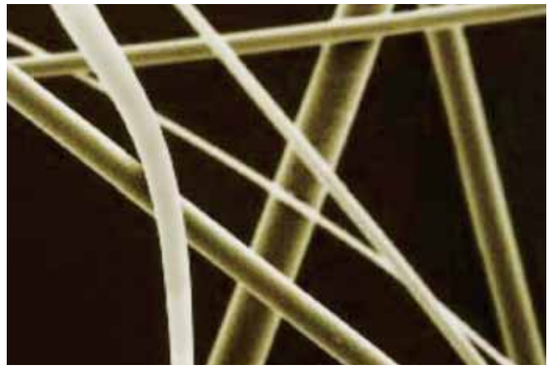
Перфорированное металлическое покрытие с эффективной свободной площадью более 25% (например, отверстия диаметром 3 мм через каждые 5 мм дают свободную площадь более 30%) лишь немного снижают коэффициент поглощения звука.

Если поглощение звука очень важно, рекомендуется провести измерения поглощения звука и получить фактические значения при использовании определенной защиты поверхности.

2.4 Плотность (кг/м³)

Для одного типа материала, то есть того же диаметра и той же ориентации волокон, увеличение плотности вызывает увеличение сопротивления продуванию потоком воздуха.

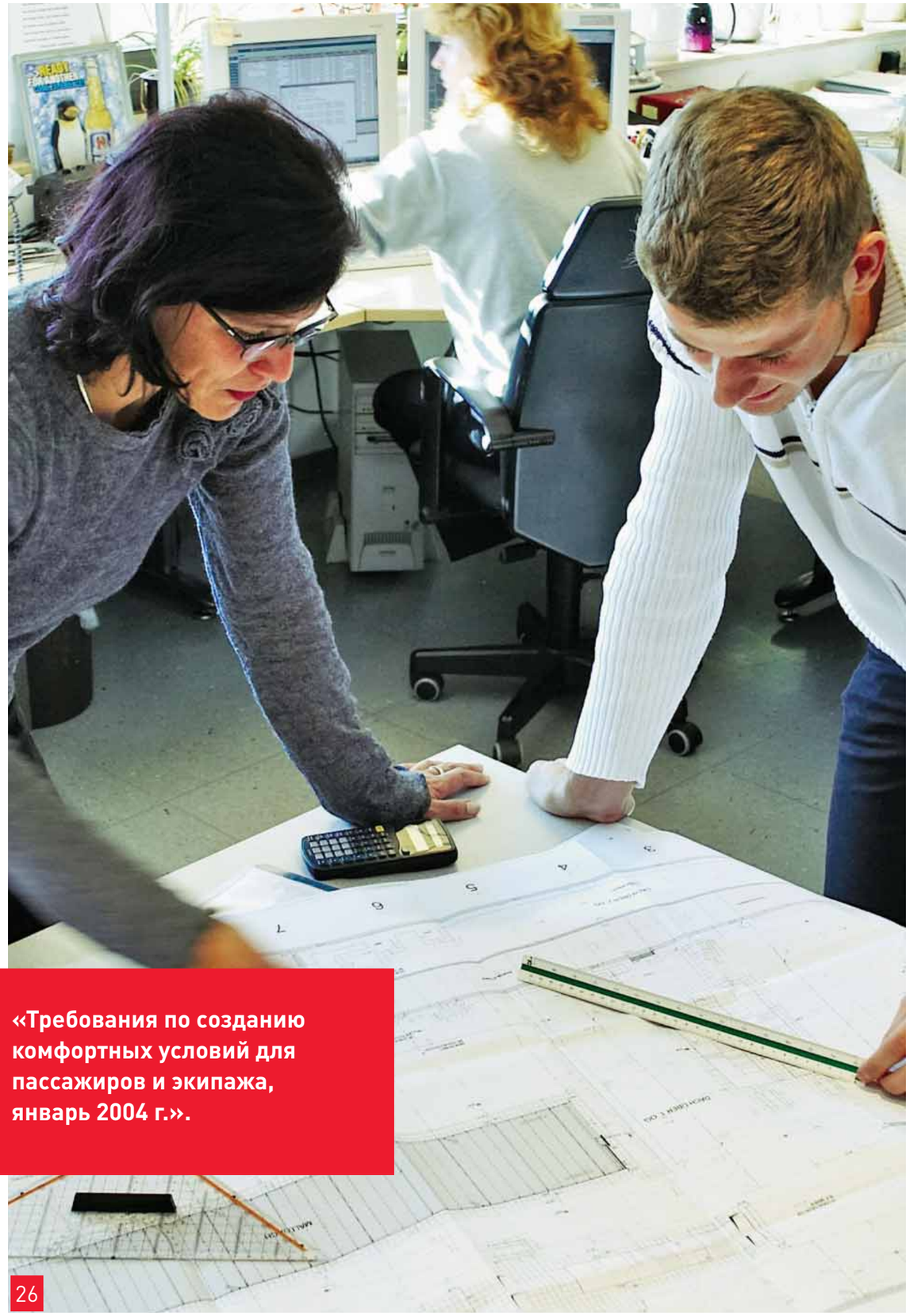
Более высокая плотность, как правило, позволяет добиться лучшей звукоизоляции, в то время как влияние на поглощение звука может быть различным.



2.5 Диаметр и ориентация волокон

Жесткость, сопротивление продуванию потоком воздуха и другие свойства, от которых зависят акустические параметры минеральной ваты, в свою очередь зависят в основном от объемной плотности, ориентации волокон, диаметра волокон, связующего вещества и возможных добавок. ROCKWOOL может варьировать эти параметры в широком диапазоне в зависимости от необходимых свойств. Даже в случае одинаковой плотности – единственного более-менее заметного для клиента свойства – два материала могут иметь совершенно различные свойства с точки зрения акустики, огнеупорности и теплопроводности.

Поэтому перед проведением акустических расчетов рекомендуется получить точные данные о фактически используемом материале.



«Требования по созданию комфортных условий для пассажиров и экипажа, январь 2004 г.».

Правила

3.0 Правила и нормативы

В общем и целом, правила и нормативы, регулирующие уровень шума на борту коммерческих судов, достаточно просты и немногочисленны. По сути, это просто набор значений в дБ(А) для различных точек на судне. Эти значения приведены в резолюции ИМО A.468(XII).

Максимальный уровень шума для различных точек:

Рабочие помещения	дБ(А)
Машинные отделения (с постоянным присутствием работников)	90
Машинные отделения (без постоянного присутствия работников)	110
Пункты управления машинными отделениями	75
Мастерские	85
Различные рабочие помещения	90

Помещения для навигации	дБ(А)
Навигационный мостик и штурманская рубка	65
Пост гидроакустика, в том числе крылья и окна навигационного мостика	70
Радиорубка (с работающим, но не издающим звуков оборудованием)	60
Радарная рубка	65

Помещения для людей	дБ(А)
Каюты, госпиталь	60
Религиозные помещения	65
Комнаты отдыха	65
Открытые зоны отдыха	75
Офисы	65

Служебные помещения	дБ(А)
Камбуз при неработающем кухонном оборудовании	75
Служебные помещения и кладовые	75

Помещения, где обычно нет людей	дБ(А)
Не указано	90

Базовые правила ИМО не описывают другие аспекты акустического комфорта. Однако в области строительства морских нефтегазопромысловых сооружений, круизных лайнеров и паромов защите от шума уделяется все больше внимания, поэтому принимаются дополнительные национальные законы и правила для классов комфорта. И конечно, владелец может предъявить собственные более строгие требования.

Ниже приведен небольшой отрывок из Регистра Ллойда.

«Требования по созданию комфортных условий для пассажиров и экипажа» (январь 2004 г.)

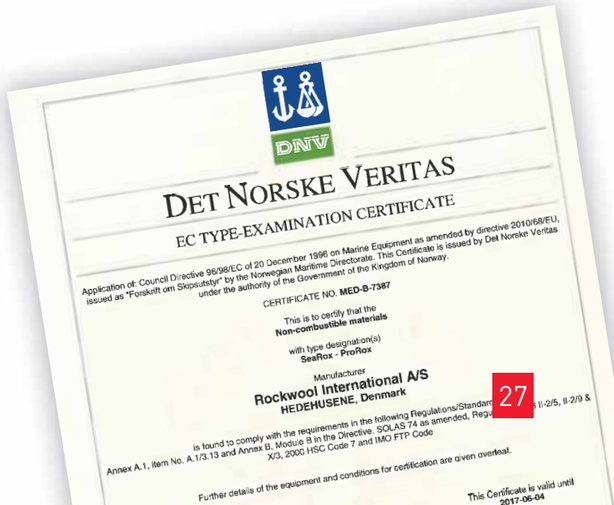
Они используют систему обозначений, отличающуюся для пассажирских помещений и помещений для экипажа, а также дополнительно предусматривающую несколько уровней.

Пассажирские суда – максимальные уровни шума в дБ(А)

Местоположение		Допустимое значение 1	2	3
Пассажирские каюты:	Стандартный	48	50	53
	Люкс	45	47	50
Публичные зоны:	За исключением	55	57	60
	Магазины	60	62	65
Открытые зоны отдыха (кроме бассейнов и т.д.)		67	72	72
Бассейны и т.д.		70	75	75

Допускается превышение на 1,5 дБ(А) в пределах 3 м от впускных/выпускных отверстий системы вентиляции или машинного отделения на открытых палубах.

Допускается превышение на 2,3 дБ(А) в помещениях над винтами в пределах 3 палуб над швартовной палубой.



DNV

DET NORSKE VERITAS

EC TYPE-EXAMINATION CERTIFICATE

Application of: Council Directive 96/98/EC of 20 December 1996 on Marine Equipment as amended by directive 2010/68/EU, issued as "Forskrift om Skipsutstyr" by the Norwegian Maritime Directorate. This Certificate is issued by Det Norske Veritas under the authority of the Government of the Kingdom of Norway.

CERTIFICATE NO. **MED-B-7387**

This is to certify that the
Non-combustible materials
with type designation(s)
Sealfox - ProRox

Manufacturer
Rockwool International A/S
HEDEHUSENE, Denmark

is found to comply with the requirements in the following Regulations/Standards: II-2/5, II-2/9 & Annex A.1, item No. A.1/3.13 and Annex B, Module B in the Directive, SOLAS 74 as amended, Reg. X/3, 2000 HSC Code 7 and IMO FTP Code

Further details of the equipment and conditions for certification are given overleaf.

This Certificate is valid until
2017-06-04

Материалы ROCKWOOL для тепло- и звукоизоляции, а также огнезащиты отлично совместимы...

Руководство по разработке решений

4.0 Общий акустический комфорт

Теория звука и создание комфортных условий на реальном судне – разные вещи.

Уменьшение уровня шума и акустический комфорт – дисциплина, требующая комплексного подхода. Она включает анализ, измерение и регулирование источников звука. Необходимо определить типы шумов и разработать системы демпфирования так, чтобы выполнить соответствующие нормативы, оставаясь в рамках бюджета.

В таких условиях особенно полезными могут оказаться решения множественного назначения. С этой точки зрения материалы ROCKWOOL имеют значительное преимущество.

Материалы ROCKWOOL для тепло- и звукоизоляции отлично совместимы.

Решения для огнезащиты и звукоизоляции ROCKWOOL также отлично подходят друг другу.

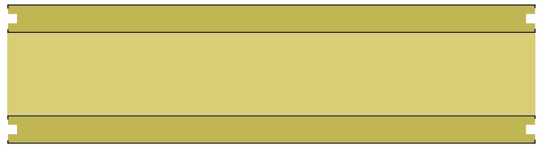
Специальные материалы ROCKWOOL, например, для судостроительных панелей, обеспечивают высочайшую производительность в сочетании с механической прочностью, огнеупорностью и звукоизоляцией. Специальные звукоизолирующие системы, в которых материалы ROCKWOOL сочетаются с другими материалами, позволяют создавать сложные решения с максимальным демпфирующим эффектом.

На последующих страницах представлены схемы некоторых источников шума и решений для защиты от них на борту судов.

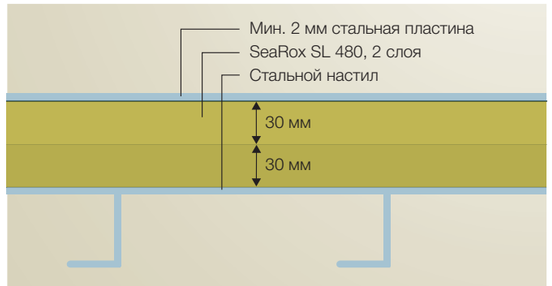
5.0 Принципы шумоизоляции / акустические решения

Акустика помещений – звукопоглощающие поверхности
Необходимо уменьшить время реверберации и отражение звука. Необходимо с осторожностью относиться к конструкциям, фокусирующим шум, то есть к вогнутым поверхностям. Отделите источники звука друг от друга при помощи экранов.

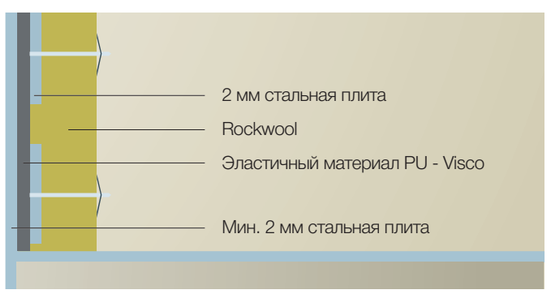
Изоляция воздушного шума – двухслойные конструкции
При возможности используйте двухслойные конструкции с поглощением в зазорах (оптимальная толщина >100...200 мм для достижения нижней f_0 < 50...100 Гц). На практике необходимые значения достигаются при толщине 50–150 мм. По возможности избегайте звуковых мостов между твердыми слоями.

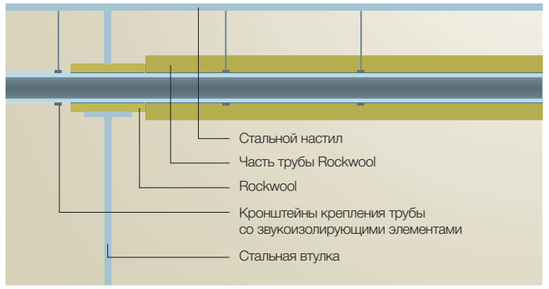


Конструкции с плавающим полом
Конструкции с плавающим полом с упругим слоем материала ROCKWOOL улучшают изоляцию воздушного шума, а также ударного и структурного шума. Прочность на сжатие и динамическая жесткость материалов должна соответствовать требованиям по механической нагрузке на пол.

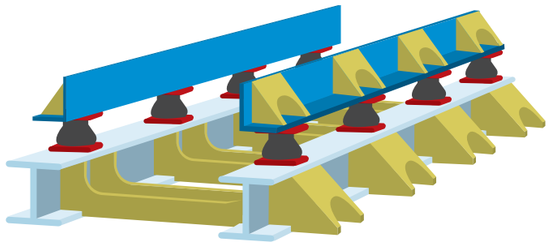


Материалы с высоким коэффициентом внутреннего демпфирования
Для судостроения разрабатываются специальные сендвич-материалы со встроенными вискоэластичными слоями.

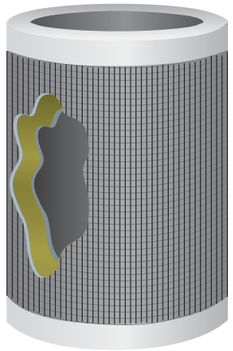




Упругие конструкции между элементами
По возможности следует использовать упругие соединения между элементами конструкции, что позволит уменьшить передачу звука. Трубы и их крепления, кабелепроводы и т.д. могут передавать сильную вибрацию на значительные расстояния.



Упругое крепление оборудования
Настоятельно рекомендуется для снижения шума. Все вращающиеся и вибрирующие части должны быть установлены на упругие опоры.



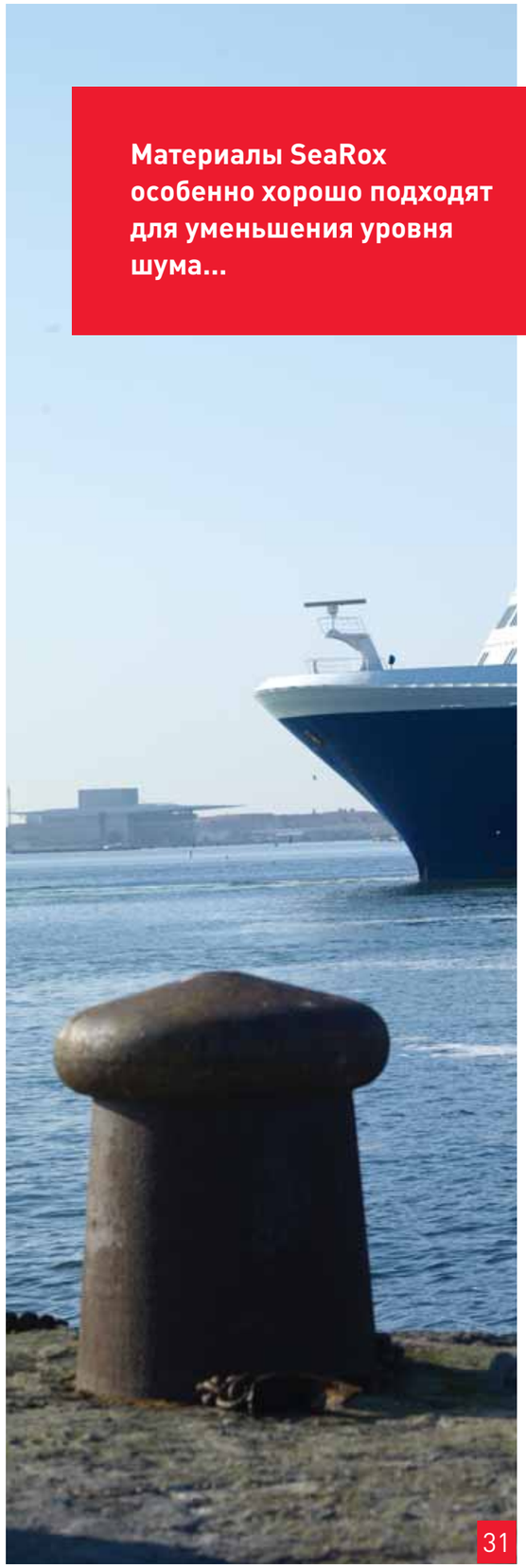
Глушители в вентиляционных шахтах
Вентиляционные шахты следует укомплектовать необходимыми глушителями. Это позволит не только устранить шум от самих вентиляционных установок, но и уменьшить передачу шума по вентиляционным каналам от других источников шума на судне (например, из машинного отделения в каюты).

6.0 Примеры решений ROCKWOOL

Ниже приведен список типичных решений с использованием материалов ROCKWOOL. Материалы ROCKWOOL особенно хорошо подходят для уменьшения уровня шума. Некоторые варианты использования:

- Пассивные огнезащитные конструкции. Эти решения ROCKWOOL дополнительно снижают уровень шума.
- Судостроительные панели – сендвич-панели с наполнителем ROCKWOOL.
- Конструкции с плавающим полом.
- Судостроительные потолочные системы.
- Специальные «открытые» материалы ROCKWOOL, используемые для поглощения звука.
- Теплоизоляционные материалы ROCKWOOL, покрытые стеклотканью для визуального эффекта и отлично поглощающие/уменьшающие шум.
- Специальные звукопоглощающие кассеты с наполнителем из материала ROCKWOOL и перфорированным стальным корпусом.
- Капсульные системы. Шумопоглощающие корпуса с внутренним покрытием из плит ROCKWOOL SeaRox Slab для полного закрытия шумного двигателя, компрессора или другого оборудования.
- Наполнитель ROCKWOOL для отверстий в переборках/палубах для кабелей, труб и т.д.
- Глушители на заборных отверстиях вентиляторов.
- Реактивные/поглощающие глушители. Резонансные демпферы в дымоходах.
- Демпфирование шумов определенной частоты плитами ROCKWOOL SeaRox Slab, размещенными на точно рассчитанном расстоянии от переборки.
- Поглощающие материалы ROCKWOOL, покрытые акустической пленкой SeaRox Acoustic Foil, позволяющей энергии проходить внутрь материала ROCKWOOL и одновременно выполняющей роль пароизоляции для защиты от масла и воды.
- Комбинированные решения, в которых материалы ROCKWOOL поглощают/уменьшают шум высокой частоты, а системы из полиуретановой резины и тонких стальных листов, кассет и т.д. демпфируют низкие частоты.
- Комбинированные решения ROCKWOOL с плавающим полом, вибропоглощающими опорами, инкапсуляцией и т.д.
- Шум от передачи жидкостей по трубам и клапанам изолируется секциями для труб ROCKWOOL и армированными матами ROCKWOOL SeaRox Wired Mat.

Материалы SeaRox особенно хорошо подходят для уменьшения уровня шума...



7.0 Шумоизоляция – обзор судна

Открытая рабочая палуба

Источники: *швартовные лебедки, краны, мойки высокого давления, грузовые лебедки, входные и выходные отверстия вентиляции, выхлопные трубы, шум жидкостей в трубах, погодный шум.*

Решения: *вибропоглощающие опоры, инкапсуляция, изоляция отсеков труб, конструкция оборудования, отражающие перегородки для вентиляции, поглощающие плиты. Это сложная область, однако она очень важна, особенно для морских нефтегазопромысловых сооружений, плавучих нефтекомплексов, специальных строительных судов, кабелеукладчиков и т.д.*

Мостик

Источники: *структурный шум, внешний шум, шум электронного оборудования на мостике.*

Решения: *Плавающий пол (в сочетании с огнезащитой), судостроительные панели, звукопоглощающие потолочные системы. Необходимо снизить утомляемость дежурного персонала. Также важно обеспечить беспрепятственное общение экипажа. Нормативы ИМО устанавливают предельное значение в 65 дБ(А).*

Помещение высокого давления

Источники: *Системы вентиляции и кондиционирования воздуха, обычно с высокочастотным шумом.*

Решения: *Вибропоглощающие опоры, плавающий пол для оборудования, инкапсуляция с необходимой теплоизоляцией, отражательные системы, регулирующие скорость потока воздуха. Проблема таких помещений в том, что они часто размещаются в жилых зонах, и для защиты соседних кают необходим более высокий уровень звукоизоляции.*

Дискотека

Источники: *Область с высоким уровнем шума и большой низкочастотной составляющей. Эту область совершенно необходимо хорошо изолировать, чтобы она не мешала пассажирам в других помещениях.*

Решения: *Системы с плавающим полом, звукоизоляционная плита на всех переборках и палубе, звукопоглощающие панели и потолки.*

Впускная система

Источники: *На всех кораблях используются мощные системы вентиляции машинных отделений и жилых отсеков. Впуск таких систем вентиляции часто создает много шума со специфической пиковой частотой.*

Решения: *Демпферы впуска с поглощающим наполнителем, конструкция лопастей и креплений вентиляторов.*

Выхлопные системы / выпуск воздуха

Источники: *Низкочастотный резонансный шум в гармонии с вращением двигателей.*

Решения: *Электронные системы управления двигателями, реактивные/поглощающие системы, глушители в выхлопной системе. В зонах отдыха, если не предпринимать необходимых мер, может возникать сильный шум. На коммерческих судах эту проблему часто игнорируют, что создает сильный дискомфорт для экипажей. На круизных лайнерах надлежащая звукоизоляция этой области является необходимой.*

Открытые зоны отдыха

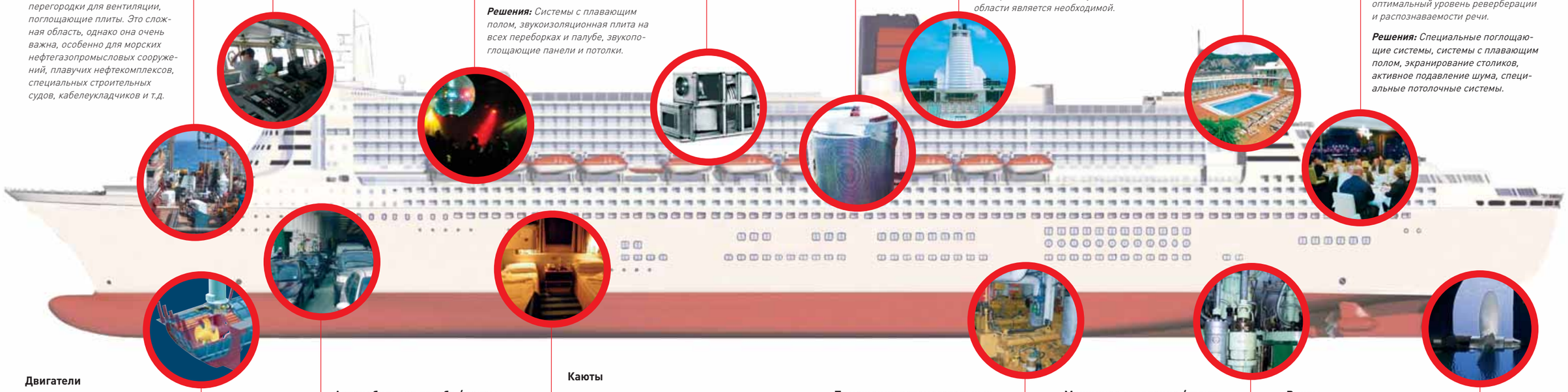
Источники: *Структурный шум, выхлопные трубы, люди, системы вентиляции.*

Решения: *Системы с плавающим полом, экранирование, специальные решения для вентиляции и выхлопных труб. Находясь на отрытой палубе круизного лайнера, хочется слышать только шум моря, что возможно только при надлежащей шумоизоляции всего судна.*

Рестораны

Источники: *Акустический комфорт в ресторанах, особенно на больших круизных судах, имеет огромное значение. Пассажиры хотят обедать и ужинать в комфортных условиях, что требует изоляции всех внешних шумов, изоляции шумов в самом помещении, однако в то же время обеспечения комфортного общения людей между собой. Необходимо обеспечить оптимальный уровень реверберации и распознаваемости речи.*

Решения: *Специальные поглощающие системы, системы с плавающим полом, экранирование столиков, активное подавление шума, специальные потолочные системы.*



Двигатели

Источники: *Сильный структурный шум. На некоторых видах судов двигатели являются основным источником шума.*

Решения: *В основном, оптимальная конструкция двигателей, однако использование плавающего пола на всех палубах и хорошая инкапсуляция машинного отделения помогают значительно уменьшить шум в жилых отсеках.*

Автомобильная палуба / закрытая рабочая палуба

Источники: *Системы вентиляции, гидравлическое оборудование, лебедки, подъемники.*

Решения: *Отражающие перегородки в системе вентиляции, поглощающие системы, инкапсуляция, вибропоглощающие опоры, огнезащитная изоляция. Часто сравнивают с большим цехом. Акустические свойства большого помещения с твердыми стенами и высоким уровнем шума еще больше ухудшаются за счет большого времени реверберации.*

Каюты

Источники: *Структурный шум, шум от людей, ударный шум, система вентиляции.*

Решения: *Системы с плавающим полом, судостроительные панели (тип зависит от требований), отражающие перегородки в системе вентиляции, поглощающие потолочные системы. Для коммерческих судов уровни шума задаются нормативами ИМО, однако в жилых отсеках нефтедобывающих платформ и круизных лайнеров применяются намного более строгие требования. Помимо уровней дБ(А) нормируется ударный шум, слышимость речи, время реверберации и шумы с чистыми тонами.*

Помещения вспомогательных двигателей

Источники: *Часто быстро вращающееся оборудование; вспомогательные двигатели, компрессоры, гидравлическое оборудование, шум жидкостей в трубах.*

Решения: *Вибропоглощающие опоры, инкапсуляция, поглощающие системы, огнезащитная изоляция в качестве звукоизоляции, изоляция отрезков труб. Зоны с оборудованием, издающим высокочастотный шум, который эффективно уменьшается при помощи материалов ROCKWOOL.*

Машинное отделение / пункт управления

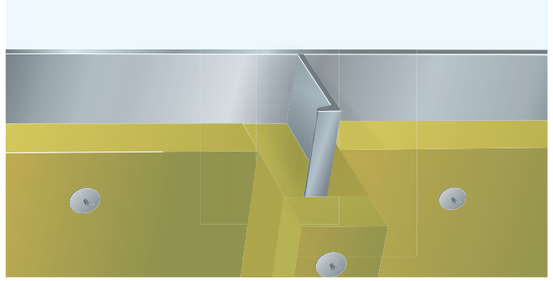
Источники: *Основной двигатель.*

Решения: *Использование огнезащиты, которую необходимо устанавливать для изоляции машинного отделения от остального судна, система с плавающим полом над машинным отделением, поглощающие системы для увеличения комфорта в машинном отделении, система на основе акустической пленки SeaRox Acoustic Foil.*

Винты

Источники: *Вибрация в гармонии с вращением винтов отражается в корпус. Кавитация на винтах.*

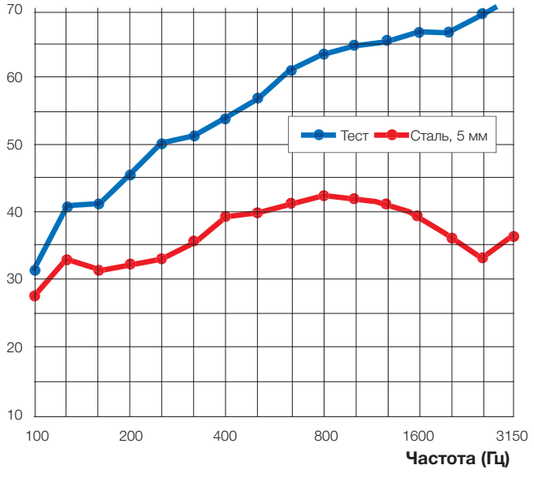
Решения: *Ведутся серьезные исследования в области новых бесшумных движителей (в основном для суперяхт). Инъекция воздуха над винтом может эффективно уменьшить передачу шума, вызванного кавитацией, в корпус. Внутри корпуса можно использовать поглощающий материал в пустотах вокруг дейдвудной трубы и руля.*



Пример с палубой A-60, материалом 40/40 мм SeaRox SL 640 с зашивкой 1-мм стальным листом

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	31,0	27,0
125	40,6	32,7
160	41,1	31,3
200	45,4	32,0
250	50,2	32,8
315	51,0	35,4
400	53,8	39,1
500	56,9	39,5
630	61,1	40,9
800	63,5	42,1
1000	64,8	41,7
1250	65,4	41,3
1600	66,6	39,2
2000	66,8	35,8
2500	69,5	32,7
3150	71,4	36,0
R_w	58	39
C	-2	-2

Потери при передаче звука - R (дБ)



8.0 Пассивные огнезащитные конструкции

Пассивные огнезащитные конструкции могут использоваться для шумоизоляции. При установке огнезащитных конструкций шумоизоляция является полезным побочным эффектом. В приложении I на стр. 59 показаны примеры конструкций, продемонстрировавших звукоизолирующие свойства в процессе испытаний.

Данные измерений можно найти на нашем сайте www.rockwool-searox.ru

Как показывают испытания, огнезащитные конструкции обладают сильным шумоизолирующим эффектом. Поэтому при проектировании необходим комплексный подход.

Установка огнезащитных систем ROCKWOOL дает ряд преимуществ, поскольку позволяет сочетать обязательную огнезащиту с необходимой звукоизоляцией без больших дополнительных расходов. Таким образом, решение ROCKWOOL будет намного более экономичным. На сайте и в Приложении I на стр. 47 приведены полные результаты измерений.

Выбирая из широкого ассортимента продукции ROCKWOOL систему огнезащиты со звукоизоляционными свойствами, выбирайте следующие материалы:

Переборка A-60; 2x30/30 мм SeaRox SL 640 или
Палуба A-60; 40/40 мм SeaRox SL 640

Звукоизоляцию переборок можно улучшить, установив стальной лист перед слоем изоляции. При этом важно обеспечить минимальное соединение между стальным листом и переборкой/палубой, что позволит передавать как можно меньше звуков. Для этого хорошо подходят гибкие рамки, а все края и соединения необходимо обработать гибким герметиком.

При разработке огнезащитных материалов (например, SeaRox SL 640) закладывается ряд параметров. Безусловно, волокна должны иметь правильный состав и структуру, позволяющую выдерживать огонь. Однако параллельно инженеры исследовали оптимальные возможности для использования материала и для звукоизоляции.

В большинстве случаев, чем больше плотность минеральной ваты, тем лучшей звукоизоляцией она обладает.

Однако свойства материалов ROCKWOOL, а также комбинированных решений, в некоторых случаях опровергают это правило. Как показывают многочисленные исследования, решения на базе SeaRox SL 640 часто оказываются наилучшими с точки зрения шумопонижения.

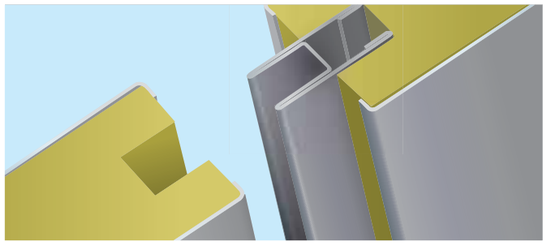
SOLAS требует покрытия огнезащиты в машинных отделениях маслостойкой фольгой или установки стального листа, что обеспечивает отличную звукоизоляцию, однако является не лучшим решением для поглощения звука внутри самого машинного отделения.

Оптимальным решением для переборок A-60 будет установка SeaRox SL 640, покрытого неплотно закрепленной тонкой (< 19 мкм) акустической пленкой SeaRox Acoustic Foil, а затем перфорированным листом (отверстия > 25% площади) для механической защиты (см. стр. 41).

Если прямо над машинным отделением расположены каюты, важно обеспечить покрытие всей изоляции, а также по возможности использование системы монтажа с вибропоглощающими опорами. Хорошей звукоизоляции палубы от нижних кают недостаточно, поскольку воздушный шум будет передаваться в переборку и превращаться в структурный шум (боковое распространение). Следовательно, необходимо также обеспечить изоляцию переборки.

Фотография испытаний переборки A-60 с 2 x 30/30 мм SeaRox SL 640 + 19-мкм акустическая пленка SeaRox Acoustic Foil + перфорированный стальной лист 1 мм (система SeaRox Acoustic Foil)

Как показывают многочисленные исследования, решения на базе SeaRox SL 640 часто оказываются одними из лучших с точки зрения шумопонижения.

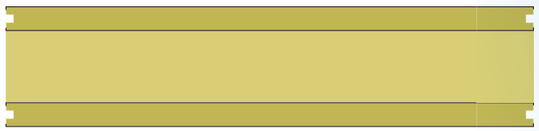


Стандартная 25-мм панель. Обычно листовая сталь толщиной 0,8 мм с каждой стороны и, например, ламельных матов ROCKWOOL SeaRox плотностью 160 кг/м³ в качестве сердцевины.

Rw обычно будет в пределах 30-38 дБ. Это не так много для систем шумоизоляции, но все же впечатляющий результат для такой тонкой конструкции.

Шумоизолирующая панель 50 мм. Шумоизоляция на базе простой однослойной панели. Воздушный зазор внутри панели позволяет добиться намного большей звукоизоляции.

Это более сложная конструкция, однако даже одна панель толщиной 50 мм позволяет добиться Rw 42-50 дБ. Как показывают исследования, оптимальный зазор для звукоизоляции – 3 мм. Зазор может варьироваться, если необходима изоляция определенных частот.



Для максимально эффективной изоляции необходимо использовать систему с двумя панелями.

Варьирование расстояния между панелями также позволяет более эффективно гасить звуки определенных частот.

Пространство между двумя панелями рекомендуется заполнить материалом ROCKWOOL меньшей плотности (например, SeaRox SL 740), что не позволит образоваться стоячим волнам.

В зависимости от типа панелей, расстояния между ними и наполнителями можно добиться значения Rw 48-70 дБ.

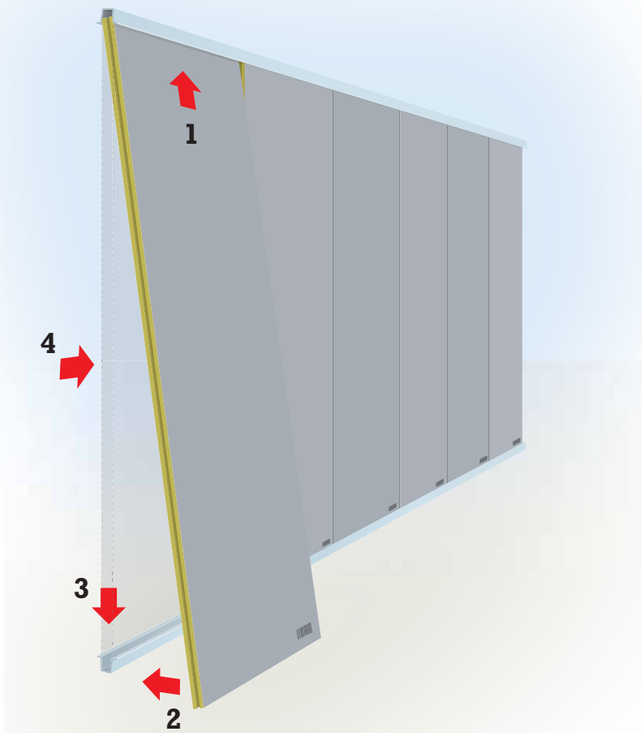
9.0 Панели для судостроения

ROCKWOOL – мировой лидер в области поставок материалов производителям различных панелей для судостроения.

Судостроительная сендвич-панель – популярный строительный материал для жилых отсеков, где необходима огнезащита класса B-15 / B-30 и звукоизоляция между каютами, салонами, общественными зонами и т.д. Широкий ассортимент материалов ROCKWOOL SeaRox Slab обеспечивает высокий уровень огнезащиты, механической прочности и шумоизоляции, обладая при этом небольшим весом.

Конструкция судостроительных панелей позволяет создавать различные решения. Так же, как в случае огнезащиты, необходимо уделять особое внимание соединениям и краям, так как неудачная конструкция может привести к проникновению звуков.

Как видно из результатов испытаний, приведенных на стр. 57 в Приложении I, ROCKWOOL удалось добиться снижения шума путем сочетания системы огнезащиты A-30 и стандартной 25-мм панели. Достигнуто значение Rw = 62 дБ.



10.0 Конструкции с плавающим полом

ROCKWOOL предлагает две специализированные и одобренные конструкции с плавающим полом для огнезащиты палуб класса A-60. Эти решения часто используются там, где необходимо также обеспечить звукоизоляцию. Как говорилось выше, плавающий пол очень эффективен для защиты от структурного шума путем либо изоляции источника звука, либо значительного снижения шума, приходящего из соседних помещений.

Материал SeaRox SL 436 используется для полов с нормальной нагрузкой в жилых отсеках, однако данный материал рассчитан на максимальное поглощение шума и вибрации. Материал SeaRox SL 480 предназначен для полов общего назначения с нормальной и высокой нагрузкой.

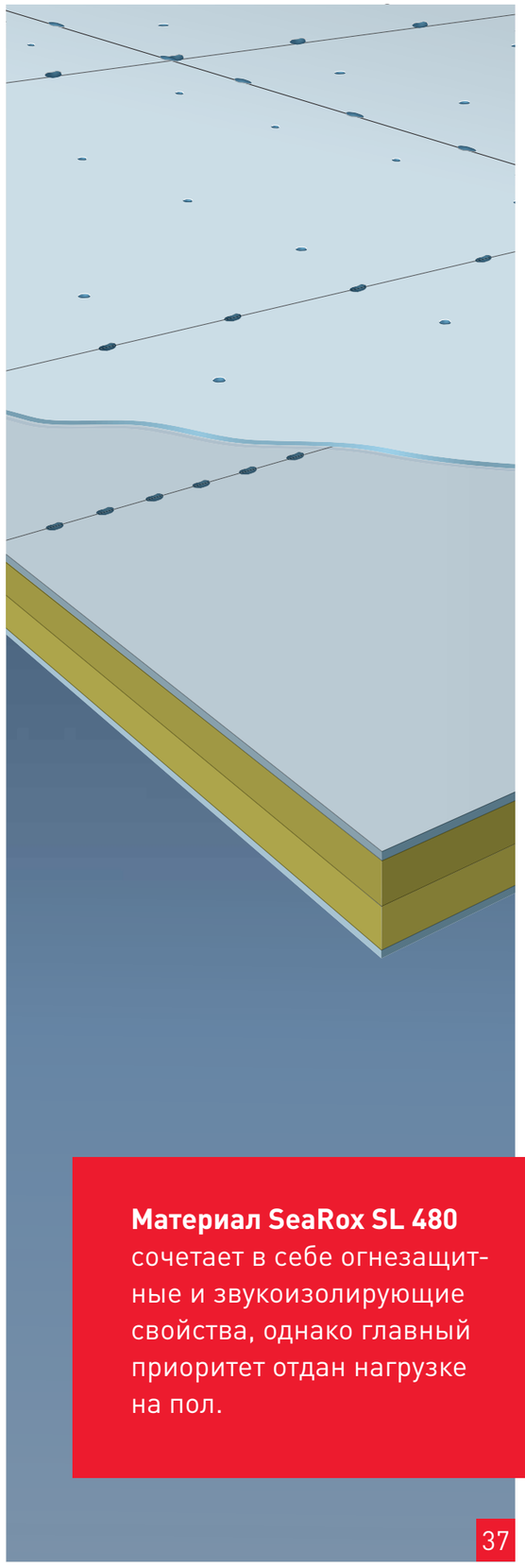
Как описано в теоретическом разделе, динамическая жесткость сердцевины пола имеет большое значение и должна быть минимальной. Однако из-за нагрузок на пол также важно использовать материал с пространственной стабильностью и достаточно высокой прочностью на сжатие. Материал SeaRox SL 436 оптимально сочетает в себе эти характеристики, а также подходит для создания систем огнезащиты (палуба A-60).

Исследования специалистов ROCKWOOL позволили создать решения с плавающим полом, оптимизированные для различных задач. Методы производства материалов позволяют добиться заданных параметров.

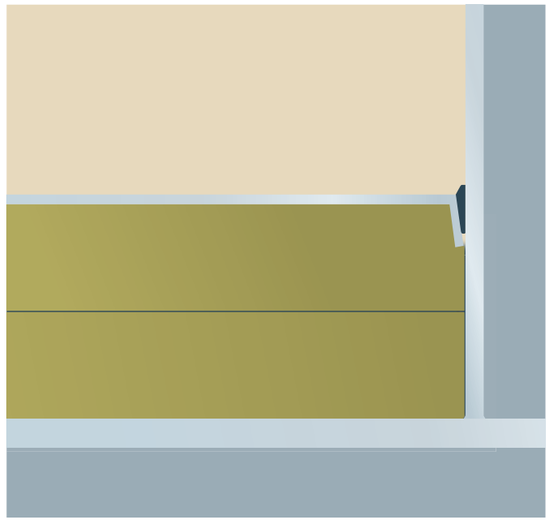
Материал SeaRox SL 436 обладает минимальной динамической жесткостью и наилучшей звукоизоляцией, однако выдерживает достаточную нагрузку для использования в жилых отсеках, и при этом обладает классом огнезащиты A-60.

Структура волокон и методы производства этих двух материалов значительно различаются.

При производстве плавающих полов крайне важно обеспечить отсутствие жесткого соединения верхнего слоя пола со стальной структурой.

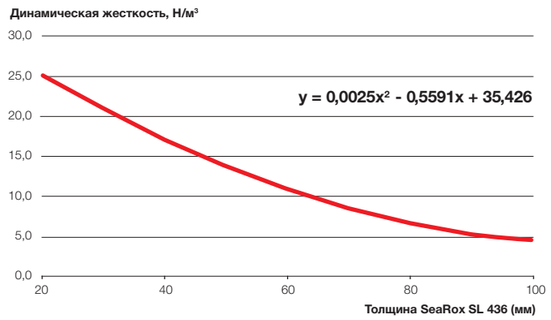


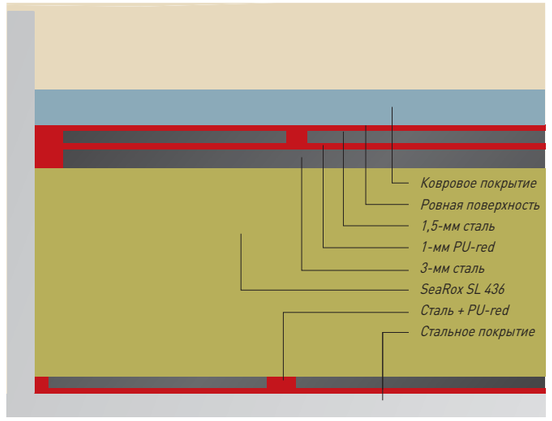
Материал SeaRox SL 480 сочетает в себе огнезащитные и звукоизолирующие свойства, однако главный приоритет отдан нагрузке на пол.



Чаще всего для устройства плавающих полов используется SeaRox SL 436. Материал производится в соответствии с заданным значением динамической жесткости и статической жесткости (то есть прочности на сжатие). На графике ниже показано отношение динамической жесткости и толщины.

SeaRox SL 436:

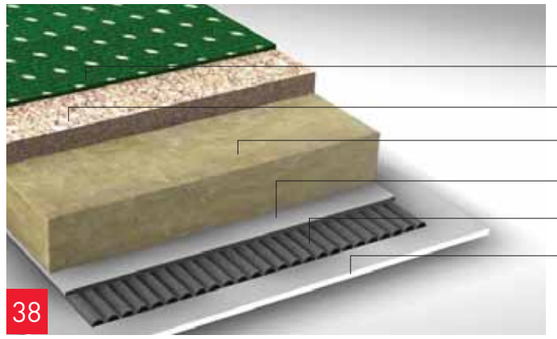




ROCKWOOL является предпочтительным поставщиком многих компаний, специализирующихся на устройстве полов в судостроении. Эти компании создают сложные решения для эффективной изоляции шумов всех частот.

Сталь PK/90 – Сталь Litosilo, Sika Cufadan

- Класс A60 с 30 + 40 мм изоляции ROCKWOOL
- Общая высота: 78 мм
- Разравнивание перед укладкой ковра или линолеума
- Наилучшее решение для шумоизоляции и уменьшения структурных шумов



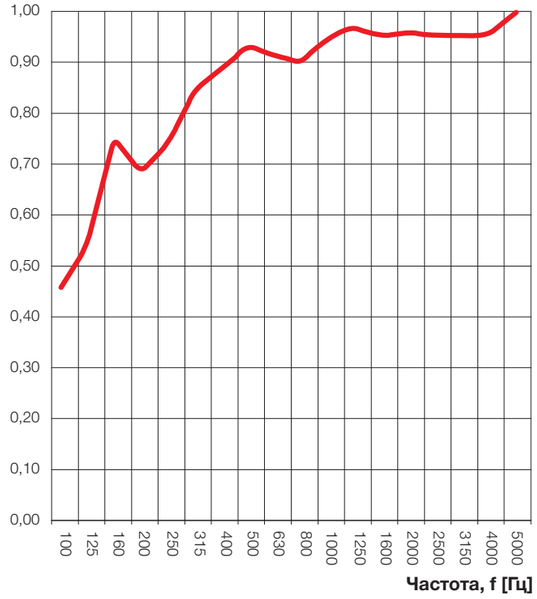
Tefrolith®M, GTF Freese

Финишное покрытие пола
Слой распределения нагрузки
SeaRox SL 436, 30 мм
Стальная плита
Tefrotex wiscoelastic
Стальное покрытие

Поглощение: 2x50 мм SeaRox SL 340

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,46	
125	0,54	0,60
160	0,75	
200	0,68	
250	0,74	0,75
315	0,84	
400	0,88	
500	0,93	0,90
630	0,91	
800	0,90	
1000	0,95	0,95
1250	0,96	
1600	0,95	
2000	0,96	0,95
2500	0,95	
3150	0,95	
4000	0,95	0,95
5000	0,99	

Коэффициент звукопоглощения



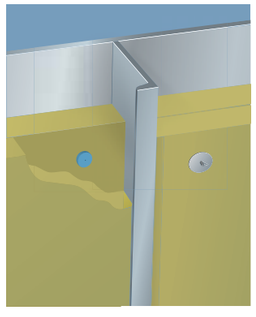
11.0 Абсорбирующие системы

Во многих областях установка абсорбирующих систем позволяет значительно снизить уровень шума в помещении, а также время реверберации.

Это позволяет добиться акустического комфорта даже в помещениях с относительно высоким уровнем шума, что уменьшит утомляемость экипажа и облегчит общение людей между собой.

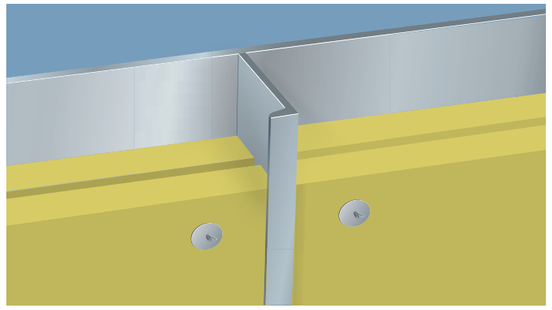
Проще и эффективнее всего для этого установить открытый материал SeaRox SL 340, где это возможно, прямо поверх переборок и палуб с использованием стандартных шпилек и шайб. Минимальная толщина – 50 мм (рекомендуется 2 x 50 мм). В теории необходимо стремиться к толщине, равной 1/4 длины волны звука, который необходимо поглотить, однако это не всегда возможно. Изоляция толщиной 100 мм позволяет добиться очень хорошего результата.

Как показали исследования и измерения, SeaRox SL 340 – отличный компромисс веса и звукоизоляционных свойств. Для достижения максимального результата рекомендуется использовать два слоя с зазором в 5–15 мм между ними. Это значительно увеличивает эффективность шумопонижения и поглощения.



Поглощение:
2 x 50 SeaRox SL 340

2 x 50 мм SeaRox SL 340
при проверке поглощения

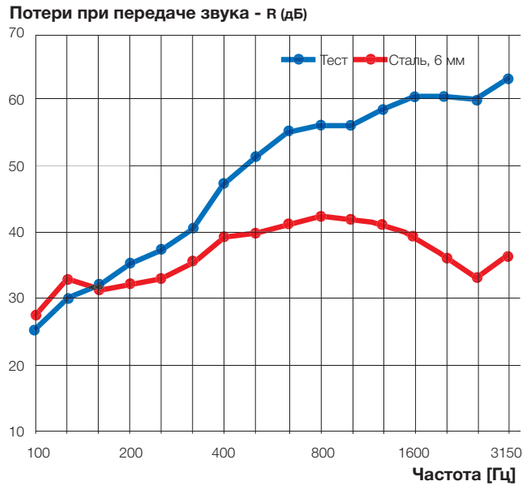


Уменьшение уровня шума 2 x 50 SeaRox SL 340 с зазором

2 x 50 мм ROCKWOOL SeaRox SL 340 с 10-мм зазором при проверке уменьшения уровня шума

Снижение уровня звука: 2 x 50 мм SeaRox SL 340 с зазором

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	25,4	27,0
125	30,1	32,7
160	32,1	31,3
200	35,1	32,0
250	37,2	32,8
315	40,4	35,4
400	47,1	39,1
500	51,2	39,5
630	54,9	40,9
800	55,8	42,1
1000	56,0	41,7
1250	58,3	41,3
1600	60,1	39,2
2000	60,2	35,8
2500	59,6	32,7
3150	62,9	36,0
R_w	49	39
C	-2	-2



12.0 Система SeaRox Acoustic Foil

Области, в которых требовалось совместить в одном решении огнезащиту, шумоизоляцию, стойкость к маслу/масляному туману и механическую прочность, ранее всегда представляли большую проблему. Теперь ROCKWOOL может предложить идеальное решение.

Традиционные решения для изоляции с покрытием из алюминиевой фольги или листовой стали хорошо защищают от огня и масла, однако эти покрытия, к сожалению, ухудшают шумопонижающие свойства материалов.

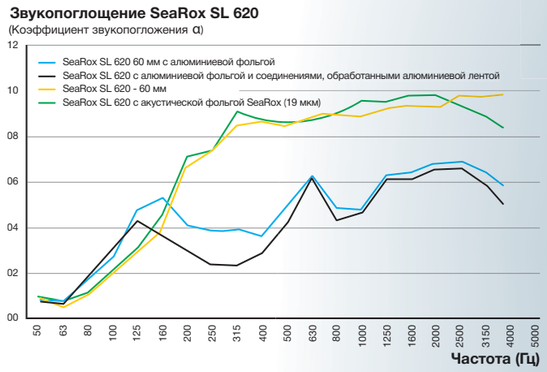
Использование системы SeaRox Acoustic Foil не нарушает акустических свойств материалов SeaRox.

Материал SeaRox Acoustic Foil – это очень прочная и тонкая пленка, стойкая к маслу/масляному туману, воде и другим веществам, используемым в машинном отделении.

Пленка (которой покрывается минеральная вата, перед тем как наверх укладываются перфорированные стальные листы) испытана на поверхностную горючесть в соответствии с резолюцией ИМО MSC.61(67), прил. 1 часть 5 и резолюцией ИМО 653(16) Датским институтом противопожарных технологий. Материал полностью соответствует требованиям SOLAS.

Для достижения оптимальных звукоизоляционных свойств пленка не должна плотно прилегать к изоляции; лучше всего обеспечить небольшой зазор между пленкой и слоем изоляции.

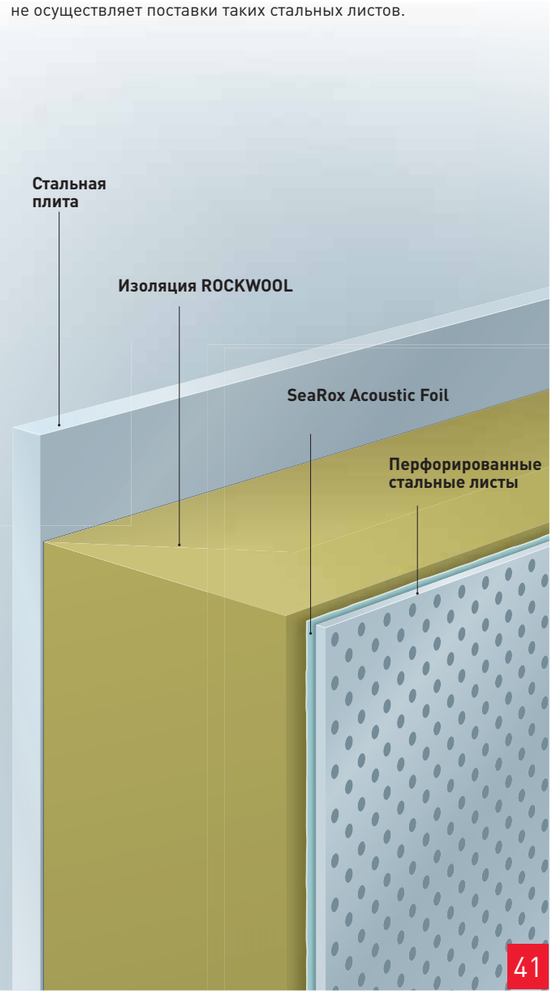
Документально подтвержденные звукоизоляционные свойства
Проведенные испытания звукоизоляционных свойств системы подтвердили ее уникальные акустические характеристики.



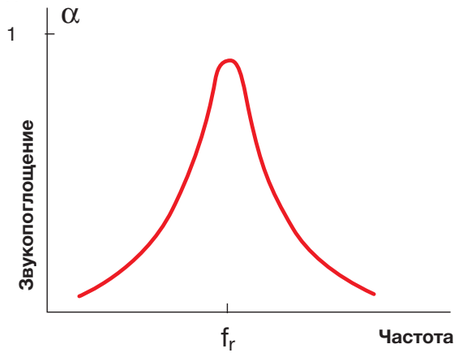
Простота монтажа
Материал SeaRox Acoustic Foil не следует закреплять непосредственно поверх изоляции. Необходимо обеспечить небольшой зазор между пленкой и изоляцией. Для этого она либо оборачивается вокруг плит, либо закрепляется на шпильках, которыми вата крепится к основе.

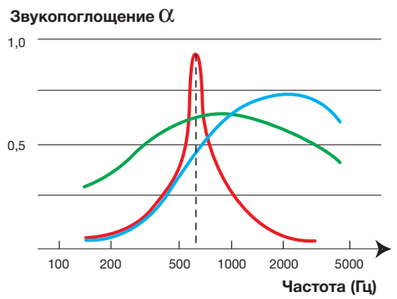
Пленка должна выступать за края плиты не менее чем на 100 мм. Несмотря на высокую прочность пленки, в некоторых случаях рекомендуется усилить ее клейкой лентой вокруг отверстий, образованных при установке. Акустическую пленку SeaRox Acoustic Foil можно сочетать с любыми одобренными системами огнезащиты или обычной теплоизоляцией SeaRox.

Решение испытывалось как система, включающая перфорированные стальные листы, однако ROCKWOOL не осуществляет поставки таких стальных листов.



Кривая звукопоглощения для резонансного поглотителя





Пример кривой звукопоглощения:
- Резонансный поглотитель, f_r = 860 Гц
- Комбинация резонансного и пористого поглотителей
- Только пористый поглотитель

p = Процент перфорации

h = Расстояние от переборки/палубы до перфорированной пластины, м

s = Толщина пластины, м

d = Диаметр перфорации, м

В зонах, где важен привлекательный внешний вид поверхностей, рекомендуется использовать материалы ROCKWOOL с покрытием из стеклоткани. Такой вариант отлично подходит для сочетания решений. К примеру, использование материалов ROCKWOOL для теплоизоляции хранилищ также обеспечит их звукоизоляцию от соседних помещений.

Коэффициент поглощения звука изменяется в зависимости от типа стеклоткани. Тонкие виды с открытым плетением минимально снижают поглощение. Толстые ткани с плотным плетением снижают поглощение на 30–50% по сравнению с открытым материалом ROCKWOOL. В случае, когда необходимо обеспечить максимальное поглощение, стеклоткань нельзя красить. Таким образом, всегда необходимо находить компромисс между механической прочностью и поглощением.

Результаты измерений приводятся на стр. 47 в Приложении I и на нашем веб-сайте www.rockwool-searox.ru

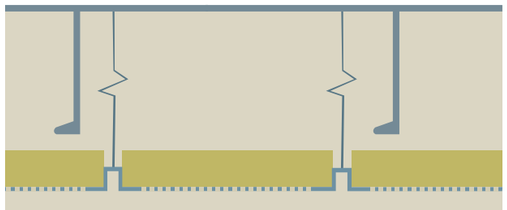
13.0 Специальные абсорбирующие системы

В зонах, где шумоизоляция еще более важна, необходимо использовать специальные поглотители. При этом можно учесть резонансные частоты. Базовый принцип – смонтировать материал SeaRox Slab на рассчитанном расстоянии от переборки/палубы. Это позволит сочетать пористые и резонансные поглотители.

Приведенная ниже формула позволяет рассчитать резонансные частоты f_r:

$$f_r = 5{,}5 \sqrt{\frac{P}{h\,(s + 0{,}8 \cdot d)}} \text{ Гц}$$

Существует возможность увеличить поглощение очень низких частот, достичь более ровной кривой поглощения с рассчитанной пиковой частотой. Такая система может быть рассчитана на частоту наиболее интенсивного шума, издаваемого оборудованием. Система может состоять из плит ROCKWOOL SeaRox Slab и перфорированных стальных листов, расположенных на рассчитанном расстоянии.

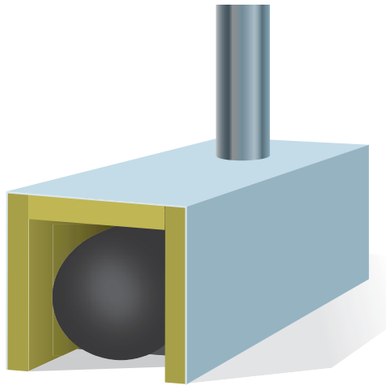


Система подвесного потолка с перфорированными листами

При необходимости между перфорированной сталью и материалом SeaRox можно поместить мембрану, однако необходимо соблюдать особую осторожность, чтобы мембрана не мешала прохождению звуковой энергии. Приклеивать алюминиевую фольгу к материалу ROCKWOOL – не лучшее решение. В качестве мембраны необходимо использовать легкую неплотную пленку открытого типа.

Также можно приобрести готовые поглощающие кассеты с системой крепления от нескольких поставщиков. В них также будет использован негорючий наполнитель ROCKWOOL.

Такие же решения предлагают производители потолочных систем, также активно использующие материалы ROCKWOOL.

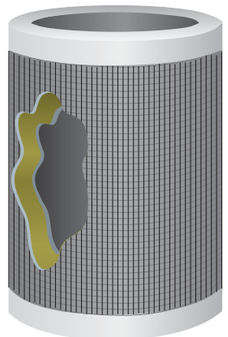


14.0 Инкапсуляция

В шумных зонах, где экипажу приходится находиться ежедневно, шумопонижение может быть затруднено, так как источники шума находятся прямо в рабочей зоне.

В данном случае наиболее эффективным решением будет инкапсуляция источника шума. Источник шума (двигатель, компрессор, насос, вентилятор и т.д.) заключается в корпус из стальных или алюминиевых листов, отделанных изнутри материалом SeaRox.

В зависимости от риска внутреннего загрязнения, а также частоты обслуживания, может потребоваться механическая защита материала SeaRox.



15.0 Устройство шумоподавления для систем вентиляции

Заборные отверстия системы вентиляции часто являются источником сильного резонансного шума. Минимальная мера по уменьшению уровня шума в этом случае – установка на заборное отверстие глушителя в виде открытого цилиндра из перфорированной стали с наполнением из материала SeaRox.

Выпускные отверстия также могут создавать нежелательный шум, который уменьшается при помощи специальных отражательных систем.

Такие системы поставляют различные компании.

16.0 Комбинированные решения

Чаще всего наилучший результат достигается при сочетании нескольких методов шумопонижения.

Хороший пример – приваренные поглощающие кассеты для низкочастотного шума в структуре и изоляция SeaRox, покрывающая остальную переборку и защищающая от высокочастотного шума.

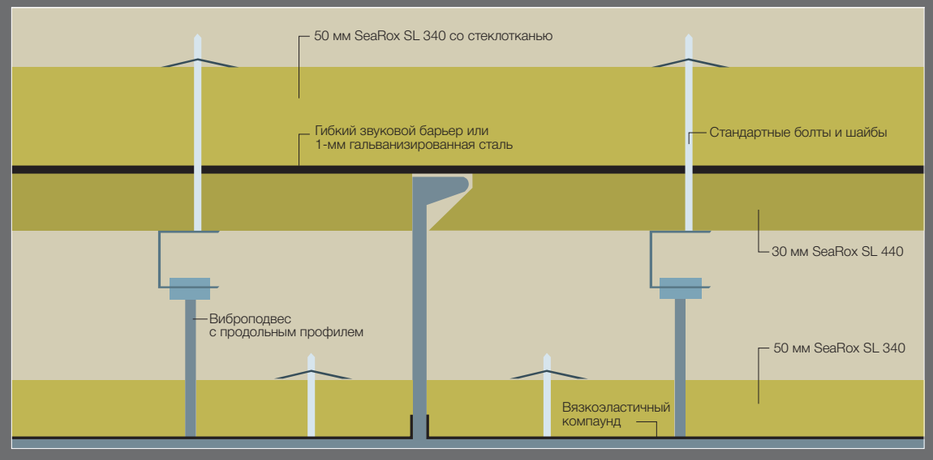
Если затем эту конструкцию покрыть тонким стальным листом, гибко закрепленным на переборке, получится идеальная система для звукоизоляции переборки и уменьшения структурного шума.

Еще один хороший пример комбинированного решения – уменьшение структурного шума путем нанесения на переборку или палубу огнестойкой полиуретановой резины, приклеивания тонких стальных листов и покрытия всей конструкции материалом SeaRox. Это дает отличную защиту от структурного шума, звукоизоляцию переборки/палубы и хорошее поглощение шума.

В зонах, где нет особых требований к прочности на сжатие/изгиб и т.д., рекомендуется использовать SeaRox SL 340, так как этот материал обеспечивает оптимальный компромисс между поглощением/уменьшением шума и весом / механической

прочностью. Для систем с плавающим полом рекомендуется использовать SeaRox SL 436 или SeaRox SL 480. Инженеры ROCKWOOL всегда готовы помочь в создании специализированных решений любого уровня сложности.

На судах, где поглощение и уменьшение шума должно быть доведено до максимума, необходимы сложные системы. Как правило, эти решения разрабатываются специалистами индивидуально для каждого судна, но один из примеров защиты переборки приведен ниже.



Пример сложной системы
При создании таких решений необходимы сложные расчеты и испытания.

Общая изоляция труб

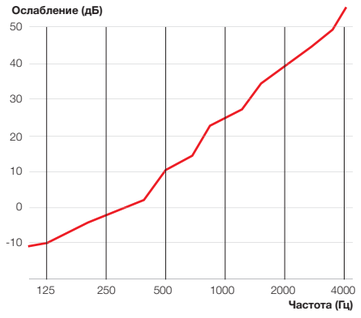
17.0 Изоляция труб

Материалы ProRox Pipe Section и ROCKWOOL SeaRox Wired Mats отлично уменьшают уровень шума от жидкостей, текущих по трубам. Особенно эффективны они по сравнению с ячеистой изоляцией, стекловатой и т.д. Для защиты от структурного шума необходимо монтировать трубы на гибких креплениях.

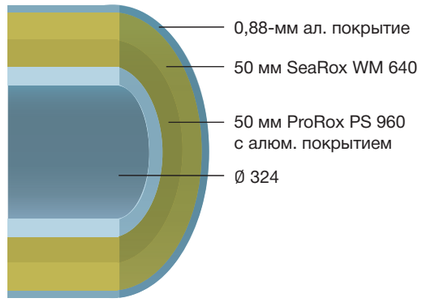
Жидкости часто создают высокочастотный шум, поэтому наилучшие результаты достигаются при плакировании изоляции. Традиционно используется зашивка стальным листом, однако такие системы, как RockTight, также хорошо работают. Важно обеспечить прочное крепление без соединения покрытия с трубами, даже при использовании расширительных колец.

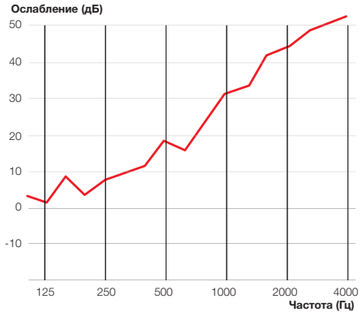
Также очень важно обеспечить изоляцию вокруг клапанов, поскольку здесь создается много шума от жидкостей. Наилучшим выбором здесь является инкапсуляция, однако хорошо работают и сложные готовые маты (которые часто используются на морских нефтегазопромысловых сооружениях) с наполнителем ROCKWOOL и многослойным покрытием.

Примеры испытаний:

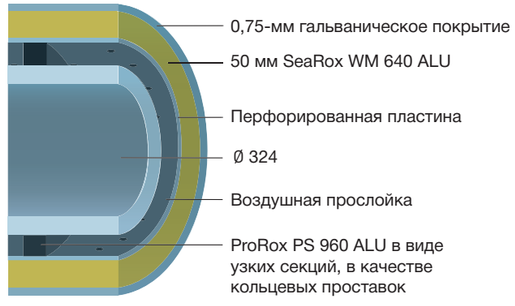


Частота (Гц)	дБ
125	-8
250	-5
500	5
1000	16
2000	34
5000	50





Частота (Гц)	дБ
125	2
250	8
500	18
1000	46
2000	55
5000	50



Приложение I

В следующем разделе приведены данные измерений о поглощении для различных материалов, несколько примеров динамической жесткости и, наконец, несколько примеров конструкций для огнезащиты переборок и палуб с измеренными значениями шумопонижения.

Необходимо отметить, что для сравнения данных необходимо знать, по каким стандартам проводились измерения, в какой лаборатории и при каких условиях. Необходимо сравнивать аналогичные системы в аналогичных условиях. Простое сравнение значений в дБ может вызвать значительные искажения.

Компания ROCKWOOL постоянно ведет разработку и проводит измерения. Полные и обновленные данные представлены на нашем веб-сайте: www.rockwool-searox.ru

Ассортимент продукции может отличаться в разных странах.

Внимание: Рейтинги ослабления звука в виде однозначного числа настоятельно рекомендуется использовать вместе с полными графиками коэффициента поглощения звука, которые приводятся на следующих страницах.

18.0 Показатели поглощения

Поглощение звука измеряется в помещении реверберации согласно требованиям ISO 354-2003

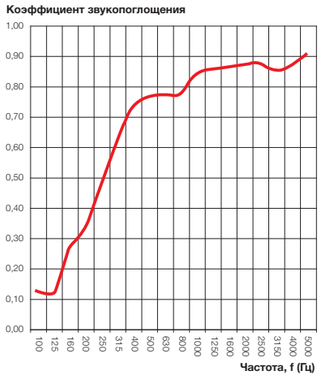
№	Материалы ROCKWOOL	Взвешенное поглощение
1	SeaRox SL 740, 50 мм	α_w = 0,75
2	SeaRox SL 740 ALU, 50 мм	α_w = 0,65
3	SeaRox SL 320, 50 мм	α_w = 0,85
4	SeaRox SL 340, 50 мм	α_w = 0,90
5	SeaRox SL 340, 50 мм + 1-мм перф. сталь с зазором 10 мм	α_w = 0,90
6	SeaRox SL 340, 2 x 50 мм	α_w = 0,95
7	SeaRox SL 340, 2 x 50 мм + стеклоткань + 1-мм перф. сталь	α_w = 0,95
8	SeaRox SL 340, 2 x 50 мм + стеклоткань + 1-мм перф. сталь с зазором 10 мм	α_w = 0,95
9	SeaRox SL 436, 50 мм	α_w = 0,85
10	SeaRox SL 440, 50 мм	α_w = 0,75
11	SeaRox SL 480, 30 мм	α_w = 0,75
12	SeaRox SL 480, 50 мм	α_w = 0,75
13	SeaRox SL 480, 2 x 30 мм	α_w = 0,80
14	SeaRox SL 620, 40 мм	α_w = 0,80
15	SeaRox SL 620, 40 мм + алюм. фольга	α_w = 0,50
16	SeaRox SL 620, 60 мм со шпильками и шайбами	α_w = 0,90
17	SeaRox SL 620, 60 мм со шпильками и шайбами, покрытый 19-мкм фольгой	α_w = 0,90
18	SeaRox SL 620 ALU, 40 мм	α_w = 0,77
19	SeaRox SL 640, 30 мм	α_w = 0,70
20	SeaRox SL 640, 50 мм	α_w = 0,80
21	SeaRox SL 640, 2 x 30 мм	α_w = 0,90
22	SeaRox SL 640, 30 мм + 30 мм алюм + 1 мм перф. сталь с зазором 10 мм	α_w = 0,30
23	SeaRox SL 660, 2 x 50 мм	α_w = 0,90
24	SeaRox WM 950, 50 мм	α_w = 0,90
25	SeaRox WM 950 ALU, 50 мм	α_w = 0,75
26	SeaRox WM 950, 100 мм	α_w = 0,95
27	SeaRox WM 950 ALU, 100 мм	α_w = 0,75
28	SeaRox WM 620, 45 мм	α_w = 0,90
29	SeaRox WM 620, 45 мм + SeaRox Acoustic Foil (19 мкм)	α_w = 0,90
30	SeaRox WM 620, 45 мм + SeaRox Acoustic Foil (19 мкм) + перф. сталь (с зазором)	α_w = 0,90
31	SeaRox WM 620, 2 x 45 мм	α_w = 0,95
32	SeaRox WM 620 GW, 45 мм, 400 г/м^2	α_w = 0,75
33	SeaRox WM 640, 30 мм	α_w = 0,80
34	SeaRox WM 640, 75 мм	α_w = 0,90
35	SeaRox WM 640, 100 мм	α_w = 0,90

1

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,12	
125	0,11	0,15
160	0,27	
200	0,33	
250	0,47	0,45
315	0,63	
400	0,73	
500	0,77	0,75
630	0,77	
800	0,77	
1000	0,85	0,80
1250	0,86	
1600	0,86	
2000	0,87	0,85
2500	0,88	
3150	0,85	
4000	0,87	0,85
5000	0,90	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 740, 50 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,75
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

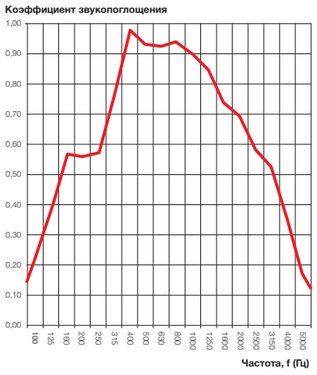


2

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,22	
125	0,38	0,39
160	0,56	
200	0,56	
250	0,57	0,63
315	0,76	
400	0,98	
500	0,93	0,94
630	0,92	
800	0,94	
1000	0,90	0,90
1250	0,85	
1600	0,74	
2000	0,69	0,67
2500	0,58	
3150	0,52	
4000	0,35	0,35
5000	0,17	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 740, 50 мм
+ алюм. фольга (прямой монтаж)

α_w = 0,65
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

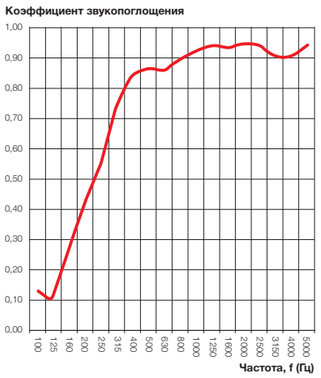


3

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,12	
125	0,09	0,15
160	0,25	
200	0,41	
250	0,54	0,55
315	0,73	
400	0,83	
500	0,86	0,85
630	0,85	
800	0,89	
1000	0,91	0,90
1250	0,93	
1600	0,92	
2000	0,94	0,95
2500	0,93	
3150	0,89	
4000	0,89	0,90
5000	0,93	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 320, 1 x 50 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,85
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

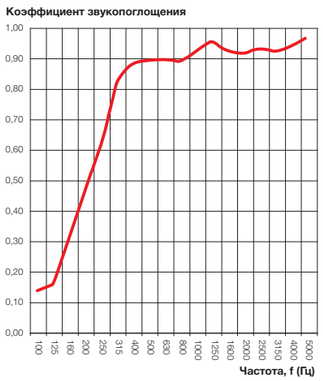


4

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,14	
125	0,15	0,20
160	0,31	
200	0,47	
250	0,60	0,65
315	0,82	
400	0,88	
500	0,89	0,90
630	0,90	
800	0,89	
1000	0,92	0,90
1250	0,95	
1600	0,92	
2000	0,91	0,90
2500	0,93	
3150	0,92	
4000	0,93	0,95
5000	0,96	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 340, 50 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,90
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

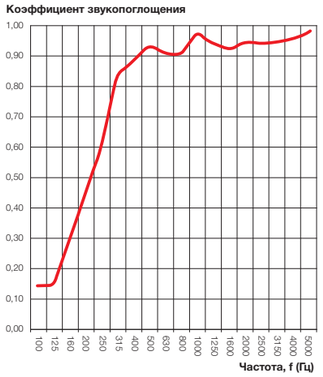


5

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,14	
125	0,14	0,20
160	0,28	
200	0,46	
250	0,60	0,65
315	0,84	
400	0,88	
500	0,93	0,90
630	0,90	
800	0,90	
1000	0,97	0,95
1250	0,94	
1600	0,92	
2000	0,94	0,95
2500	0,94	
3150	0,94	
4000	0,95	0,95
5000	0,98	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 340, 50 мм + 1-мм перф. сталь с зазором 10 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,90
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

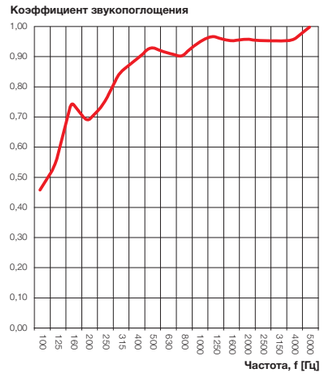


6

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,46	
125	0,54	0,60
160	0,75	
200	0,68	
250	0,74	0,75
315	0,84	
400	0,88	
500	0,93	0,90
630	0,91	
800	0,90	
1000	0,95	0,95
1250	0,96	
1600	0,95	
2000	0,96	0,95
2500	0,95	
3150	0,95	
4000	0,95	0,95
5000	0,99	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 340, 2 x 50 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,95
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

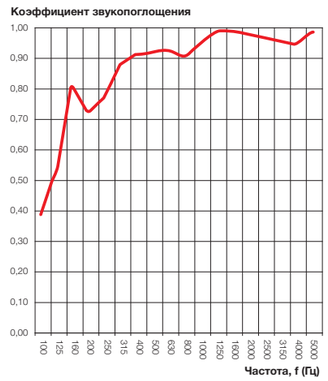


7

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,38	
125	0,53	0,55
160	0,81	
200	0,72	
250	0,77	0,80
315	0,87	
400	0,91	
500	0,91	0,90
630	0,92	
800	0,90	
1000	0,94	0,95
1250	0,99	
1600	0,99	
2000	0,97	0,95
2500	0,96	
3150	0,95	
4000	0,94	0,95
5000	0,98	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 340, 2 x 50 мм +
стеклоткань + 1-мм перф. сталь
(прямой монтаж)

α_w = 0,95
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

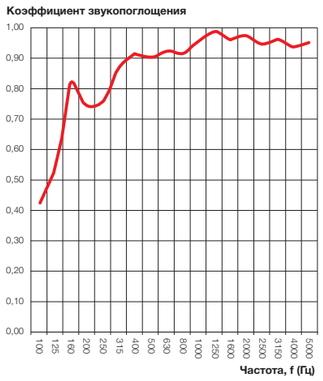


8

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,42	
125	0,55	0,60
160	0,83	
200	0,74	
250	0,75	0,80
315	0,87	
400	0,92	
500	0,90	0,90
630	0,92	
800	0,91	
1000	0,95	0,95
1250	0,99	
1600	0,96	
2000	0,97	0,95
2500	0,94	
3150	0,96	
4000	0,93	0,95
5000	0,95	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 340, 2 x 50 мм
+ стеклоткань + 1-мм перф.
сталь с зазором 10 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,95
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

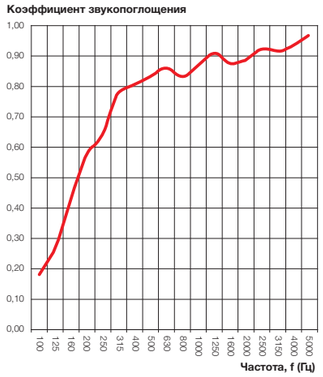


9

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,17	
125	0,26	0,30
160	0,42	
200	0,58	
250	0,63	0,65
315	0,78	
400	0,80	
500	0,82	0,85
630	0,86	
800	0,82	
1000	0,86	0,85
1250	0,91	
1600	0,87	
2000	0,88	0,90
2500	0,92	
3150	0,91	
4000	0,93	0,95
5000	0,96	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 436, 50 мм

α_w = 0,85
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

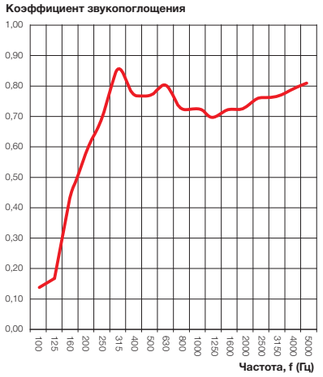


10

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,14	
125	0,17	0,25
160	0,44	
200	0,59	
250	0,69	0,70
315	0,87	
400	0,77	
500	0,77	0,80
630	0,81	
800	0,72	
1000	0,73	0,70
1250	0,70	
1600	0,72	
2000	0,73	0,75
2500	0,76	
3150	0,76	
4000	0,79	0,80
5000	0,81	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 440, 50 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,75
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

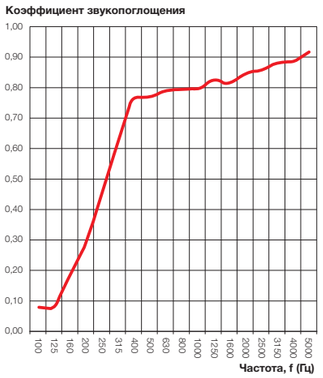


11

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,07	
125	0,07	0,10
160	0,18	
200	0,28	
250	0,44	0,45
315	0,61	
400	0,77	
500	0,76	0,75
630	0,79	
800	0,79	
1000	0,79	0,80
1250	0,82	
1600	0,81	
2000	0,85	0,85
2500	0,85	
3150	0,88	
4000	0,88	0,90
5000	0,91	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 480, 1 x 30 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,75
Расчет согласно EN ISO 11654:199

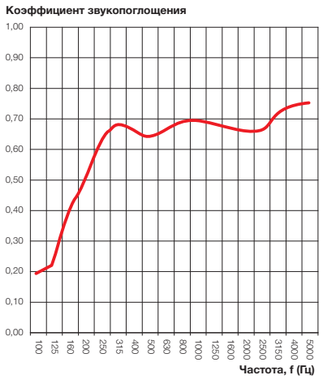


12

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,14	
125	0,17	0,25
160	0,44	
200	0,59	
250	0,69	0,70
315	0,87	
400	0,77	
500	0,77	0,80
630	0,81	
800	0,72	
1000	0,73	0,70
1250	0,70	
1600	0,72	
2000	0,73	0,75
2500	0,76	
3150	0,76	
4000	0,79	0,80
5000	0,81	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 480, 50 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,75
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

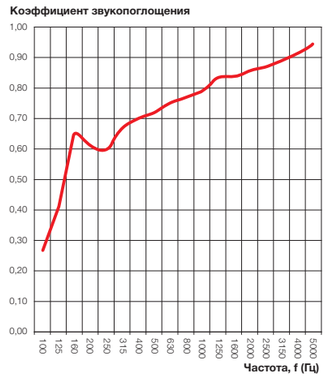


13

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,26	
125	0,41	0,45
160	0,65	
200	0,60	
250	0,59	0,60
315	0,66	
400	0,69	
500	0,71	0,70
630	0,74	
800	0,76	
1000	0,78	0,80
1250	0,83	
1600	0,83	
2000	0,85	0,85
2500	0,86	
3150	0,88	
4000	0,90	0,90
5000	0,94	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 480, 2 x 30 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,80
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

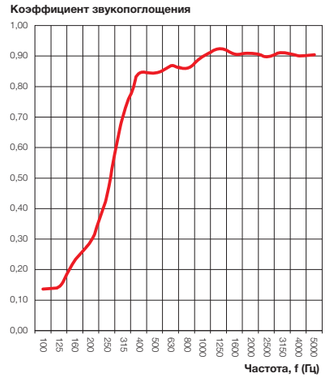


14

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,13	
125	0,14	0,15
160	0,23	
200	0,29	
250	0,43	0,50
315	0,71	
400	0,85	
500	0,84	0,85
630	0,87	
800	0,85	
1000	0,90	0,90
1250	0,93	
1600	0,90	
2000	0,91	0,90
2500	0,89	
3150	0,91	
4000	0,90	0,90
5000	0,90	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 620, 40 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,80
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

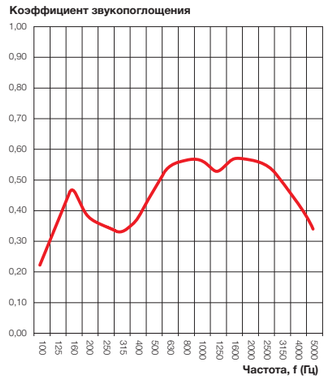


15

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,22	
125	0,35	0,35
160	0,47	
200	0,37	
250	0,35	0,35
315	0,32	
400	0,36	
500	0,45	0,45
630	0,54	
800	0,56	
1000	0,56	0,55
1250	0,52	
1600	0,57	
2000	0,56	0,55
2500	0,55	
3150	0,50	
4000	0,42	0,40
5000	0,33	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 620, 40 мм
+ алюм. фольга (прямой монтаж)

α_w = 0,50
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

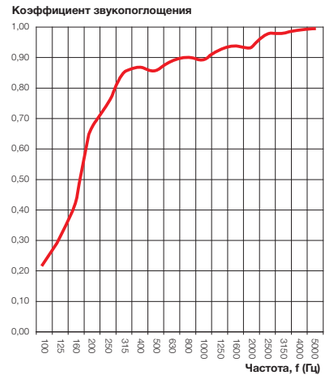


16

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,21	
125	0,30	0,30
160	0,41	
200	0,67	
250	0,73	0,30
315	0,85	
400	0,86	
500	0,85	0,85
630	0,88	
800	0,90	
1000	0,88	0,90
1250	0,92	
1600	0,93	
2000	0,92	0,95
2500	0,97	
3150	0,97	
4000	0,99	1,00
5000	0,99	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 620, 60 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,90
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

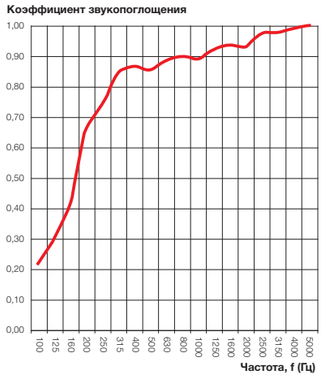


17

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,21	
125	0,30	0,30
160	0,41	
200	0,67	
250	0,73	0,75
315	0,85	
400	0,86	
500	0,85	0,85
630	0,88	
800	0,90	
1000	0,88	0,90
1250	0,92	
1600	0,93	
2000	0,92	0,95
2500	0,97	
3150	0,97	
4000	0,99	1,00
5000	0,99	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 620, 60 мм
+ SeaRox Acoustic Foil (19 мкм)
(прямой монтаж)

α_w = 0,90
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

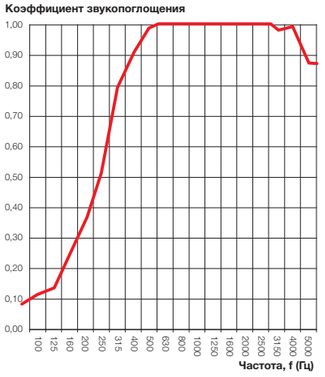


18

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,11	
125	0,16	0,17
160	0,25	
200	0,37	
250	0,56	0,56
315	0,74	
400	0,72	
500	0,90	0,96
630	0,97	
800	1,00	
1000	1,00	1,00
1250	1,00	
1600	1,00	
2000	1,00	1,00
2500	1,00	
3150	1,00	
4000	0,95	0,95
5000	0,91	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 620, 40 мм
с алюм. фольгой (прямой монтаж)

α_w = 0,77
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

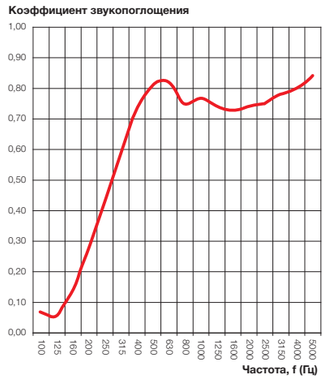


19

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,06	
125	0,04	0,07
160	0,12	
200	0,26	
250	0,41	0,40
315	0,58	
400	0,72	
500	0,80	0,80
630	0,82	
800	0,73	
1000	0,76	0,75
1250	0,73	
1600	0,71	
2000	0,73	0,75
2500	0,74	
3150	0,77	
4000	0,79	0,80
5000	0,83	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 640, 30 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,70
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

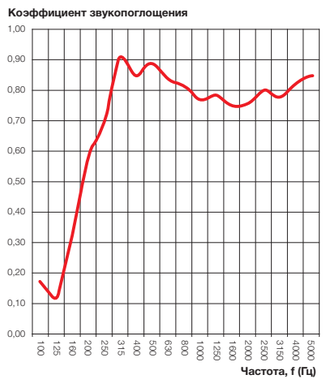


20

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,17	
125	0,11	0,20
160	0,33	
200	0,58	
250	0,69	0,75
315	0,92	
400	0,84	
500	0,89	0,85
630	0,83	
800	0,81	
1000	0,76	0,80
1250	0,78	
1600	0,74	
2000	0,75	0,75
2500	0,80	
3150	0,76	
4000	0,83	0,80
5000	0,84	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 640, 50 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,80
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

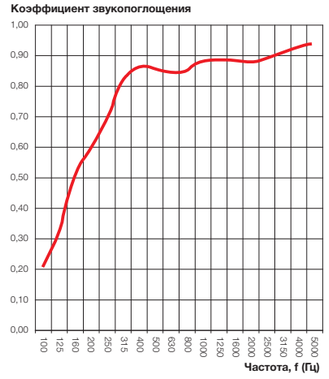


21

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,20	
125	0,31	0,35
160	0,51	
200	0,59	
250	0,69	0,70
315	0,81	
400	0,86	
500	0,85	0,85
630	0,84	
800	0,84	
1000	0,88	0,85
1250	0,88	
1600	0,88	
2000	0,87	0,90
2500	0,88	
3150	0,90	
4000	0,92	0,90
5000	0,93	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 640, 2 x 30 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,90
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

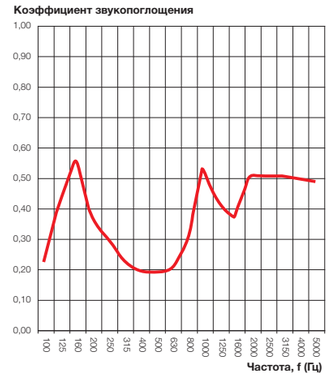


22

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,23	
125	0,42	0,40
160	0,55	
200	0,36	
250	0,29	0,30
315	0,22	
400	0,19	
500	0,18	0,20
630	0,19	
800	0,28	
1000	0,52	0,40
1250	0,42	
1600	0,36	
2000	0,50	0,45
2500	0,50	
3150	0,50	
4000	0,49	0,50
5000	0,48	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 640, 30 мм
+ 30 мм алюм. + 1-мм перф. сталь (прямой монтаж)

α_w = 0,30
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

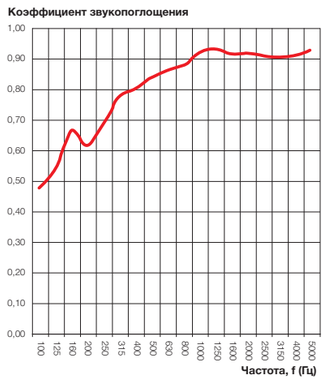


23

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,47	
125	0,53	0,55
160	0,67	
200	0,61	
250	0,68	0,70
315	0,78	
400	0,80	
500	0,84	0,85
630	0,85	
800	0,87	
1000	0,92	0,90
1250	0,93	
1600	0,91	
2000	0,92	0,90
2500	0,91	
3150	0,90	
4000	0,91	0,90
5000	0,93	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox SL 660, 2 x 50 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,90
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

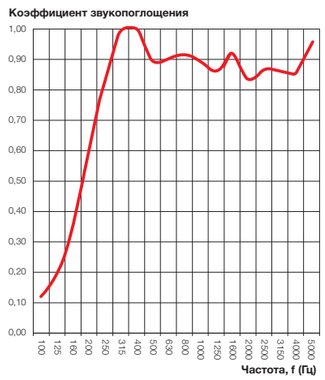


24

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,12	
125	0,18	0,22
160	0,35	
200	0,60	
250	0,81	0,80
315	1,01	
400	1,01	
500	0,88	0,95
630	0,90	
800	0,92	
1000	0,90	0,90
1250	0,85	
1600	0,93	
2000	0,82	0,85
2500	0,87	
3150	0,86	
4000	0,85	0,90
5000	0,95	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox WM 950, 50 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,90
Расчет согласно EN ISO 11654:1997



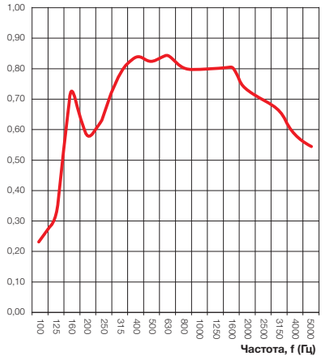
25

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,23	
125	0,30	0,42
160	0,74	
200	0,56	
250	0,64	0,65
315	0,78	
400	0,84	
500	0,82	0,85
630	0,84	
800	0,80	
1000	0,79	0,80
1250	0,80	
1600	0,80	
2000	0,72	0,75
2500	0,70	
3150	0,66	
4000	0,57	0,60
5000	0,54	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox WM 950, 50 мм
с алюм. фольгой (прямой монтаж)

α_w = 0,75
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

Коэффициент звукопоглощения



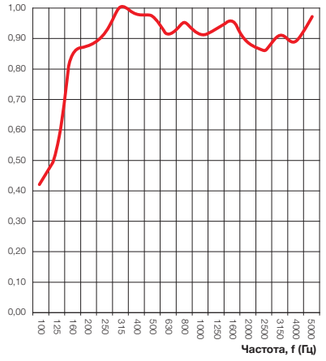
26

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,42	
125	0,51	0,45
160	0,86	
200	0,87	
250	0,90	0,95
315	1,01	
400	0,97	
500	0,97	0,95
630	0,90	
800	0,95	
1000	0,90	0,95
1250	0,92	
1600	0,96	
2000	0,88	0,90
2500	0,85	
3150	0,91	
4000	0,88	0,90
5000	0,96	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox WM 950, 100 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,95
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

Коэффициент звукопоглощения



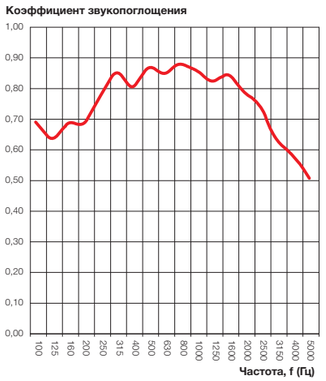
27

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,69	
125	0,63	0,67
160	0,69	
200	0,68	
250	0,78	0,75
315	0,86	
400	0,80	
500	0,87	0,85
630	0,85	
800	0,88	
1000	0,86	0,85
1250	0,82	
1600	0,85	
2000	0,79	0,80
2500	0,74	
3150	0,63	
4000	0,58	0,55
5000	0,51	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox WM 950, 100 мм
с алюм. фольгой (прямой монтаж)

α_w = 0,75
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

Коэффициент звукопоглощения



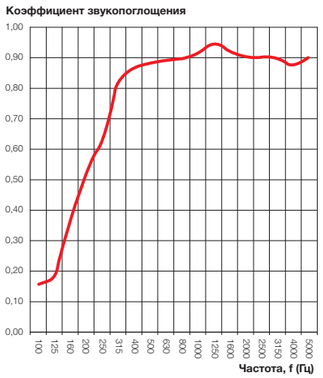
28

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,15	
125	0,17	0,25
160	0,37	
200	0,52	
250	0,63	0,65
315	0,82	
400	0,87	
500	0,88	0,90
630	0,89	
800	0,89	
1000	0,91	0,90
1250	0,95	
1600	0,92	
2000	0,90	0,90
2500	0,90	
3150	0,89	
4000	0,87	0,90
5000	0,90	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox WM 620, 45 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,90
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

Коэффициент звукопоглощения



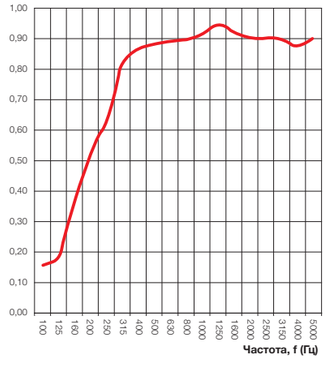
29

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,15	
125	0,17	0,25
160	0,37	
200	0,52	
250	0,63	0,65
315	0,82	
400	0,87	
500	0,88	0,90
630	0,89	
800	0,89	
1000	0,91	0,90
1250	0,95	
1600	0,92	
2000	0,90	0,90
2500	0,90	
3150	0,89	
4000	0,87	0,90
5000	0,90	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox WM 620, 45 мм
+ SeaRox Acoustic Foil (19 мкм) +
перф. сталь (прямой монтаж)

α_w = 0,90
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

Коэффициент звукопоглощения



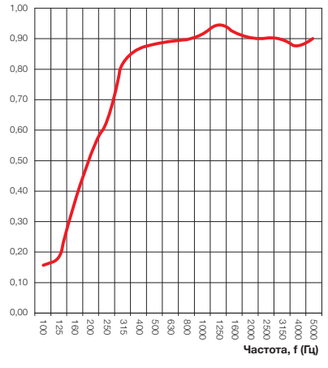
30

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,15	
125	0,17	0,25
160	0,37	
200	0,52	
250	0,63	0,65
315	0,82	
400	0,87	
500	0,88	0,90
630	0,89	
800	0,89	
1000	0,91	0,90
1250	0,95	
1600	0,92	
2000	0,90	0,90
2500	0,90	
3150	0,89	
4000	0,87	0,90
5000	0,90	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox WM 620, 45 мм
+ SeaRox Acoustic Foil (19 мкм) +
перф. сталь (с зазором)

α_w = 0,90
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

Коэффициент звукопоглощения



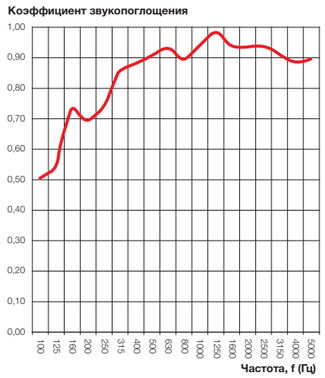
31

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,50	
125	0,53	0,60
160	0,74	
200	0,68	
250	0,73	0,75
315	0,86	
400	0,88	
500	0,90	0,90
630	0,93	
800	0,89	
1000	0,93	0,95
1250	0,99	
1600	0,93	
2000	0,93	0,95
2500	0,94	
3150	0,91	
4000	0,88	0,90
5000	0,90	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox WM 620,
2 x 45 мм (прямой монтаж)

α_w = 0,95
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

Коэффициент звукопоглощения



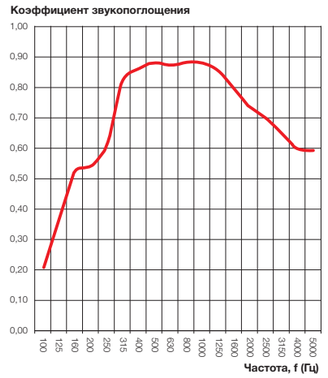
32

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,20	
125	0,36	0,35
160	0,53	
200	0,54	
250	0,60	0,65
315	0,83	
400	0,86	
500	0,88	0,85
630	0,87	
800	0,88	
1000	0,88	0,85
1250	0,85	
1600	0,79	
2000	0,74	0,75
2500	0,69	
3150	0,64	
4000	0,59	0,60
5000	0,59	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox WM 620, 45 мм
и стеклоткань 400 г/м²
(прямой монтаж)

α_w = 0,75
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

Коэффициент звукопоглощения

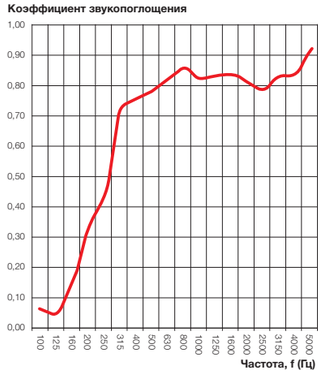


33

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,06	
125	0,04	0,08
160	0,14	
200	0,34	
250	0,43	0,50
315	0,73	
400	0,76	
500	0,78	0,80
630	0,82	
800	0,86	
1000	0,82	0,85
1250	0,83	
1600	0,84	
2000	0,81	0,80
2500	0,78	
3150	0,83	
4000	0,83	0,85
5000	0,92	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox WM 640, 30 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,80
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

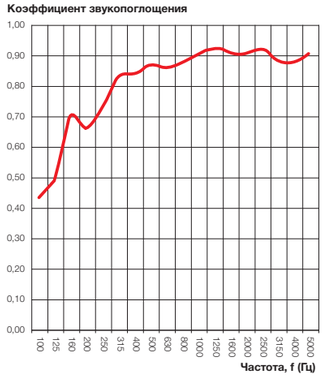


34

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,43	
125	0,49	0,55
160	0,71	
200	0,65	
250	0,73	0,75
315	0,84	
400	0,84	
500	0,87	0,85
630	0,86	
800	0,88	
1000	0,90	0,90
1250	0,92	
1600	0,90	
2000	0,90	0,90
2500	0,92	
3150	0,88	
4000	0,87	0,90
5000	0,90	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox WM 640, 75 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,90
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

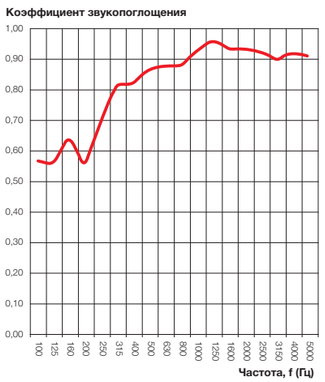


35

Частота [Гц]	α_s	α_p
100	0,56	
125	0,55	0,60
160	0,54	
200	0,54	
250	0,70	0,70
315	0,81	
400	0,81	
500	0,87	0,85
630	0,87	
800	0,88	
1000	0,93	0,90
1250	0,96	
1600	0,93	
2000	0,93	0,95
2500	0,92	
3150	0,90	
4000	0,92	0,90
5000	0,91	

Коэффициент поглощения звука:
SeaRox WM 640, 100 мм
(прямой монтаж)

α_w = 0,90
Расчет согласно EN ISO 11654:1997

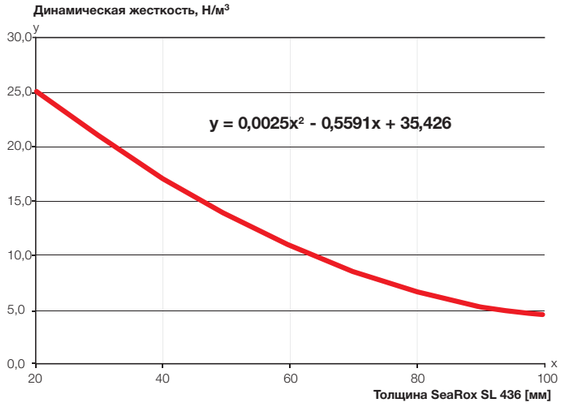


19.0 Показатели динамической жесткости

Динамическая жесткость имеет большое значение при оптимизации плавающих полов. Это относится как к воздушному, так и структурному или ударному шуму.

В принципе, динамическая жесткость должна быть минимальной, что позволит добиться низкой естественной частоты плавающего пола. С другой стороны, нижний предел жесткости задается требованиями по нагрузке на пол и возможного неудобства при хождении по слишком мягкому полу.

Чаще всего для устройства плавающих полов используется SeaRox SL 436. Материал производится в соответствии с заданным значением динамической жесткости и статической жесткости (то есть прочности на сжатие).



На графике показано отношение динамической жесткости, толщины и сжатия

20.0 Показатели звукоизоляции

ROCKWOOL провела ряд испытаний в области шумопонижения в известных институтах: Odegaard Danneskiold-Samsoe A/S в Копенгагене (Дания) и TÜV Nord Systems GMBH & Co. в Эссене (Германия).

Результаты измерений согласно ISO 15186-1:2000 и ISO 717-1:1996 приведены на нашем веб-сайте www.rockwool-searox.ru.

В процессе испытаний использовались различные конструкции переборок и палуб, изолированные различными материалами/ решениями ROCKWOOL. Результаты испытаний служат лишь для примера возможных решений. Важно обеспечить надлежащую изоляцию краев и соединений – в противном случае изоляция будет ухудшена.

При установке, например, на переборке А-60 материала SeaRox SL 640, 2 x 30/30 мм различные виды стальных конструкций дают различные фактические значения уменьшения шума в дБ (А). К примеру, фактический результат может быть даже выше на 5–10 дБ (А).

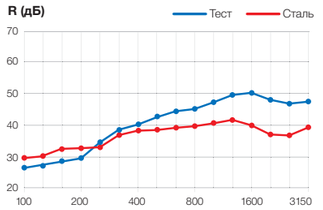
Обзор. Показатели уменьшения уровня шума

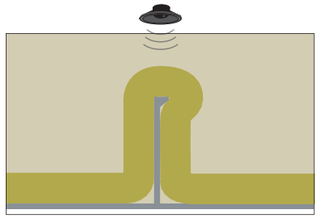
№	Конструкция	Материалы	Взвешенное уменьшение
1	Стальная палуба А-15	SeaRox MA 700 GS[d], 40 мм	R_w = 45 дБ
2	Стальная переборка А-15	SeaRox MA 700 ALU[d], 60 мм	R_w = 46 дБ
3	Стальная палуба/переборка А-30	SeaRox SL 740, 50 мм/ 30 мм	R_w = 45 дБ
4	Стальная переборка А-60	SeaRox WM 640, 75 мм/ 30 мм	R_w = 47 дБ
5	Стальная переборка А-60	SeaRox WM 620, 2 x 45 мм/45 мм	R_w = 49 дБ
6	Стальная переборка А-60	SeaRox SL 640, 2 x 30 мм/ 30мм	R_w = 48 дБ
7	Стальная переборка А-60	SeaRox SL 620, 60 мм/ 25 мм	R_w = 45 дБ
8	Стальная переборка А-60	SeaRox SL 640, 65 мм / SeaRox WM 640, 30 мм	R_w = 48 дБ
9	Стальная переборка А-60	SeaRox SL 640, 2 x30 мм/ 30 мм и 19-мкм акустическая пленка SeaRox Acoustic Foil	R_w = 47 дБ
10	Стальная переборка А-60	SeaRox WM 620, 2 x 45 мм/ 45 мм 1-мм стальной лист	R_w = 58 дБ
11	Стальная переборка А-60	SeaRox SL 620, 60 мм/ 25 мм, стеклоткань 200 г/м^2 и лента	R_w = 45 дБ
12	Стальная переборка А-60	SeaRox SL 620, 60 мм/ 25 мм с армированной алюм. фольгой	R_w = 46 дБ
13	Стальная переборка А-60 + теплоизоляция	SeaRox SL 640, 65 мм / SeaRox WM 640, 30 мм и SeaRox SL 720, 50 мм	R_w = 49 дБ
14	Стальная переборка А-60 + теплоизоляция	SeaRox SL 640, 65 мм / SeaRox WM 640, 30 мм и SeaRox MA 720 ALU, 50 мм	R_w = 49 дБ
15	Переборка А-60 с ограничением	SeaRox SL 620, 40 мм/ 40 мм	R_w = 47 дБ
16	Стальная палуба А-60	SeaRox SL 620, 40 мм/ 25 мм	R_w = 46 дБ
17	Стальная палуба А-60	SeaRox WM 620, 45 мм	R_w = 46 дБ
18	Стальная палуба А-60	SeaRox SL 640, 45 мм / SeaRox WM 640, 30 мм	R_w = 46 дБ
19	Стальная палуба А-60	SeaRox SL 640, 40 мм и 1-мм стальной лист	R_w = 56 дБ
20	Алюминиевая переборка А-60	SeaRox SL 620, 2 x 30 мм/ 30 мм (с обеих сторон)	R_w = 40 дБ
21	Алюминиевая переборка А-60 с ограничением	SeaRox SL 620, 2 x 30 мм/ 30 мм	R_w = 40 дБ
22	Алюминиевая палуба А-60	SeaRox SL 620, 2 x 30 мм/ 30 мм	R_w = 40 дБ
23	Гофрированная переборка А-60	SeaRox SL 620, 60 мм	R_w = 40 дБ
24	Гофрированная переборка А-60	SeaRox SL 640, 2 x 30 мм	R_w = 40 дБ
25	Переборка Н-60 с ограничением	SeaRox SL 660, 30 мм и SeaRox WM 660, 40 мм / 40 мм	R_w = 48 дБ
26	Переборка Н-60 с ограничением + теплоизоляция	SeaRox SL 660, 30 мм, SeaRox WM 660, 40 мм / 40 мм и 50 мм SeaRox SL 720	R_w = 50 дБ
27	Переборка Н-60 с ограничением + комфорт	SeaRox SL 660, 30 мм, SeaRox WM 660, 40 мм / 40 мм и 50 мм SeaRox MA 720 ALU	R_w = 51 дБ
28	Переборка Н-120 с ограничением	SeaRox SL 660, 30 мм и SeaRox WM 660, 40 мм / 2 x 40 мм	R_w = 49 дБ
29	Стальная палуба Н-60	SeaRox SL 660, 2 x 50 мм	R_w = 48 дБ
30	Гофрированная переборка Н-120	SeaRox SL 660, 50 мм и SeaRox WM 660, 40 мм	R_w = 44 дБ
31	Переборка А-30 с панелью	SeaRox SL 740, 50/25 мм и 25-мм панель	R_w = 62 дБ
32	Акустическое решение	SeaRox SL 340, 2 x 50 мм с зазором 5-10 мм	R_w = 49 дБ

1

SeaRox MA 700 GS[d]
40 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	26,6	29,7
125	27,6	30,2
160	28,6	32,6
200	29,6	32,8
250	34,6	33,1
315	38,6	36,9
400	40,2	38,3
500	42,5	38,5
630	44,4	39,2
800	45,1	39,7
1000	47,2	40,6
1250	49,5	41,7
1600	50,2	40,0
2000	48,0	37,1
2500	46,8	36,8
3150	47,4	39,3
R_w	45	39
C	-1	-2

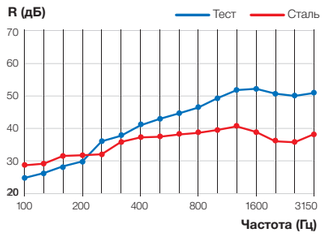


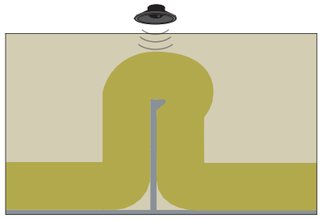


2

SeaRox MA 700 ALU[d]
60 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	25,8	29,7
125	27,3	30,2
160	29,4	32,6
200	30,9	32,8
250	37,1	33,1
315	38,8	36,9
400	42,0	38,3
500	44,0	38,5
630	45,7	39,2
800	47,5	39,7
1000	50,4	40,6
1250	52,9	41,7
1600	53,3	40,0
2000	51,8	37,1
2500	51,1	36,8
3150	52,0	39,3
R_w	46	39
C	-1	-2

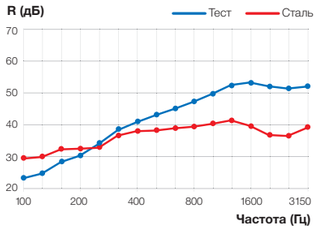


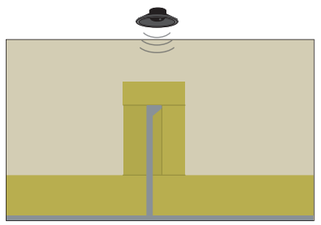


3

SeaRox SL 740
50 мм / 30 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	23,5	29,7
125	25,0	30,2
160	28,6	32,6
200	30,6	32,8
250	34,3	33,1
315	38,6	36,9
400	41,1	38,3
500	43,3	38,5
630	45,3	39,2
800	47,5	39,7
1000	50,0	40,6
1250	52,8	41,7
1600	53,6	40,0
2000	52,4	37,1
2500	51,7	36,8
3150	52,3	39,3
R_w	45	39
C	-1	-2

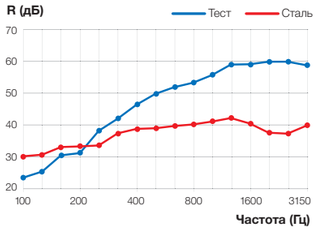


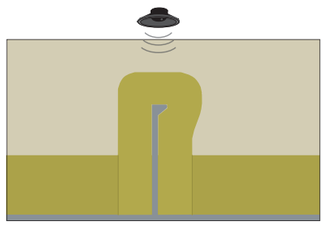


4

SeaRox WM 640
75 мм / 30 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	23,0	29,7
125	24,9	30,2
160	30,0	32,6
200	30,7	32,8
250	37,7	33,1
315	41,5	36,9
400	45,9	38,3
500	49,3	38,5
630	51,4	39,2
800	52,8	39,7
1000	55,2	40,6
1250	58,5	41,7
1600	58,6	40,0
2000	59,4	37,1
2500	59,4	36,8
3150	58,3	39,3
R_w	47	39
C	-1	-2

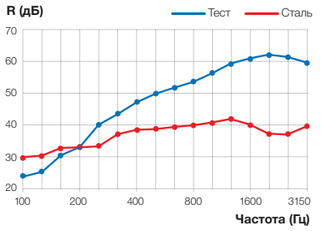


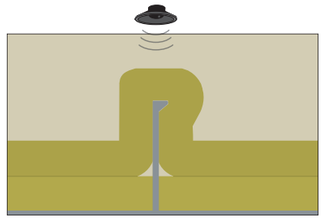


5

SeaRox WM 620
2 x 45 мм / 45 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	23,6	29,7
125	25,1	30,2
160	30,3	32,6
200	32,9	32,8
250	39,9	33,1
315	43,2	36,9
400	46,9	38,3
500	49,6	38,5
630	51,5	39,2
800	53,3	39,7
1000	56,0	40,6
1250	59,1	41,7
1600	60,7	40,0
2000	61,9	37,1
2500	61,2	36,8
3150	59,5	39,3
R_w	49	39
C	-1	-3

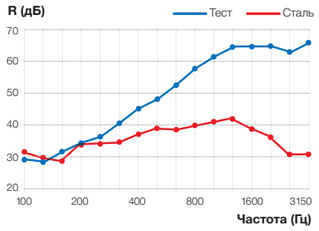


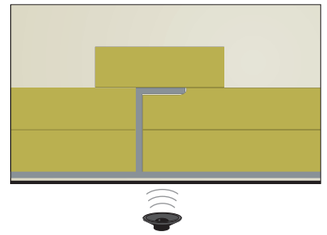


6

SeaRox SL 640
2 x 30 мм / 30 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	29,9	31,7
125	28,8	30,2
160	31,7	29,2
200	34,2	33,9
250	35,8	34,1
315	39,2	34,3
400	43,2	36,6
500	46,3	38,0
630	49,5	37,8
800	54,3	38,7
1000	57,4	39,5
1250	60,1	40,9
1600	60,3	38,2
2000	60,4	35,8
2500	58,9	31,1
3150	61,0	31,2
R_w	48	37
C	-1	-2

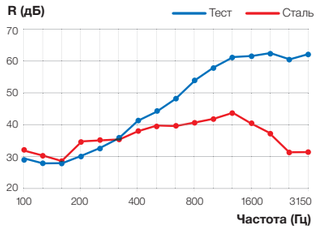


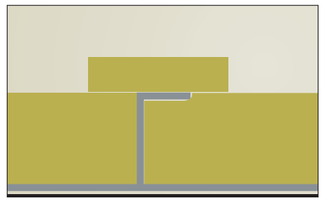


7

SeaRox SL 620 - 60 мм
и 25-мм полоски на L-профилях

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	29,6	31,7
125	28,5	30,2
160	28,5	29,2
200	30,2	33,9
250	32,1	34,1
315	34,4	34,3
400	38,8	36,6
500	41,2	38,0
630	44,6	37,8
800	49,3	38,7
1000	52,4	39,5
1250	55,0	40,9
1600	55,3	38,2
2000	56,1	35,8
2500	54,6	31,1
3150	55,6	31,2
R_w	45	37
C	-2	-2

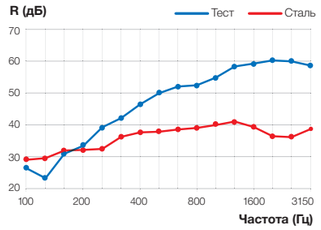


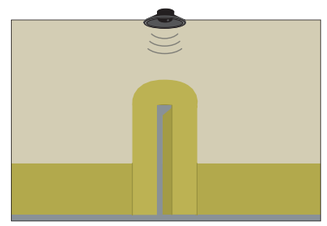


8

SeaRox SL 640, 65 мм /
SeaRox WM 640, 30 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	24,8	29,7
125	24,7	30,2
160	30,7	32,6
200	31,6	32,8
250	37,5	33,1
315	41,5	36,9
400	45,4	38,3
500	47,1	38,5
630	49,0	39,2
800	49,1	39,7
1000	52,1	40,6
1250	55,6	41,7
1600	56,0	40,0
2000	57,1	37,1
2500	57,6	36,8
3150	56,7	39,3
R_w	48	39
C	-1	-3

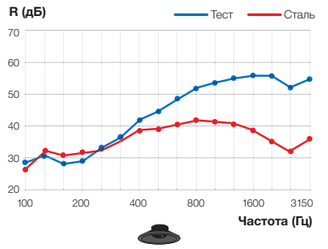


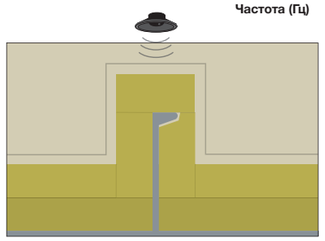


9

SeaRox SL 640, 2 x 30 мм/ 30 мм, 19-мкм пленка SeaRox Acoustic Foil + перфорированный лист

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	29,1	27,0
125	31,4	32,7
160	29,0	31,3
200	30,3	32,0
250	33,7	32,8
315	36,8	35,4
400	42,6	39,1
500	45,0	39,5
630	49,0	40,9
800	52,2	42,1
1000	54,0	41,7
1250	55,3	41,3
1600	56,0	39,2
2000	55,8	35,8
2500	52,4	32,7
3150	54,9	36,0
R_w	47	39
C	-2	-2

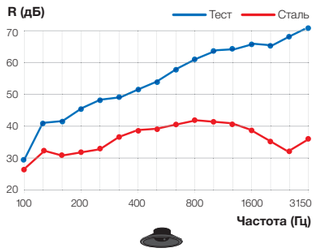


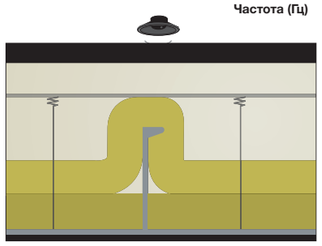


10

SeaRox WM 620, 2 x 45мм и 1-мм стальной лист

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	30,0	27,0
125	41,6	32,7
160	42,3	31,3
200	46,1	32,0
250	48,9	32,8
315	49,8	35,4
400	52,1	39,1
500	54,8	39,5
630	58,5	40,9
800	61,6	42,1
1000	64,2	41,7
1250	64,8	41,3
1600	66,5	39,2
2000	65,9	35,8
2500	69,1	32,7
3150	71,4	36,0
R_w	58	39
C	-3	-2

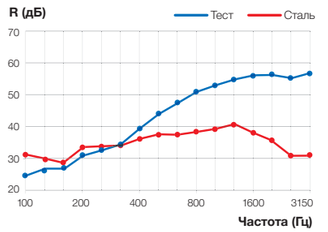


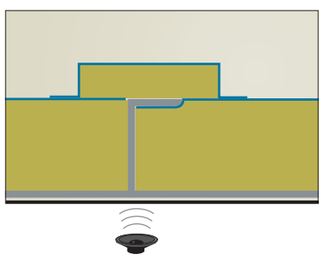


11

SeaRox SL 620, 60/25 мм GW 200 и лента

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	25,1	31,7
125	26,7	30,2
160	27,3	29,2
200	31,3	33,9
250	32,9	34,1
315	34,7	34,3
400	39,8	36,6
500	44,4	38,0
630	47,7	37,8
800	51,2	38,7
1000	53,3	39,5
1250	55,1	40,9
1600	56,2	38,2
2000	56,3	35,8
2500	55,5	31,1
3150	56,9	31,2
R_w	45	37
C	-2	-2

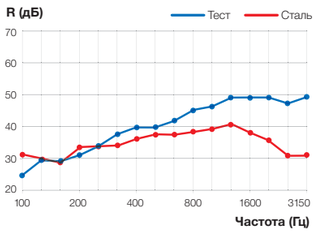


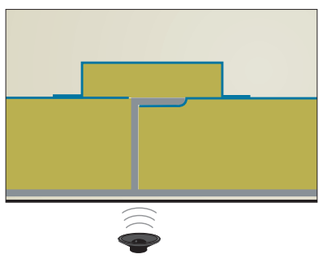


12

SeaRox SL 620 ALU, 60/25 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	26,0	31,7
125	30,1	30,2
160	30,1	29,2
200	32,0	33,9
250	34,7	34,1
315	38,5	34,3
400	40,3	36,6
500	40,6	38,0
630	42,4	37,8
800	45,7	38,7
1000	47,0	39,5
1250	49,5	40,9
1600	49,6	38,2
2000	49,6	35,8
2500	47,8	31,1
3150	49,8	31,2
R_w	46	37
C	-3	-2

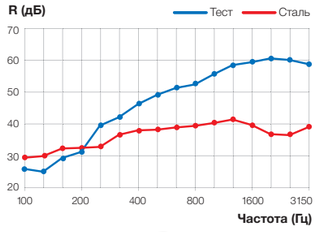


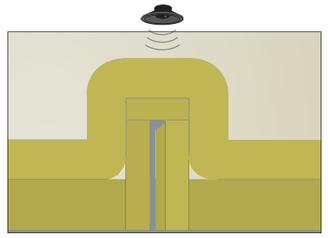


13

SeaRox SL 640, 65 мм SeaRox WM 640, 30 мм SeaRox SL 720, 50 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	26,2	29,7
125	25,3	30,2
160	29,6	32,6
200	31,5	32,8
250	39,8	33,1
315	42,4	36,9
400	46,5	38,3
500	49,4	38,5
630	51,6	39,2
800	52,7	39,7
1000	55,9	40,6
1250	58,8	41,7
1600	59,7	40,0
2000	60,9	37,1
2500	60,4	36,8
3150	59,1	39,3
R_w	49	39
C	-1	-3

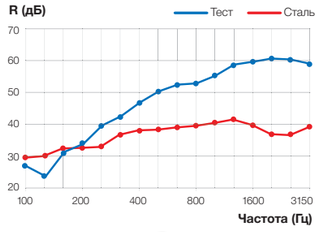


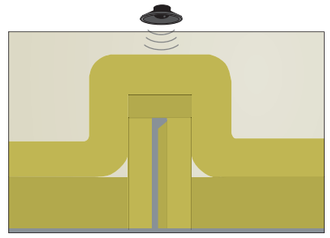


14

SeaRox SL 640, 65 мм SeaRox WM 640, 30 мм SeaRox MA 720 ALU, 50 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	27,0	29,7
125	23,9	30,2
160	31,6	32,6
200	34,1	32,8
250	39,9	33,1
315	42,8	36,9
400	47,1	38,3
500	50,6	38,5
630	52,7	39,2
800	53,1	39,7
1000	55,5	40,6
1250	59,0	41,7
1600	59,9	40,0
2000	60,9	37,1
2500	60,6	36,8
3150	59,3	39,3
R_w	49	39
C	-1	-3

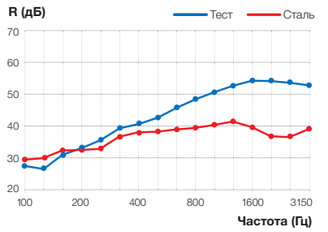


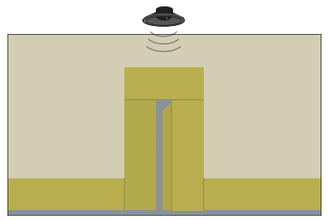


15

SeaRox SL 620, 40 мм / 40 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	28,1	29,7
125	27,5	30,2
160	31,8	32,6
200	32,1	32,8
250	35,2	33,1
315	39,8	36,9
400	41,9	38,3
500	43,0	38,5
630	46,4	39,2
800	48,4	39,7
1000	51,2	40,6
1250	53,7	41,7
1600	54,5	40,0
2000	54,4	37,1
2500	54,1	36,8
3150	53,7	39,3
R_w	47	39
C	-1	-2

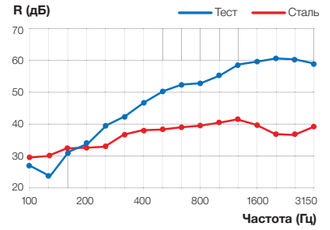


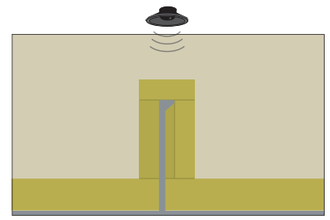


16

SeaRox SL 620, 40 мм / 25 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	28,0	29,7
125	27,3	30,2
160	30,7	32,6
200	31,1	32,8
250	34,4	33,1
315	38,9	36,9
400	41,1	38,3
500	42,9	38,5
630	46,1	39,2
800	47,4	39,7
1000	50,4	40,6
1250	53,5	41,7
1600	53,6	40,0
2000	53,6	37,1
2500	53,5	36,8
3150	53,5	39,3
R_w	46	39
C	-1	-2

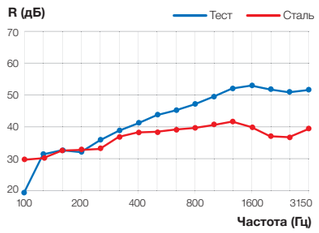


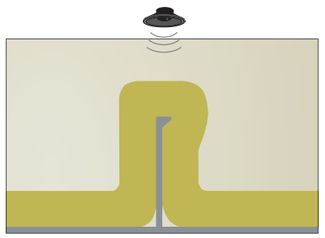


17

SeaRox WM 620, 45 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	19,4	29,7
125	31,4	30,2
160	32,7	32,6
200	32,1	32,8
250	35,8	33,1
315	38,8	36,9
400	41,1	38,3
500	43,7	38,5
630	45,2	39,2
800	47,1	39,7
1000	49,5	40,6
1250	52,1	41,7
1600	53,0	40,0
2000	51,8	37,1
2500	50,9	36,8
3150	51,6	39,3
R_w	46	39
C	-1	-2

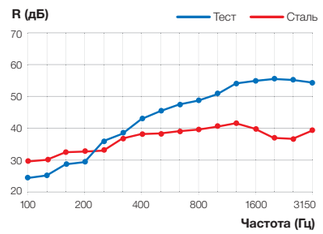


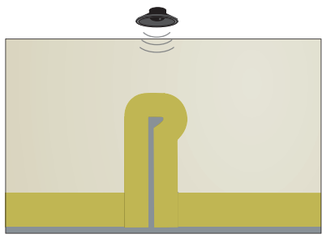


18

SeaRox SL 640, 45 мм
SeaRox WM 640, 30 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	24,5	29,7
125	25,3	30,2
160	28,8	32,6
200	29,5	32,8
250	36,1	33,1
315	38,4	36,9
400	43,0	38,3
500	45,5	38,5
630	47,6	39,2
800	48,8	39,7
1000	50,8	40,6
1250	54,2	41,7
1600	55,0	40,0
2000	55,6	37,1
2500	55,3	36,8
3150	54,5	39,3
R_w	46	39
C	-1	-2

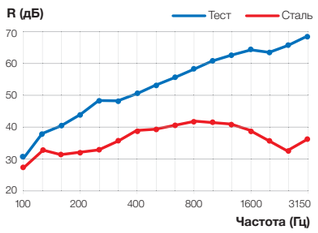


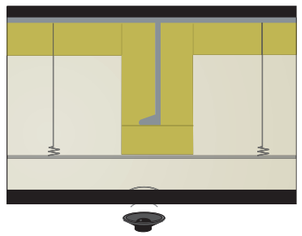


19

SeaRox SL 640, 40 мм
и 1-мм стальной лист

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	30,0	27,0
125	38,6	32,7
160	40,8	31,3
200	44,2	32,0
250	48,8	32,8
315	48,6	35,4
400	50,9	39,1
500	53,5	39,5
630	56,1	40,9
800	58,6	42,1
1000	61,3	41,7
1250	63,1	41,3
1600	64,8	39,2
2000	64,1	35,8
2500	65,9	32,7
3150	68,7	36,0
R_w	56	39
C	-2	-2

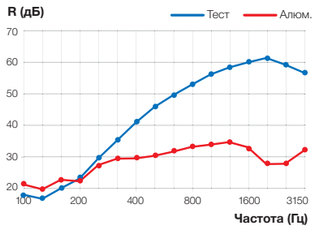


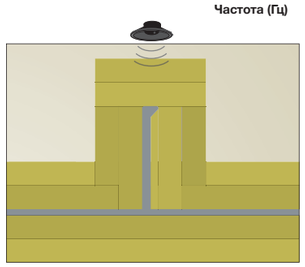


20

SeaRox SL 620, 2 x 30 мм
с обеих сторон / 2 x 30 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	18,1	21,3
125	16,8	19,8
160	20,1	22,8
200	23,2	22,3
250	29,5	27,4
315	35,1	29,4
400	40,7	29,5
500	45,6	30,3
630	49,3	31,6
800	52,6	33,1
1000	55,8	33,8
1250	58,0	34,6
1600	59,6	33,0
2000	61,0	27,7
2500	58,9	27,8
3150	56,4	31,9
R_w	40	32
C	-2	-3

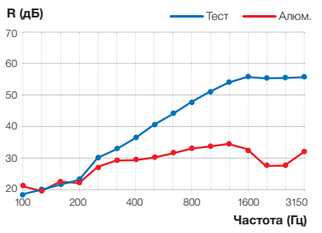


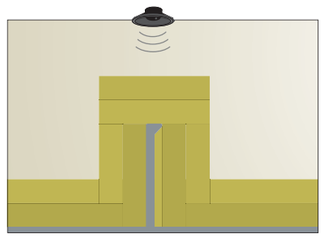


21

SeaRox SL 620,
2 x 30 мм / 2 x 30 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	18,5	21,3
125	19,9	19,8
160	21,5	22,8
200	23,0	22,3
250	30,0	27,4
315	32,7	29,4
400	36,2	29,5
500	40,4	30,3
630	43,8	31,6
800	47,6	33,1
1000	50,9	33,8
1250	53,8	34,6
1600	55,6	33,0
2000	55,2	27,7
2500	55,3	27,8
3150	55,5	31,9
R_w	40	32
C	-2	-2

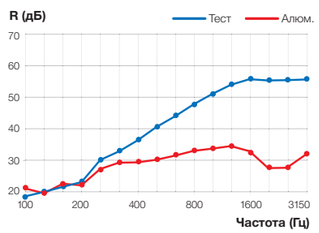


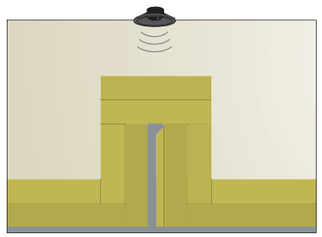


22

SeaRox SL 620,
2 x 30 мм / 2 x 30 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	18,5	21,3
125	19,9	19,8
160	21,5	22,8
200	23,0	22,3
250	30,0	27,4
315	32,7	29,4
400	36,2	29,5
500	40,4	30,3
630	43,8	31,6
800	47,6	33,1
1000	50,9	33,8
1250	53,8	34,6
1600	55,6	33,0
2000	55,2	27,7
2500	55,3	27,8
3150	55,5	31,9
R_w	40	32
C	-2	-2

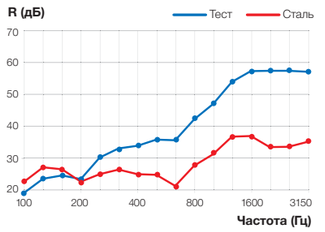


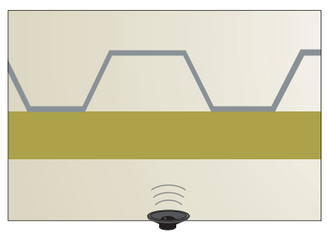


23

SeaRox SL 620, 60 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	19,4	22,8
125	23,7	27,2
160	24,7	26,6
200	23,6	22,8
250	30,2	25,1
315	33,0	26,5
400	33,8	25,1
500	35,7	24,9
630	35,5	21,5
800	41,9	27,7
1000	46,6	31,2
1250	53,4	36,6
1600	56,7	36,8
2000	56,8	33,4
2500	56,8	33,5
3150	56,5	35,0
R_w	40	30
S	-1	-2

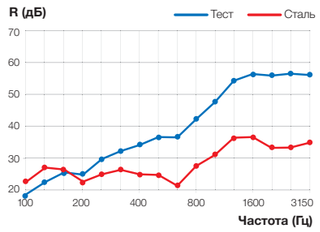


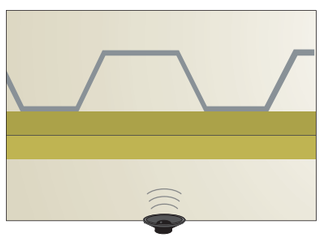


24

SeaRox SL 640, 2 x 30 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	18,9	22,8
125	22,7	27,2
160	25,7	26,6
200	25,0	22,8
250	29,9	25,1
315	32,4	26,5
400	34,3	25,1
500	36,8	24,9
630	36,7	21,5
800	42,4	27,7
1000	47,8	31,2
1250	54,5	36,6
1600	56,6	36,8
2000	56,1	33,4
2500	56,7	33,5
3150	56,3	35,0
R_w	40	30
S	-1	-1

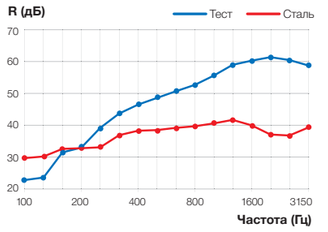


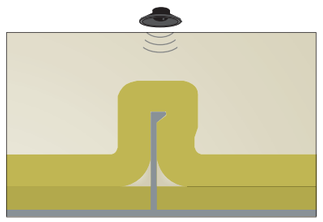


25

SeaRox SL 660, 30 мм и SeaRox WM 660, 40 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	22,8	29,7
125	23,6	30,2
160	31,5	32,6
200	33,0	32,8
250	39,2	33,1
315	43,7	36,9
400	46,5	38,3
500	48,6	38,5
630	50,7	39,2
800	52,7	39,7
1000	55,6	40,6
1250	59,0	41,7
1600	60,3	40,0
2000	61,4	37,1
2500	60,5	36,8
3150	58,8	39,3
R_w	48	39
C	-1	-3

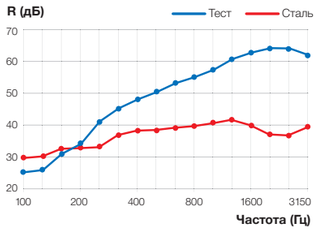


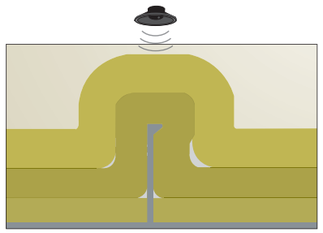


26

SeaRox SL 660, 30 мм SeaRox WM 660, 40 мм SeaRox SL 720, 50 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	25,0	29,7
125	25,7	30,2
160	30,8	32,6
200	33,9	32,8
250	41,0	33,1
315	45,1	36,9
400	47,9	38,3
500	50,2	38,5
630	53,0	39,2
800	54,9	39,7
1000	57,2	40,6
1250	60,6	41,7
1600	62,6	40,0
2000	64,0	37,1
2500	63,9	36,8
3150	61,8	39,3
R_w	50	39
C	-1	-3

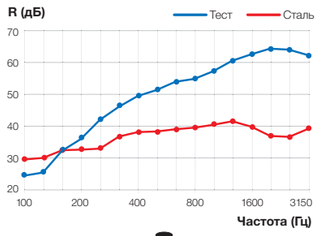


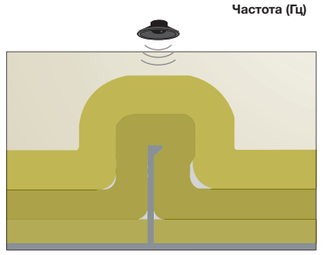


27

SeaRox SL 660, 30 мм, SeaRox WM 660, 40 мм и SeaRox MA 720 ALU, 50 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	24,4	29,7
125	25,4	30,2
160	32,2	32,6
200	35,9	32,8
250	41,9	33,1
315	46,0	36,9
400	49,4	38,3
500	51,3	38,5
630	53,9	39,2
800	54,8	39,7
1000	57,2	40,6
1250	60,5	41,7
1600	62,5	40,0
2000	64,3	37,1
2500	64,0	36,8
3150	62,3	39,3
R_w	51	39
C	-1	-4

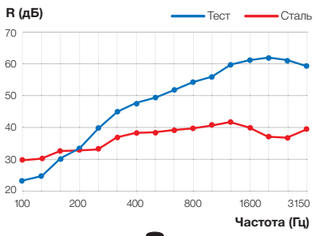


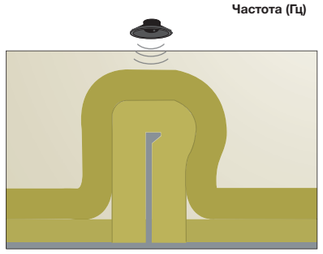


28

SeaRox SL 660, 30 мм и SeaRox WM 660, 40 мм / 2 x 40 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	23,3	29,7
125	24,7	30,2
160	30,3	32,6
200	33,4	32,8
250	39,7	33,1
315	44,9	36,9
400	47,7	38,3
500	49,3	38,5
630	51,7	39,2
800	54,2	39,7
1000	55,9	40,6
1250	59,7	41,7
1600	61,1	40,0
2000	61,9	37,1
2500	61,1	36,8
3150	59,2	39,3
R_w	49	39
C	-1	-3

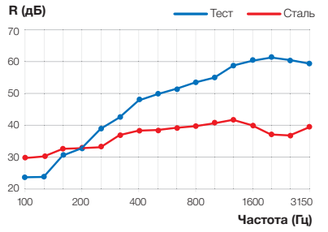


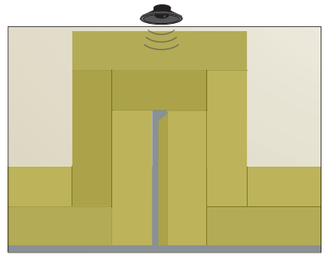


29

SeaRox SL 660, 2 x 50 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	23,6	29,7
125	23,7	30,2
160	30,4	32,6
200	32,7	32,8
250	38,8	33,1
315	42,4	36,9
400	47,7	38,3
500	49,7	38,5
630	51,4	39,2
800	53,4	39,7
1000	54,9	40,6
1250	58,7	41,7
1600	60,2	40,0
2000	61,2	37,1
2500	60,4	36,8
3150	59,3	39,3
R_w	48	39
C	-1	-3

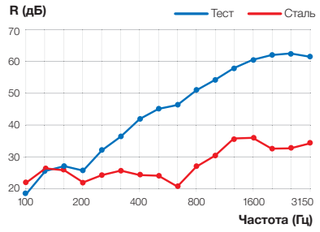


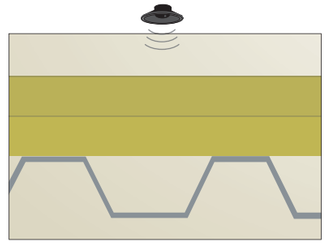


30

SeaRox SL 660, 50 мм и SeaRox WM 660, 40 мм

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	19,3	22,8
125	26,4	27,2
160	27,9	26,6
200	26,5	22,8
250	32,9	25,1
315	37,2	26,5
400	42,7	25,1
500	45,9	24,9
630	47,1	21,5
800	51,7	27,7
1000	55,0	31,2
1250	58,7	36,6
1600	61,3	36,8
2000	62,8	33,4
2500	63,3	33,5
3150	62,3	35,0
R_w	44	30
C	-1	-2

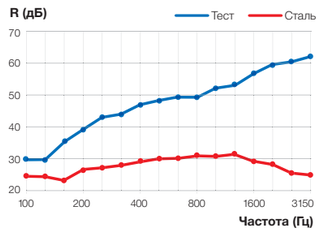


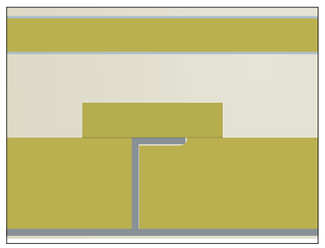


31

SeaRox SL 740, 50 / 25 мм полоски на L-профилях и 25-мм панели

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	36,6	29,4
125	36,4	29,2
160	43,9	27,9
200	48,9	32,5
250	53,9	33,0
315	55,3	34,1
400	59,2	35,5
500	61,0	36,7
630	62,6	37,0
800	62,4	38,0
1000	66,1	37,9
1250	67,3	38,8
1600	72,2	35,9
2000	76,2	34,5
2500	77,2	31,0
3150	79,4	30,1
R_w	62	36
S	-4	-2

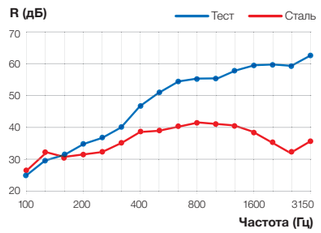


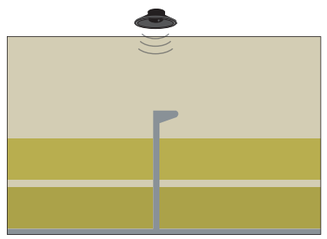


32

SeaRox SL 340, 2 x 50 мм с 5–10 мм воздушным зазором

	Тест	Сталь
Гц	дБ	дБ
100	25,4	27,0
125	30,1	32,7
160	32,1	31,3
200	35,1	32,0
250	37,2	32,8
315	40,4	35,4
400	47,1	39,1
500	51,2	39,5
630	54,9	40,9
800	55,8	42,1
1000	56,0	41,7
1250	58,3	41,3
1600	60,1	39,2
2000	60,2	35,8
2500	59,6	32,7
3150	62,9	36,0
R_w	49	39
S	-2	-2





Приложение II

21.0 Правила и нормативы

Правила и нормативы, регулирующие строительство судов и нефтедобывающих платформ, отличаются большой сложностью. Для обеспечения выполнения всех правил необходимо изучить большой объем документации, но в то же время все требования носят базовый характер.

Большинство нормативов в отношении уровня шума касается только базовых уровней звуковой энергии и не затрагивают более сложных параметров, например, реверберации, что могло бы повысить акустический комфорт. Следовательно, задача состоит в том, чтобы сочетать выполнение правил и нормативов с профессиональным акустическим проектированием и дизайном.

Базовые правила создаются ИМО, однако во многих странах национальные органы устанавливают более жесткие требования по обеспечению безопасности и комфорта экипажей. Для морских судов различных классов существуют дополнительные требования к классификации.

Для морских нефтегазопромысловых сооружений требования устанавливаются в основном национальными органами – как правило, министерствами энергетики стран.

Кроме того, существуют требования, предъявляемые заказчиками, особенно крупными круизными компаниями и нефтяными компаниями, а также отраслевые стандарты.

Ниже приведены примеры правил и нормативов.

- Международная конвенция по охране человеческой жизни на море (СОЛАС) II-1, регл. 36
- Международный кодекс по безопасности скоростных судов 2000 года, гл. 10.4
- Резолюция ИМО A.468(XII). Кодекс уровней шума на борту судов
- Стандарт NORSOK S-002. Условия труда. Август 2004 г.
- Датское энергетическое агентство. Регламент уровня шумов, расп. 54, январь 2006 г.
- Стандарт NORSOK C-002. Архитектурные компоненты и оборудование, 02.11.1997
- Управление морского транспорта Норвегии. Условия труда
- Регистры (DNV, LR, ABS, BV...). Классы комфортности
- Регистр Ллойда. Временный регламент по уровню шумов для классов комфортности
- Норвежский веритас. Предварительный регламент по классификации судов, 2005 г.
- Гармонизированный классификатор GL. Регламент по уровню шумов и вибраций для обеспечения комфорта. Круизные суда, 2003 г.
- Классы обслуживания Бюро Веритас. Комфорт на борту судов, 2000 г.
- Американское бюро судоходства. Правила по условиям обитания для экипажей судов, 2001 г.
- Общество инженеров-кораблестроителей Великобритании. Правила оценки уровня шумов и вибраций для обеспечения комфорта на борту пассажирских судов, 1999 г.
- Национальные органы охраны окружающей среды

Наши специалисты всегда готовы оказать поддержку.

22.0 Стандарты испытаний

Для испытаний сегодня используются различные методики, принятые на международном уровне. Некоторые из них разработаны специально для судостроения и строительства морских нефтегазопромысловых сооружений, однако в основном это общие стандарты ISO, которые используются повсеместно.

Вот некоторые из таких стандартов:

Судостроительные измерения	
ISO_2923-1997 + ISO_2923_Cor	Измерение уровня шума на борту судов

Звукоизоляция	
ISO 140	Акустика – Измерение звукоизоляции зданий и их элементов
ISO 717-1	Акустика – Оценка звукоизоляции зданий и их элементов, изоляция воздушного шума
ASTM E90	Стандартный метод лабораторных измерений коэффициента потери при передаче воздушного шума через перегородки зданий
ASTM E413	Классификация изоляции
ISO 15186	Акустика – Измерение звукоизоляции зданий и их элементов с использованием интенсивности звука
ISO 10848	Акустика – Лабораторные измерения бокового распространения воздушного и ударного шума между соседними комнатами

Звукопоглощение	
ISO 354	Акустика – Измерение поглощения звука в реверберационной комнате
ISO 11654	Поглотители звука строительного назначения – Оценка звукопоглощения
ASTM C423	Стандартный метод испытаний звукопоглощения и коэффициентов звукопоглощения в реверберационной комнате
ISO 10534	Акустика – Определение коэффициента звукопоглощения и импеданса в импедансной трубе

Свойства материалов	
ISO 9052	Акустика – Определение динамической жесткости
ISO 9053	Акустика – Материалы для акустического применения – Определение сопротивляемости продуванию потоком воздуха

Акустика помещений	
ISO 3382	Акустика – Измерение акустических параметров помещения

23.0 Обозначения и единицы

Символ	Единица		Описание
α	-	-	коэффициент поглощения звука:
α_w	-	-	взвешенный коэффициент поглощения звука (по ISO 11654)
c	м/с	метров в секунду	скорость звука
f	Гц	Герц	частота
f_{11}	Гц	Герц	первая естественная частота вибрации панели
f_c	Гц	Герц	критическая частота
f_o	Гц	Герц	резонансная частота (например, системы с подпружиненными массами)
I	Вт/м^2	Ватт/кв. метр	интенсивность звука
λ	м	метров	длина волны
L_A	дБ	децибел	А-взвешенный уровень звукового давления
L_I	дБ	децибел	уровень интенсивности звука
L_{lin}	дБ	децибел	уровень звукового давления без частотного взвешивания
L_n	дБ	децибел	нормализованный уровень давления от ударного шума (обычно в третьоктавных полосах)
L_p	дБ	децибел	уровень звукового давления
SPL	дБ	децибел	уровень звукового давления
L_w	дБ	децибел	уровень акустической мощности
p	Па	паскаль	звуковое давление
P	Вт	ватт	акустическая мощность
$p_{этал}$	Па	паскаль	эталонное давление звука (= $20*10^{-6}$ Па = 20 мкПа)
$P_{этал}$	Вт	ватт	эталонная акустическая мощность (= 10^{-12} Вт)
r	кг/м^3		плотность
R	дБ	децибел	индекс ослабления звука (обычно в третьоктавных полосах)
R_w	дБ	децибел	индекс ослабления звука, взвешенный согласно ISO 717
R_s	Па*с/м		удельное сопротивление продуванию потоком воздуха (определение согласно ISO 9053)
R_s	Па*с/м^2	сопротивление продуванию потоком воздуха	(определение согласно ISO 9053)
s'	Н/м^3	ньютонов на м^3	динамическая жесткость (определение согласно ISO 9052)
η	-	-	коэффициент потерь

24.0 Гиперссылки

Ниже приведены некоторые ссылки на веб-сайты, посвященные теме шума в судостроении.

- http://www.rockwool-searox.ru
- http://www.lr-ods.com
- http://www.imo.org
- http://www.iacs.org.uk/explained/members.aspx
- http://www.bksv.com
- http://www.eaa-fenestra.org
- http://www.eaa-fenestra.org/links/mme
- http://www.i-ince.org
- http://www.icacommission.org
- http://www.astm.org

25.0 Ссылки на литературу

Литература по акустике

Leo L. Beranek
Acoustical Measurements, Acoustical Society of America, New York (1988)

István L. Vér and Leo L. Beranek
Noise and Vibration Control Engineering, John Wiley & Sons, Inc. (2006)

Heinrich Kuttruff
Room Acoustics, Applied Science Publishers, London (1973)

Z. Maekawa and P. Lord
Environmental and Architectural Acoustics, E & FN Spon, London (1993)

Поглощение
Преобразование звуковой энергии (волн давления) в тепловую в пористом материале (например, минеральной вате).

Приложение III

26.0 Словарь терминов

A

ASTM E90 – Стандартный метод лабораторных измерений коэффициента потери при передаче воздушного шума через перегородки зданий
Методика тестирования описывает лабораторное изменение ослабления воздушного шума при его передаче через перегородки зданий (стены, полы и потолки, двери, окна, крыши, панели и т.д.).

ASTM E413 – Классификация звукоизоляции
Значение STC (Класс звукопередачи) рассчитывается для частот от 125 до 4000 Гц. Эквивалентом STC по ISO является взвешенный индекс ослабления звука (Rw). Он определяется согласно ISO 717: Оценка звукоизоляции в зданиях и строительных элементах. Эталонная кривая охватывает частоты 100-3150 Гц. Правило 8 дБ в данном случае не действует. Обычно STC и Rw примерно равны.

ASTM C423
Стандартный метод испытаний звукопоглощения и коэффициентов звукопоглощения в реверберационной комнате.
Показатель коэффициента поглощения звука в рассеянном поле (метод помещений) и расчет значения NRC (коэффициент уменьшения шума).

I

ISO 140
Акустика – Измерение звукоизоляции зданий и их элементов
Часть – 1 ... 18 – Определение индекса ослабления звука, ударного шума и измерений (R, Dne, L)

Наиболее значимо:
Часть 3: Лабораторные измерения изоляции воздушного шума элементами зданий

Часть 4: Полевые измерения изоляции воздушного шума между помещениями

Часть 6: Лабораторные измерения изоляции ударного шума полом

Часть 7: Полевые измерения изоляции ударного шума полом

ISO 717
Акустика – Рейтинг звукоизоляции зданий
и их элементов

Rw, (C, Ctr)

Значение Rw (взвешенный индекс ослабления звука) рассчитывается для частот от 100 до 3150 Гц на основании результатов измерений (например, по ISO 140-3), различных условий адаптации для расширенных диапазонов частот и имеющихся спектров шума.

Ln,w

Значение Ln,w (взвешенный нормализованный уровень ударного звукового давления) рассчитывается для частот от 100 до 3150 Гц на основании результатов измерений (например, по ISO 140-6).

ISO 15186
Акустика – Измерение звукоизоляции зданий и их элементов с использованием интенсивности звука.

В ISO 15186-3:2002 описывается основанный на интенсивности звука метод определения индекса ослабления звука и нормализованной разницы уровней для элементов зданий при низких частотах. Этот метод намного лучше воспроизводится в типичных тестовых условиях, чем методы ISO 140-3, ISO 140-10 и ISO 15186-1.

Результаты меньше зависят от размеров лаборатории и ближе к значениям, которые были бы измерены между помещениями объемом свыше 300 м^3. ISO 15186-3 применяется в диапазоне частот от 50 до 160 Гц, однако наиболее подходит для диапазона 50–80 Гц.

Результаты, полученные методом ISO 15186-3, можно сочетать с результатами по ISO 140-3 и ISO 15186-1 для получения данных в диапазоне 50–5 000 Гц.

ISO 10848
Акустика – Лабораторные измерения бокового распространения воздушного и ударного шума между соседними комнатами.

ISO 10848-2:2006 относится к легковесным элементам – подвесным потолкам, полам, легким фасадам или плавающим полам. Передача звука из одного помещения в другое может одновременно происходить как через тестируемый элемент, так и через пространство между потолком и фальшпотолком. Метод ISO 10848-2:2006 позволяет измерить лишь общую передачу звука, не разделяя два типа передачи.

ISO 10848-3:2006 относится к структурно соединенным легким элементам, образующим Т-образные или Х-образные соединения. Эффективность элементов конструкции выражается либо как общее количество для сочетания элементов и соединения, либо как коэффициент ослабления вибрации для соединения.

ISO 354
Акустика – Измерение поглощения звука в реверберационной комнате. Измерение коэффициента поглощения звука в рассеянном поле (метод помещения)

ISO 11654
Поглотители звука строительного назначения – Оценка звукопоглощения Расчет значений ap (значения для октавных полос) и aw (взвешенное поглощение звука) и определение классов поглощения звука A ... E.

ISO 10534
Акустика – Определение коэффициента звукопоглощения и импеданса в импедансной трубе.

Описывает метод определения коэффициента поглощения звука, фактора отражения, поверхностного импеданса или амплитуды материалов и объектов. Значения получаются путем оценки стоячих волн в трубе, создаваемых наложением падающей синусоидальной волны и отраженной от испытываемого объекта планарной волны.

ISO 9052
Акустика – Определение динамической жесткости.
Относится к упругим материалам с ровной поверхностью (в том числе минеральной вате). Не действует для нагрузок менее 0,4 кПа или более 4 кПа, то есть для материалов отделки стен и оснований под оборудование.

ISO 9053
Акустика – Материалы для акустического применения – Определение сопротивляемости продуванию потоком воздуха

ISO 3382
Акустика – Измерение акустических параметров помещения
ISO_2923-1997 +
ISO_2923_Cor Измерение уровня шума на борту судов

L

Ln
Нормализованный уровень звукового давления для ударного шума в помещении, издаваемого стандартной ударной машиной в другом помещении.

R

R_w. R'_w: взвешенный индекс ослабления звука, дБ
Однозначное число, соответствующее рейтингу ослабления звука при прохождении через стену или другой элемент здания. Поскольку степень ослабления звука зависит от частоты, тестовые измерения подвергаются стандартной процедуре, результатом которой является однозначное число, соответствующее среднему ослаблению звука в середине диапазона слышимости человека. Процедура взвешивания стандартизирована в ISO 717-1 для ослабления воздушного шума.

R'_w (дБ) – это взвешенный индекс ослабления звука в здании, включая боковое распространение шума.

R_w – лабораторное значение взвешенного индекса ослабления звука без учета бокового распространения.

A

A-взвешивание
Настройка частотной характеристики измерения звука с целью адаптации выходного сигнала к частотной характеристике человеческого уха (наилучшие характеристики при уровне звука 40 ... 50 дБ(A)).

Значения A-фильтра [дБ] в октавных полосах от 31 Гц до 8 кГц:

31 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц
-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1

Акустическая мощность
Акустическая энергия (в Вт), излучаемая источником звука или передаваемая по определенному пути (например, воздуховоду).

Акустические свойства помещения
Характеристики, описывающие поведение звука в закрытом помещении. Относятся к распространению звука в помещении (поглощение и отражение звука поверхностями, поглощение воздухом). Важнейшие параметры – время реверберации, эхо, разборчивость речи.

Акустический импеданс
Акустический импеданс Z – это отношение звукового давления p к скорости частиц v в среде или акустическом компоненте, обычно выражающееся как Z = R + iX. Сопротивление среды и компонента называется соответственно акустическим сопротивлением и акустическим реактивным сопротивлением. См. также характеристический импеданс.

Амплитуда
Мгновенное значение колеблющегося параметра – например, давления звука. Пиковая амплитуда соответствует максимальному значению.

Аурализация
Аурализация – процесс превращения звукового поля источника в пространстве в «слышимый звук» путем физического или математического моделирования таким образом, чтобы смоделировать бинауральное слуховое ощущение на заданной позиции моделируемого пространства, [Kleiner et al 1993].

Б

Белый шум
Белый шум – это шумовой сигнал, включающий одинаковое количество звуковой энергии на всех частотах.

Боковое распространение шума
Непрямая передача звука из одного пространства в другое через соседние части структуры. К примеру, ударный шум передается в соседнюю комнату не только через деревянный пол, но и через стену.

Быстрый индекс передачи речи (RASTI)
Быстрый индекс передачи речи (RASTI) – это показатель разборчивости речи, аналогичный STI. При измерении RASTI используется более ограниченный диапазон частот, чем в STI.

B

Вносимые потери
Ослабление звука элементом, встроенным в конструкцию. Например, ослабление воздушного шума в вентиляционном канале глушителем. Вносимые потери часто измеряются как разница в уровне шума в точке-приемнике с учетом и без учета элемента.

Воздушный звук
Воздушный звук – распространение звука в воздухе в виде волн давления. Распространение звука в твердых материалах называется структурным звуком.

Время ранней реверберации EDT(s)
Измеряется так же, как время реверберации, однако относится к начальному отрезку времени реверберации (от 0 до -10 дБ). EDT в пределах помещения варьируется гораздо сильнее, чем время реверберации T20 или T30, поэтому чаще используется как локальный параметр для части помещения (например, сцены в концертном зале), а не для всего помещения.

Время реверберации
Параметр, используемый в акустическом проектировании. Определяется как время, необходимое для ослабления звука на 60 дБ после отключения источника звука. Иногда время реверберации определяется как T20 (экстраполированное время ослабления звука с -5 дБ до -25 дБ) или T30 (экстраполированное время ослабления звука с -5 дБ до -35 дБ).

Г

Геометрическая акустика
Модель геометрической акустики основываются на теории лучей, то есть допущения, что звук идет из одной точки в другую по прямой. Таким образом, неокклюдированный линейный путь от источника к приемнику достаточен для моделирования прямого звука, а зеркальные отражения могут быть моделированы кусочно-линейными путями, подчиняющимися закону Снелла при встрече с плоскими отражающимися поверхностями.

Герц
Герц (Гц) – единица частоты. См. также частота.

Д

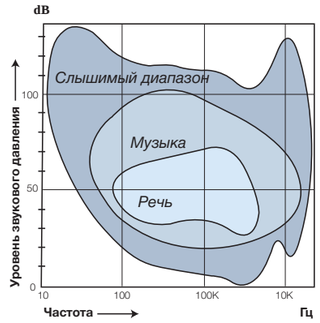
дБ(А)
См. А-взвешивание.

дБ, децибел
Логарифмическая единица (с базой 10) для описания отношения. Может описывать отношение мощности, звукового давления, напряжения, интенсивности и т.д. В акустике мощность звука P [в Вт] и звуковое давление p [в Па] выражаются в дБ как отношение к определенному эталонному значению:

Двухстенная конструкция
В строительной акустике – перегородка, состоящая из двух внешних мембран и зазора между ними, где взаимодействие между внешними мембранами и зазором определяет акустическое поведение при передаче звука. Использование поглощающего материала (например, ROCKWOOL) в зазоре улучшает звукоизоляцию. Положительное акустическое поведение двухстенной конструкции с поглощающим материалом частично ухудшается звуковыми мостами (например, стальным каркасом гипсокартонных стен), обеспечивающими механическое соединение двух мембран. Типичный пример двухстенных конструкций – легковесные судостроительные панели для перегородок. С математической точки зрения двухстенные конструкции являются системами с подпружиненными массами (две мембраны представляют собой массы, а зазор (сжимаемый воздух) – пружину).

Дефлектор
Плоская пластина или аналогичное устройство. В акустике свободно висящие дефлекторы абсорбирующего материала (например, минеральной ваты) могут использоваться для контроля акустических свойств помещения. Также они могут быть закреплены в вентиляционных шахтах для ослабления воздушного шума.

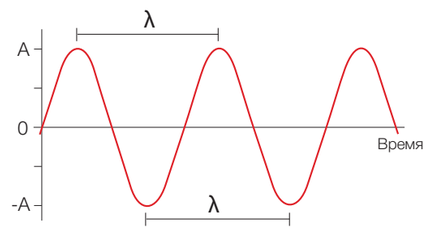
Диапазон слышимых частот
Человек слышит звуки в диапазоне частот от 20 до примерно 20 000 Гц. Этот диапазон называется диапазоном слышимых частот.



Диапазон слышимых частот

Динамический диапазон
Разница между самыми тихими и самыми громкими фрагментами воспроизводимого звука. Выражается обычно в децибелах.

Длина волны
Длина волны l – это расстояние между двумя пиками волны.



З

Заглушенная камера
Заглушенная камера – это помещение без реверберации и эха. Акустическое пространство без эха и реверберации. Часто используется для акустических испытаний (микрофонов, громкоговорителей и т.д.) или звукозаписи.

Закон массы
Приближение, описывающее потерю при передаче звука TL (индекс ослабления звука R) мягкого, гибкого барьера с точки зрения массовой плотности и частоты. Согласно закону массы, при каждом удвоении веса или частоты перегородки значение TL (или R) увеличивается на 6 дБ.

Для большинства строительных материалов закон массы действует лишь в ограниченном диапазоне частот. Большое влияние на взвешенные значения Rw оказывают другие факторы – например, уменьшение звукоизоляционных свойств при критической частоте.

Звук
Колебания давления, обычно в пределах слышимого диапазона, в результате смещения газа, жидкости или твердого тела, которое можно обнаружить механическим или электромеханическим преобразователем (барометром, микрофоном, человеческим ухом). Звук распространяется как волны в газе или жидкостях и как вибрация в твердых телах.

Звуковое давление
Звуковое давление p (или акустическое давление) – это значение в паскалях среднеквадратического отклонения давления (от атмосферного давления), вызванного прохождением звуковой волны через фиксированную точку. Давление обозначается строчной буквой p. Заглавной P обозначается мощность. Эти два символа часто путают. Единица измерения – Па (паскаль).

$L_w = 10 \bullet \log \frac{P}{P_0}$ эталонное значение: $P_0 = 10^{-12}$ Вт

Звуковой мост
По аналогии с термальными мостами в теплоизоляционных конструкциях, звуковые мосты передают энергию звука в виде структурного шума между двумя частями конструкции, связанными только через звуковой мост. Типичный пример звукового моста – стальные штыри в двойных стенах (например, стены из гипсокартона). Звуковые мосты могут значительно ухудшить звукоизоляцию и стать основным путем передачи звука.

Звуковые волны
См. Звук.

Звукоизоляция
Уменьшение передачи звука через элемент здания.

Звукоизоляционный материал: Специальный материал для улучшения звукоизоляции конструкций (например, ROCKWOOL).

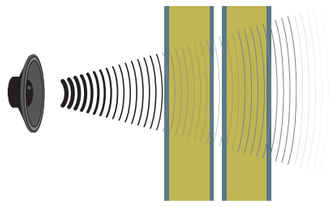
Звукопоглощение
Свойство материала, описывающее степень поглощения им звуковых волн. Поглощение звуковой волны обозначает ее преобразование в другой вид энергии (например, тепло). См. также Коэффициент поглощения звука.

И

Изоляция воздушного шума
Уменьшение интенсивности звука при прохождении звуковой волны через элемент строения (разница между уровнем входящей воздушной волны и выходящей волны).

Звукоизоляция, как правило, выражается индексом ослабления звука R.

R зависит от частоты звука, проходящего через элемент, и измеряется в третьоктавных полосах.



Импульсная характеристика
Измеренное или рассчитанное давление воздуха (во времени) в принимающей точке при генерировании импульса в исходной точке. Импульсная характеристика позволяет рассчитать все акустические локальные параметры (например, время реверберации, разборчивость речи). Импульсная характеристика описывает все отражения между исходной и конечной точками.

Индекс ослабления звука R
См. также: R_w·R'_w: взвешенный индекс ослабления звука, дБ. Уменьшение воздушного шума при прохождении через переборку/палубу (перегородку).

Индекс передачи речи – STI (%)
Метод измерения STI включает частоты от 125 до 8000 Гц, а результатом его является значение от 0 до 1, которое можно интерпретировать по следующей субъективной шкале. STI – это локальный параметр, измеренный между одной передающей и одной принимающей точками.

Субъективная шкала	Значение STI
Очень плохо	0,00–0,30
Плохо	0,30–0,45
Удовлетворительно	0,45–0,60
Хорошо	0,60–0,75
Отлично	0,75–1,00

Интенсивность звука
Величина, равная отношению потока звуковой энергии через поверхность, перпендикулярную направлению распространения звука, к площади этой поверхности. Измеряется в ваттах на м^2 (Вт/м^2), обозначается как I.

К

кГц (килогерц)
Единица частоты: 1 кГц = 1000 Гц

Класс передачи звука (STC)
Однозначное число, соответствующее классу (по ASTM E413) звукоизоляции по аналогии с взвешиванием Rw согласно ISO 717. STC включает частоты от 125 до 4000 Гц, Rw от 100 до 3150 Гц.

Коэффициент направленности
Коэффициент направленности Q – это отношение интенсивности (Вт/м^2) на определенном расстоянии и под определенным углом к источнику и интенсивности на том же расстоянии, если общая мощность источника рассеивается равномерно во всех направлениях.

$$Q = \left(\frac{I_\theta}{I}\right)$$

где Iq = интенсивность звука на расстоянии r и под углом q к источнику I = средняя интенсивность звука на сферической поверхности на расстоянии r.

Логарифмический коэффициент направленности (DI) определяется как:

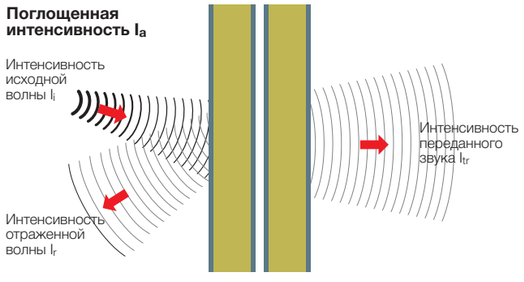
$$DI = 10 \bullet \log_{10}\left(\frac{I_\theta}{I}\right)$$

Коэффициент ослабления шума
Коэффициент ослабления шума (NRC) – это средний коэффициент поглощения звука, измеренный на четырех частотах: 250, 500, 1000 и 2000 Гц, округленный до ближайшего целого кратного 0,05.

Коэффициент передачи звука, r
[без измерения]---доля звука определенной частоты, проходящая через перегородку и излучаемая с другой ее стороны.

Коэффициент поглощения α
Свойство материала, описывающее эффективность поглощения звуковых волн... α = 1 обозначает поглощение 100%, α = 0 обозначает отражение 100%.

При выборе отделочных материалов необходимо выбирать оптимальный коэффициент поглощения, соответствующий назначению помещения. Высокий коэффициент поглощения не всегда оптимален – все зависит от назначения помещения. Коэффициент поглощения влияет на время реверберации.



Показатель поглощения звука поверхностью. Соответствует части звуковой энергии, поглощенной (не отраженной) поверхностью. Если не указано иное, имеется в виду рассеянная звуковая энергия. Значение коэффициента поглощения обычно варьируется от 0,01 для мраморной плиты до почти 1,0 для длинных поглощающих клиньев в заглушенных помещениях.

Коэффициент поглощения звука измеряется в третьоктавных полосах согласно ISO 354 и взвешивается как α_w по ISO 11654.

Коэффициент поглощения звука
См. Коэффициент поглощения.

Коэффициент поперечной энергии
LEF – это параметр, описывающий (упрощенно), сколько звука приходит от боковых стен к слушателю по сравнению со звуком, приходящим позже. Этот параметр связан с субъективным восприятием пространства в концертном зале.

Кривые RC (критерии помещения)
Кривые оценки уровня шума, используемые в основном в США и описывающие фоновый шум (например, от кондиционеров).

Критическая частота
В строительной акустике – частота, при которой скорость звука в воздухе равна скорости распространения изгибных волн в перегородке. При критической частоте меняется основной механизм передачи звука через перегородку. Индекс ослабления звука в этот момент значительно снижается.

Критическая частота зависит от материала (его прочности на изгиб) и толщины перегородки.

Л

Легковесные перегородки
Внутренние перегородки, состоящие из каркаса (деревянного или металлического), внешних панелей (гипсокартон, фанера) и заполненные звукопоглощающим материалом (например, минеральной ватой), что обеспечивает двухстенную конструкцию с высокими звукоизоляционными свойствами. Аналогичную конструкцию имеют и стандартные судостроительные панели.

О

Обертон
Частота, кратная основной частоте тона. Обертоны (их также называют гармониками: 1ый обертон соответствует 2ой гармонике) определяют гармонический спектр звука. К примеру, вентилятор со скоростью вращения 45 Гц (= 60*45 = 2700 об/мин) создает вибрацию с частотой 45 Гц и обертона на 90, 135, 180 Гц.

Окружающий шум
Смесь воздушных шумов от многочисленных источников. Ни один из шумов не выделяется на фоне других.

Октава
В музыке октава – интервал между музыкальной нотой и нотой, имеющей вдвое большую или меньшую частоту. К примеру, интервалы между нотами с частотами 200, 400 и 800 Гц равны октаве. Таким образом, отношение между частотами нот, разделенных октавой, равно 2:1. Октавы разделяют ноты с частотой 2*n* от частоты исходной ноты (где *n* – целое число), то есть в 2, 4, 8, 16 и т.д. раз.

Например, 50 Гц и 400 Гц отстоят от 100 Гц на одну и две октавы соответственно, поскольку равны 1 / 2 (1 / 21) и 4 (22) значениям исходной частоты, однако 300 Гц не отстоит на целую октаву от 100 Гц, хотя и находится в гармонии с 100 Гц.

Октавная полоса
Диапазон частот, верхняя граница которого имеет в два раза большую частоту, чем нижняя граница. Диапазон слышимых частот часто разделяется на полосы частот, поскольку передача звука через твердые барьеры в значительной степени зависит от частоты звука. Самым широким из обычно используемых диапазонов является октава. Октава – это любой диапазон частот, верхняя граница которого имеет в два раза большую частоту, чем нижняя граница. К примеру, диапазон частот от 707 до 1414 Гц является октавой. Полоса определяется средней частотой, вычисляемой как квадратный корень из произведения верхней и нижней частот. Для описанного выше диапазона средняя частота равна 1000 Гц. Весь диапазон слышимых человеком частот можно разделить на следующие 10 стандартных октавных полос: 31 Гц, 63 Гц, 125 Гц, 250 Гц, 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц, 8000 Гц и 16000 Гц

Ослабление
При прохождении звука через среду его интенсивность уменьшается с расстоянием. Две основных причины уменьшения энергии звука – рассеяние и поглощение. В сочетании эти причины называются ослаблением.

Ослабление звука
Уменьшение интенсивности звука или звукового давления при передаче из одной точки в другую.

Отражение
Отражение происходит при попадании звуковой волны на поверхность с низким коэффициентом поглощения. Звуковая волна отражается от поверхности и возвращается в помещение.

Отражение звука
См. Отражение.

П

Передача ударного шума
Распространение ударного шума через элементы здания. К примеру, распространение шума от предмета, уроненного на пол, или от шагов по полу. Ударный шум передается как вибрация в элементах здания на большие расстояния, в том числе в помещения, которые не прилегают вплотную к помещению-источнику.

Пиковый уровень
Максимальная мгновенная амплитуда волны (звукового давления).

Пленум
Пространство между фальшпотолком и основным потолком, либо между фальшполом и основным полом. Акустические свойства пленума влияют на распространение звука в здании и акустику помещения.

Поглощение в пористом материале
Поглощение звука пористым материалом (например, минеральной ватой ROCKWOOL) в результате трения воздуха о материал (волокна). Другие виды поглощения могут быть вызваны интерференцией волн (например, в поглотителе Гельмгольца или мембранных поглотителях).

Поглощение воздухом
В расчетах времени реверберации для учебных классов поглощение воздухом, как правило, игнорируется, однако для больших помещений оно может стать значительным. Поглощение воздухом зависит от частоты звука, температуры воздуха и относительной влажности.

При расчете времени реверберации поглощение воздухом можно учесть путем добавления эквивалентной площади поглощения для ослабления звука воздухом (согласно EN 12354-6):

$$A_{возд} = 4*m * V$$

V – объем помещения

	m в 10^{-3} непер на метр для октавных полос с центральной частотой в Гц						
	125	250	500	1 тыс.	2 тыс.	4 тыс.	8 тыс.
10 °C, влажность 30%–50%	1,0	0,2	0,5	1,1	2,7	9,4	29,0
10 °C, влажность 50%–70%	1,0	0,2	0,5	0,8	1,8	5,9	21,1
10 °C, влажность 70%–90%	1,0	0,2	0,5	0,7	1,4	4,4	15,8
10 °C, влажность 30%–50%	1,0	0,3	0,6	1,0	1,9	5,8	20,3
10 °C, влажность 50%–70%	1,0	0,3	0,6	1,0	1,7	4,1	13,5
10 °C, влажность 70%–90%	1,0	0,3	0,6	1,0	1,7	3,5	10,6

Внимание: Значения получены на основании таблиц коэффициента ослабления атмосферным поглощением в дБ на км в ISO 9613-1 для третьоктавных полос путем деления значений из таблиц на 4,343 (=10 ig e). Значения для октавных полос взяты для средней третьоктавной полосы ниже 1 кГц и для нижней третьоктавной полосы выше 1 кГц. Значения линейно усреднены по влажности в указанном диапазоне.

Пример для 1000 Гц: Объем комнаты 500 м², температура 20 °C, влажность 50% ⇒ m= 1*10-3 = 0,001

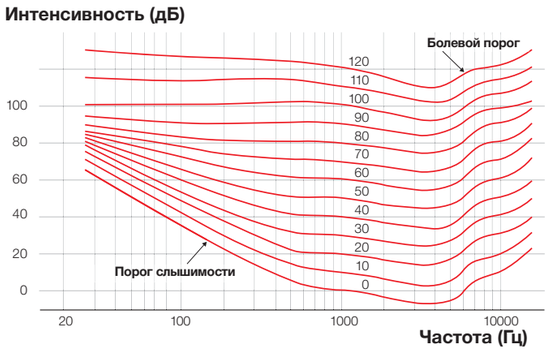
$A_{возд,1000\ Гц} = 4*m*V = 4*0,001*500 = 2$ м²

Полоса пропускания
Диапазон частот (в Гц) для фильтров при спектральном анализе частот. Обычно используются октавные и третьоктавные полосы, однако могут существовать и 1/12-октавные полосы.

Порхающее эхо
Многократные акустические отражения между параллельными поверхностями.

Предел слышимости
Предел слышимости соответствует уровню звукового давления SPL в 20 мкПа (микропаскалей) = 2x10-5 Паскалей (Па). Этот минимальный порог амплитуды (сила звукового давления) зависит от частоты. См. кривую частот на рис. 2. Абсолютный порог слышимости (ATH) – это минимальная амплитуда (уровень силы) чистого тона, слышимое здоровым ухом в бесшумных условиях.

Порог слышимости зависит от частоты и обычно минимален (указывая на максимальную чувствительность уха) на частотах от 1 до 5 кГц. Типичная кривая ATH показана на рис. 1. Абсолютный порог слышимости обозначается самой низкой кривой из серии контуров с одинаковой громкостью. Самая высокая кривая соответствует порогу боли.



Р

Разборчивость
См. Разборчивость речи.

Разборчивость речи
Оценка легкости восприятия речи. Сложная функция психоакустики, отношения сигнал-шум для источника звука, а также отношения прямого и отраженного звука, достигающего слушателя. Разборчивость речи (обычно измеряется в присутствии шума или искажения) описывается как индекс передачи речи (STI).

Реверберация
Процесс постепенного уменьшения интенсивности звука при его многократных отражениях. См. время реверберации.

Реверберационное звуковое поле (рассеянное звуковое поле)
Звуковое поле, состоящее из отраженных звуков, в котором среднее по времени значение среднеквадратического давления звука остается постоянным и энергия может течь в любом направлении. Для этого необходимо помещение с твердыми поверхностями, имеющими очень низкий коэффициент поглощения.

Резонанс
Воздействие на систему с частотой, совпадающей с одной из естественных частот вибрации данной системы. На резонансной частоте амплитуда вибрации системы при фиксированной амплитуде внешней силы достигает максимума.

Резонансная частота
Частота естественной вибрации системы при ее возбуждении.
К примеру, при ударе камертон вибрирует с определенной частотой. В строительной акустике резонанс системы с подпружиненными массами для двойной конструкции снижает изоляционные свойства данной конструкции при данной частоте. См. также Резонанс.

Резонатор Гельмгольца
Закрытый контейнер с небольшим отверстием. Может иметь форму цилиндра или сферы. Обычная бутылка является резонатором Гельмгольца. Устройство используется в акустике для замыкания звуков низкой частоты. Резонатор служит пассивным устройством управления звуком.

Розовый шум
Розовый шум – это шум с равной мощностью в каждой октавной полосе.

С

Сабин
Автор уравнения, описывающего реверберацию.
Уоллес Клемент Сабин (Wallace Clement Sabine), родоначальник современной архитектурной акустики (1868–1919). Установить связь между временем реверберации и акустическим поглощением в помещении. Спроектировал Симфонический зал в Бостоне, который считается одним из лучших концертных залов в мире.

Свободное поле
Звуковое поле, границы которого не оказывают заметного влияния на звуковые волны. В свободном поле звуковые волны распространяются в виде сферы и ослабляются на 6 дБ при каждом удвоении дистанции от точечного источника и на 3 дБ при каждом удвоении дистанции от линейного источника. Свободное поле может использоваться как эталон при определении акустических параметров помещения.

Синусоидальная волна
Простейшая форма периодической волны, выражающаяся уравнением y = sin x, где x – угол, а y – напряжение или уровень звукового давления. Все остальные формы могут быть созданы путем добавления (смешения) нескольких синусоидальных волн. Волна «чистого тона» имеет синусоидальную форму.

Скорость затухания
При заданной частоте, время, через которое уменьшается уровень звукового давления в помещении после отключения источника звука. Для помещения с рассеянным звуковым полем (реверберационной комнаты) скорость затухания d является постоянной и связана с временем реверберации T = 60 дБ.

Скорость звука
Среднее значение фазовой скорости акустической (или звуковой) волны. В идеальном неподвижном газе скорость звука с является термодинамическим свойством, зависящим только от равновесного состояния газа. R – константа для газа; T – абсолютная температура.

Для обычного воздуха при t = 20°C ⇒ c ≈ 340 м/с

В воде скорость звука равна прибл. 1500 м/с. В твердых материалах распространение звука зависит от формы волны. Для продольных волн скорость (в м/с) составляет:

- Стекло 5 500-6 000
- Алюминий, сталь 5 100
- Дерево 3 400-4 500
- Бетон 4 000
- Кирпич 3 600
- Лед 3 100
- Вода 1 500
- Минеральная вата 180

Слуховой
Имеющий отношение к уху или слуху.

Сопротивление продуванию потоком воздуха
См. Удельное сопротивление продуванию потоком воздуха.

Спектр
В математике, физике и обработке сигналов, спектр частот – это выражение сигнала или другой функции в виде набора частот.

В аудиотехнике в основном используется диапазон частот от 20 до 20 000 Гц. Спектр частот – это распределение этих частот. К примеру, басовые звуки имеют сильную низкочастотную составляющую (20-200 Гц).

Спектр внешнего шума может быть выражен в октавных полосах.

Стоячие волны
Резонанс в закрытом пространстве, в котором звуковые волны, идущие в одном направлении, взаимодействуют с отраженными волнами, идущими в противоположном направлении, что создает стабильное состояние. Стоячие волны в помещении характеризуются максимальным давлением на расстоянии, равном половине длины волны.

Структурный звук/шум
Под воздействием воздушного или ударного шума конструкции здания начинают вибрировать. Вибрацию также вызывает работа механизмов, стоящих на полу или прикрепленных к конструкциям здания. Компоненты вибрации в диапазоне слышимого звука называются структурным звуком. Структурный шум обычно передается в виде волн различных видов (изгибных, продольных, поперечных и т.д.), то есть вибрация также распространяется. Волны распространяются также в помещения, где нет источников звука. Вибрация поверхности элементов конструкции приводит к возникновению звука.

Т

«Твердая» комната
Помещение с поверхностями, поглощающими ограниченную часть звуковых волн. Большая часть звуковых волн отражается (ср. Заглушенная камера). Средний коэффициент поглощения равен 0,1 или менее.

Третьоктавная полоса
Полоса частот шириной (в Гц) в треть октавы. Весь диапазон слышимых человеком частот можно разделить на 31 третьоктавную полосу: третьоктавные полосы используются в случаях, когда анализ октавных полос не обеспечивает достаточного разрешения.

У

Ударный шум
В строительной акустике – шум, издаваемый механическими ударами (шагами, ударами молотка). Согласно ISO 140, передача ударного шума через элементы конструкции измеряется при помощи стандартной ударной машины. Измеренный в помещении уровень звукового давления Li называется давлением ударного шума и выражается как нормализованный уровень давления ударного шума Ln = Li + 10 log(A/10 м2) (A – эквивалентная площадь поглощения помещения). См. также Структурный шум.

Удельное сопротивление продуванию потоком воздуха Rs
Согласно ISO 9053, показатель разницы давления воздуха до и после образца, деленный на скорость потока воздуха, измеренную вне образца.

Для гомогенного материала показатель удельного сопротивления продуванию, деленный на толщину материала, называется сопротивлением продуванию потоком воздуха r.

Сопротивление продуванию потоком воздуха – основное свойство пористого материала, влияющее на поглощение воздуха данным материалом.

Уровень акустической мощности
Акустическая мощность, выраженная в дБ.
Уровень акустической мощности в дБ.

Уровень акустической мощности в дБ

$$L_w = 10 \bullet \log \frac{P}{P_0}$$ эталонное значение: $P_0 = 10^{-12}$ Вт

Уровень звукового давления (SPL)
Уровень звукового давления – это давление p, выраженное в дБ.

Эталонное значение p_o соответствует среднему порогу слышимости человеческого уха.

$$L_P = 20 \bullet \log \frac{P}{P_0}$$ P_0 = 20 мкПа = 0,000020 Па

Уровень звукового давления в дБ

$$L_P = 20 \bullet \log \frac{P}{P_0}$$ P_0 = 20 мкПа = 0,000020 Па

Уровень интенсивности звука LI
Интенсивность звука I, выраженная в дБ.

LI = 10*log(I/Io) дБ

Определяется эталонное значение Io = 10-12 Вт/м2, чтобы значения в дБ уровня давления звука и интенсивности звука в направлении распространения в свободном звуковом поле были равны.

Уровень потери слуха
Разница между уровнем, минимально слышимым человеком с нарушением слуха, и стандартным уровнем, определяемым путем вычисления среднего параметра для группы здоровых молодых людей. Выражается обычно в децибелах. Потеря слуха обычно различна на разных частотах.

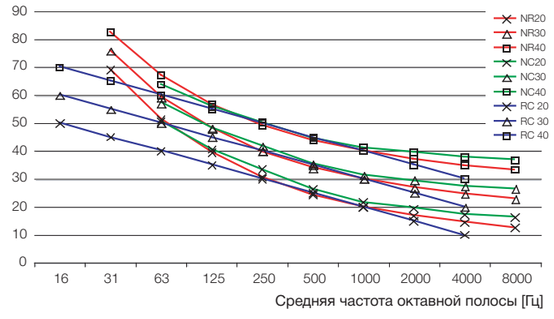
Высокий уровень шума может вызвать временную или постоянную потерю слуха. Звуки с уровнем громкости не выше 80 децибел, даже при долговременном прослушивании, обычно не вызывают нарушение слуха.

Уровень шума
Различные виды кривых уровня шума описывают требования к максимальному уровню звукового давления от внешнего шума (например, кондиционеров):

кривые NR – кривая значения SPL при 1000 Гц
кривые NC – кривая значения SPL при 2000 Гц
кривые RC (критерий помещения) – кривая значения SPL при 1000 Гц

Внешний шум должен вписываться в выбранную кривую на всех частотах.

Кривые уровней шума



Ф

Фильтр
Акустический фильтр пропускает или блокирует компоненты звука в зависимости от их частоты. Проходящие компоненты могут быть усилены или ослаблены. Наиболее популярные фильтры:

Октавный фильтр: Пропускает только частоты в пределах определенной октавы, блокируя все остальные частоты.

Фильтр дБ(A): компоненты различных частот ослабляются или усиливаются согласно значениям A-фильтра (см. дБ(A)).

Фильтр высоких частот: Блокирует все частоты ниже частоты среза.

Фильтр низких частот: Блокирует все частоты выше частоты среза.

Полосовый фильтр: Сочетание фильтров высоких и низких частот с различными частотами среза, позволяющее пропускать только определенную полосу частот. Как правило, к полосовым фильтрам относятся октавные и третьоктавные фильтры.

Фон
Фон – единица воспринимаемой громкости, субъективная характеристика силы (не интенсивности) звука. Значение звука в фонах – это уровень звукового давления в дБ звука частотой 1000 Гц, который воспринимается как такой же громкий, как данный звук. То есть, если звук воспринимается, как такой же громкий, что и звук силой 60 дБ при 1000 Гц, звук имеет громкость в 60 фон.

Фоновый шум
Фоновый шум – это все звуки, кроме необходимого.

Х

Характеристический импеданс
Характеристический импеданс среды (обычно воздуха) – это отношение давления звука p к скорости частиц v в открытом поле (то есть без отражения). Это значение является постоянным для материала и равно произведению плотности воздуха ρ (ро) и скорости звука c:

ρ (ро) = плотность воздуха в кг/м^3
c = скорость звука (скорость звуковой волны) в м/с
Внимание: Z_0 выражается в Па·с/м. До введения паскаля в СИ, импеданс выражался в Н·с/м^3.
Характеристический акустический импеданс воздуха Z_0 равен:
410 Па·с/м при температуре 25°C (77°F)
413 Па·с/м при 20°C (68°F).
°C = градус Цельсия, °F = градус Фаренгейта.

Ч

Частота
Частота измеряется в герцах [Гц] и указывает, сколько раз событие повторяется за единицу времени. К примеру, частота звука – это количество звуковых волн в секунду.

Человек слышит в диапазоне 20–20000 Гц.

Чистота C80, C50 (дБ)
Показатель чистоты – это отношение энергии в начальном звуке по сравнению с энергией в отраженном звуке в дБ. Начальный звук – это звук в первые 80 мс (C50 – 50 мс) после появления прямого звука. Это показатель различимости отдельных звуков.

При недостаточной чистоте затрудняется восприятие быстрых фрагментов музыкального произведения. C80 – функция архитектурного и сценического проектирования. Если в помещении отсутствует реверберация, музыка будет восприниматься очень чисто, и C80 будет иметь высокое положительное значение. При большой реверберации восприятие музыки будет затруднено, а C80 будет иметь сравнительно высокое отрицательное значение. C80 равно 0 дБ, если уровни начального и отраженного звука равны.

При этом часто усредняются значения для 500 Гц, 1000 Гц и 2000 Гц. Такое усредненное значение обозначается как C80(3). Для оркестра часто предпочитают значение C80 от 0 до -4 дБ, однако на репетициях желательно иметь C80 от 1 до 5 дБ, поскольку это позволяет слышать каждую деталь. Для вокала хорошо подходят все значения от +1 до +5 дБ. В целом значение C80 должно находиться в диапазоне от -4 до +4 дБ. В отличие от музыки, для речи чистота измеряется за первые 50 мс (C50), а не 80 мс (C80).

Чистый тон
Чистый тон – это звук, состоящий из одной частоты и имеющий синусоидальную форму волны.

Ш

Широкополосный шум
С точки зрения частот, широкополосный шум имеет постоянный спектр – то есть энергия распределена по всему диапазону частот. Такой звук обычно называют шумом, так как в нем нет доминирующей частоты. Примерами широкополосного шума, используемого в акустических измерениях, являются белый шум и розовый шум.

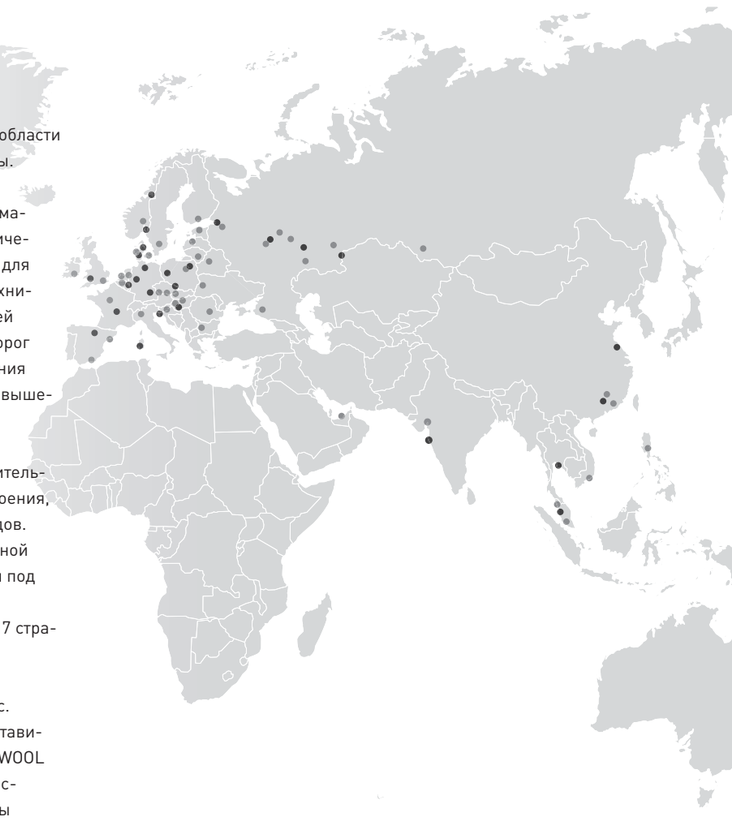
Шум
Нежелательный звук. Шумом может быть любой звук – имеет значение только то, как к этому звуку относится слушатель. Шум мешает восприятию необходимых звуков. Уровень шума зависит от громкости и частоты. См. также Широкополосный шум.

Э

Эквивалентная площадь поглощения
Площадь поверхности, умноженная на коэффициент поглощения. Эквивалентная площадь поглощения материала зависит от частоты звука и обычно указывается для октавной или третьоктавной полосы. Общая площадь поглощения помещения позволяет рассчитать время реверберации по формуле Сабина.

Эхо
Отраженная с задержкой во времени звуковая волна, воспринимаемая человеческим ухом отдельно от прямой волны. Может вызывать дискомфорт у слушателей и затруднять восприятие речи.

Компания ROCKWOOL



О Группе компаний ROCKWOOL
Группа компаний ROCKWOOL является мировым лидером в области производства негорючей изоляции на основе каменной ваты.

В Группу компаний ROCKWOOL входят подразделения, занимающиеся производством теплоизоляции (ROCKWOOL), акустических подвесных потолков (ROCKFON), искусственной почвы для выращивания овощей и цветов (GRODAN), специального технического волокна (LAPINUS), декоративных фасадных панелей (ROCKPANEL), антивибрационных панелей для железных дорог и изоляции дорожного шума (ROCKDELTA). Дочерняя компания BuildDesk оказывает консультационные услуги в области повышения энергоэффективности зданий.

Продукция ROCKWOOL предназначена для всех видов строительных конструкций зданий и сооружений, а также для судостроения, промышленного оборудования, трубопроводов и воздуховодов. Компания основана в 1909 году. Производство минераловатной теплоизоляции на основе горных пород базальтовой группы под торговой маркой ROCKWOOL началось в 1937 году в Дании.
В настоящее время ROCKWOOL принадлежит 27 заводов в 17 странах мира: в Европе, Северной Америке и Азии.

Штат Группы компаний ROCKWOOL насчитывает более 9 тыс. специалистов в 40 странах. Продажи Группы за 2012 год составили около 2 млрд евро. Президентом Группы компаний ROCKWOOL является Элко ван Хил. Центральный офис, основные бизнес-подразделения, департаменты по охране окружающей среды и Научно-исследовательский центр компании находятся в Хедехусене (Дания).

О компании ROCKWOOL в России
ROCKWOOL – лидирующая компания на российском рынке теплоизоляции.
Компания известна в России с 1970-х годов – тогда продукция поставлялась в Советский Союз для судостроительной промышленности. В 1995 году открылось торговое представительство, а в 1999 году – первый российский завод ROCKWOOL. Производственные предприятия ROCKWOOL находятся в городах Железнодорожный Московской области, Выборг Ленинградской области, Троицк Челябинской области и на территории особой экономической зоны «Алабуга» Республики Татарстан. В российском подразделении компании ROCKWOOL работает свыше 1500 человек.
Выпуск теплоизоляции российскими заводами осуществляется по уникальным технологиям ROCKWOOL, в соответствии с европейскими стандартами и системами многоступенчатого контроля качества компании.

О морской изоляции компании ROCKWOOL

Ассортимент продукции ROCKWOOL для промышленных нужд делится на две основные категории. Под маркой SeaRox выпускается вся изоляция для судостроения и строительства морских нефтегазопромысловых сооружений. Марка ProRox включает полный ассортимент решений по тепло- и звукоизоляции, а также огнезащите инженерных систем в обрабатывающей промышленности и производстве электроэнергии. Такая классификация позволяет наиболее эффективно использовать знания и богатый опыт компании с целью разработки первоклассных изоляционных решений для наших клиентов.

Визуальное представление продуктов для морской изоляции теперь согласовано с общим видом продуктов Группы компаний ROCKWOOL. Весь ассортимент продукции прошел оптимизацию и соответствует глобальной номенклатуре продуктов ROCKWOOL. Это дает прямые преимущества нашим клиентам: благодаря введению новой системы универсального кодирования продукции можно легко определить, какой продукт подходит для конкретной области применения. Тем самым ROCKWOOL гарантирует высокое качество и оптимальный конечный результат.

Познакомьтесь с нашими новыми брошюрами и обновленным вебсайтом: www.rockwool-searox.ru. Они содержат обзор нашей продукции, включающий всю необходимую клиентам информацию. Вы увидите, что компания ROCKWOOL постоянно совершенствует свои услуги в соответствии с растущими потребностями наших клиентов.

Компания ROCKWOOL
Ул. Земляной вал, д. 9, г. Москва, 105064
Тел.: +7 495 995 77 55
Факс: +7 495 995 77 75
www.rockwool.ru
www.rockwool-searox.ru

Специалисты по морской изоляции
Россия
+7 812 332 16 22
Ilya.kapralov@rockwool.ru

Украина
+38 044 586 49 76
sergiy.kurdyukov@rockwool.ru

ROCKWOOL®