



В.Н. Старжинский
А.В. Зинин
М.Н. Гамрекели

**РАСЧЕТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТЕХНИЧЕСКИХ МЕР ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА
НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ**

Екатеринбург
2015

Электронный архив УГЛТУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра охраны труда

В.Н. Старжинский
А.В. Зинин
М.Н. Гамрекели

**РАСЧЕТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТЕХНИЧЕСКИХ МЕР ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА
НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ**

Учебно-методическое пособие
к выполнению практической работы
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов всех специальностей
и направлений обучения

Екатеринбург
2015

Печатается по решению методической комиссии ИЛБиДС.
Протокол № 2 от 09 октября 2014 г.

Рецензент – Сычугов С.Н., канд. техн. наук доцент кафедры охраны
труда УГЛТУ

Редактор А.Л. Ленская
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упорова

Подписано в печать 16.07.15		Поз. 32
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 0,93	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Практическая работа включает решение задач по расчету эффективности применения акустического экрана на пути распространения звуковой волны (задача №1) и звукопоглощающей облицовки источника шума (задача № 2) для снижения звукового давления на рабочем месте.

Задача № 1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АКУСТИЧЕСКОГО ЭКРАНА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

1. Содержание задачи

Определить уровни звукового давления на рабочем месте L_{yi} после установки акустического экрана.

Уровни звукового давления L_i по частотным полосам в соответствии с вариантами исходных данных задачи приведены в табл. 1. Расположение экрана, источника шума и воспринимающего объекта рабочего места показано в двух проекциях: фронтальной и горизонтальной (вид сверху) на рис. 1.

Таблица 1

Исходные данные по вариантам

Варианты	Уровни звукового давления L_i до установки экрана, дБ								H, м	l, м	l ₁ , м	l ₂ , м	d, м	h, м
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000						
1	90	94	92	88	89	87	83	78	3	4	1	2	0,5	1,5
2	92	93	93	91	90	90	87	83	2,4	5	1,5	3	1	1,2
3	90	90	92	92	93	92	86	80	3,5	3	2	4	0,5	1,7
4	87	88	93	95	90	90	87	79	2,5	6	0,5	1	1	1,2
5	89	93	91	92	91	91	89	85	3	2	0,5	1,5	1,5	1,5
6	90	90	96	100	91	84	79	76	2,5	3,5	1	2	1	1,2
7	82	86	90	91	94	79	79	73	3	4,5	1,5	1,5	1	1,5
8	96	95	92	97	96	101	100	95	3	3,5	1	3	0,5	1,5
9	95	94	93	92	91	93	94	95	2,4	3,5	0,5	1,5	0,5	1,2
10	97	98	93	90	89	92	94	89	2,5	5	1	2	1,5	1,1
11	89	86	90	91	92	95	91	94	2,4	3	1,5	1	1	1,2
12	87	85	84	86	79	91	90	82	2,4	4,5	2	3	1	1,2
13	84	83	80	81	85	86	90	82	3	4,5	1,5	1,5	1,5	1,5
14	80	81	86	88	91	95	92	90	3,5	4	2	2,5	0,5	1,2
15	83	84	85	86	88	90	90	84	2,5	3,5	1	3	0,5	1,2
16	84	83	80	81	85	86	90	82	3	4,5	1,5	1,5	1,5	1,8
17	80	81	82	84	86	88	88	84	4,5	4	1	4	1	2
18	79	82	84	86	88	90	89	82	4	5,5	2	1,5	1,5	1,8
19	81	89	91	92	93	91	90	83	3,5	4	1	2	0,5	1,7
20	82	84	86	90	85	80	78	75	3	5	1,5	2	0,5	1,5

Обозначения на рисунке поясняют взаимное расположение источника шума и рабочего места: размеры экрана $H \times l$, расстояние от источника шума (т. 1) до экрана – l_1 , расстояние от источника шума до рабочего места – l_2 , высота расположения центра источника шума от пола – d , расстояние от пола до уровня уха рабочего – h .

Положение рабочего места (т.3) на виде спереди (на фронтальной проекции) определено параметром h . На виде сверху положение точки 3 задает сам студент по своему выбору. На рис. 2 дан вспомогательный график для определения эффективности экрана $\Delta L_{\text{ЭКР } i}$ в зависимости от отношения эффективной высоты экрана $h_{\text{эф}}$ к длине волны λ при разных углах звуковой тени Θ .

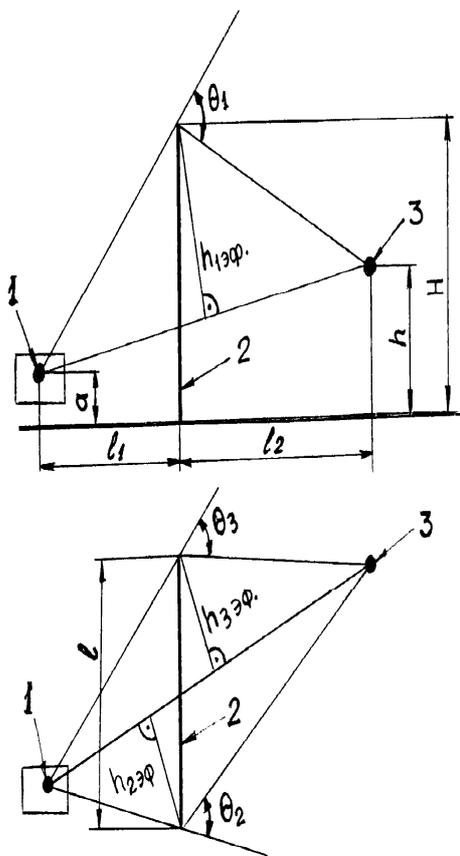


Рис. 1. Взаимное расположение акустического экрана и рабочего места

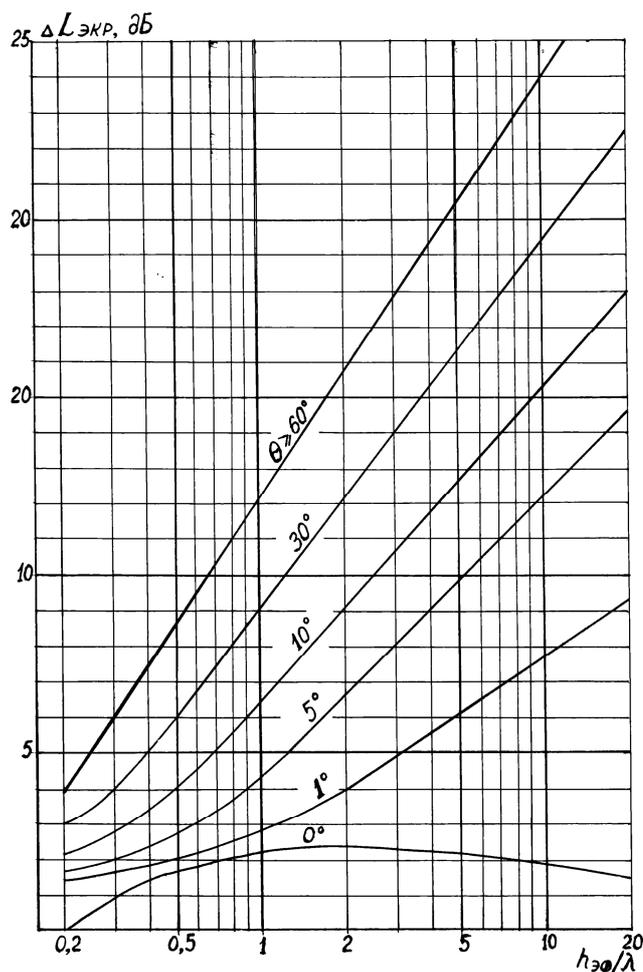


Рис. 2. Вспомогательный график

2. Порядок выполнения работы

1. Привести исходные данные задачи по своему варианту.
2. Используя исходные данные своего варианта, вычертить в своем масштабе схему расположения экрана, источника шума и рабочего места, располагая вид спереди и вид сверху в проекционной связи.
3. Дополнить полученную схему эффективными высотами, проведя перпендикуляры от границ экрана к линиям направлений распространения звуковой волны от источника шума (т.1) до рабочего места (т.2).

4. По полученной схеме измерить углы звуковой тени Θ и эффективные высоты экрана $h_{эф}$ для каждого из направлений распространения звука от источника шума на рабочее место – соответственно $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3$ и $h_{1эф}, h_{2эф}, h_{3эф}$. Используя примененный масштаб своей схемы, определить фактические значения эффективных высот.

В тех случаях, когда углы Θ превышают 60° пользоваться графиком $\Theta > 60^\circ$. При значениях $h_{1эф}/\lambda$ выше 20 принимать значение $\Delta L_{экр}$, соответствующее $h_{1эф}/\lambda = 20$.

5. По графику (см. рис.2) определить значения эффективности экрана в каждом из направлений распространения звука от источника шума $\Delta L_{экр1i}, \Delta L_{экр2i}, \Delta L_{экр3i}$ – соответственно для значений Θ_1 и $h_{1эф}/\lambda$; Θ_2 и $h_{2эф}/\lambda$; Θ_3 и $h_{3эф}/\lambda$.

Значения длины звуковой волны в воздухе для различных частот приведены в табл. 2.

Таблица 2

Связь между звуковыми частотами и длиной волны

Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
λ , м	5,5	2,75	1,38	0,69	0,345	0,175	0,086	0,043

6. Рассчитать эффективность экрана ($h_{1эф}/\lambda$, дБ) как разность уровней звукового давления, измеренных в одной и той же точке до и после установки экрана, $\Delta L_{экрi}$, применяя формулу

$$\Delta L_{экрi} = 10 \lg \frac{1}{10^{-0,1\Delta L_{экр1i}} + 10^{-0,1(\Delta L_{экр2i}+3)} + 10^{-0,1(\Delta L_{экр3i}+3)}}.$$

7. Уровни звукового давления в октавных полосах частот на рабочем месте после установки экрана (L_{yi} , дБ) определяются по формуле

$$L_{yi} = L_i - \Delta L_{экр.i}.$$

8. Привести численный пример поэтапного расчета $\Delta L_{экр.i}$ и L_{yi} для одной из частотных полос с применением своих данных и сравнить с допускаемыми значениями, приведенными в табл. 3.

Таблица 3

Допускаемые значения силы звука

Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{дон}$, дБ	99	92	86	83	80	78	76	74

9. Результаты расчетов по всем частотным полосам свести в общую итоговую таблицу, которая должна включать расчетные значения Θ_1 и $h_{1эф}/\lambda$; Θ_2 и $h_{2эф}/\lambda$; Θ_3 и $h_{3эф}/\lambda$, $\Delta L_{экр1i}$, $\Delta L_{экр2i}$, $\Delta L_{экр3i}$ и L_{yi} .

ФОРМА ОТЧЕТНОСТИ

- Отчет по работе должен содержать:
 - таблицу с исходными данными;
 - схему в масштабе в проекционной связи двух видов спереди и сверху;
 - численный расчет $\Delta L_{\text{экp},i}$ и L_{y_i} для одной из частотных полос;
 - общую итоговую таблицу;
 - вывод об эффективности экрана на разных частотах и соответствии допускаемым значениям.
- Работа представляется в бумажном варианте на листах формата А4.

Задача № 2

ПРИМЕНЕНИЕ ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

1. Содержание задачи

Подобрать звукопоглощающий материал и определить длину глушителя вентиляционного шума, необходимую для снижения шума до нормативного значения, если канал, по которому распространяется шум, имеет сечение В·Н, октавные уровни звукового давления имеют значения L_i (табл. 4). Сделать выводы и дать необходимые рекомендации.

Таблица 4

Выбор вариантов

Ва- ри- ант	$L_i, \text{дБ}$								В, м	Н, м
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
	Средняя частота, Гц									
1	90	95	92	90	88	82	80	72	0,15	0,1
2	92	93	90	89	89	81	80	76	0,2	0,2
3	92	90	89	89	86	82	81	79	0,1	0,3
4	96	93	92	90	89	86	81	76	0,25	0,15
5	90	91	89	88	88	86	78	75	0,3	0,25
6	92	96	91	90	86	86	80	79	0,4	0,35
7	90	90	90	91	87	82	79	76	0,35	0,4
8	98	92	94	96	88	90	86	80	0,1	0,45
9	90	92	96	89	83	86	81	78	0,15	0,5
10	98	100	99	85	91	81	80	76	0,2	0,1
11	96	99	100	95	90	90	85	80	0,25	0,25
12	93	98	92	90	90	86	84	81	0,3	0,2
13	92	96	95	91	88	86	84	80	0,35	0,25
14	90	91	90	86	84	82	79	78	0,4	0,3
15	96	102	98	94	89	82	80	75	0,45	0,35
16	90	92	90	85	80	79	76	70	0,5	0,5

2. Порядок выполнения работы

1. Выбирается звукопоглощающий материал (ЗПМ) для облицовки глушителя.

Применяемый в глушителях ЗПМ должен обладать высоким звукопоглощением в требуемом диапазоне частот, т.е. характер изменения коэффициентов звукопоглощения ЗПМ в октавных полосах частот должен быть подобен частотной характеристике требуемого снижения шума: $\Delta L_{mpi} = L_i - L_{don i}$. Значения $L_{don i}$ даны в табл. 5.

Таблица 5

Определение требуемого снижения шума

Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_{don} , дБ	99	92	86	83	80	78	76	74
L_i , дБ								
ΔL_{mpi} , дБ								
α								
$\varphi(\alpha)$								
l								

Рекомендуемый перечень материалов, применение которых позволяет решать задачи снижения производственного шума с учетом обеспечения гигиенических требований и условий пожарной безопасности, и их коэффициенты звукопоглощения приведены в Приложении.

2. Выбрав звукопоглощающий материал, необходимо списать значения коэффициента α для каждой частотной полосы, а затем, пользуясь переводной таблицей 6, определить соответствующие значения функции $\varphi(\alpha)$ и вписать их в таблицу 5.

Таблица 6

Соотношение между α и $\varphi(\alpha)$

α	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\varphi(\alpha)$	0,1	0,2	0,35	0,5	0,65	0,9	1,2	1,6	2,0	4,0

3. Рассчитывается требуемая длина глушителя в каждой октавной полосе частот:

$$l = \frac{\Delta L_{mpi} S}{1,09 \varphi(\alpha) \Pi}$$

4. Полученные значения для каждой октавной полосы вписать в таблицу 6.

5. В ответе задачи записать длину глушителя по наибольшему из полученных расчетом значений l .

3. ФОРМА ОТЧЕТНОСТИ

Студент представляет отчет по работе, в котором излагается решение каждой задачи:

- 1) последовательность и содержание расчетов в соответствии с порядком выполнения работы;
- 2) приводится пример полного численного расчета длины участка на одной из частотных полос;
- 3) результаты расчетов по другим частотным полосам сводятся в общую итоговую таблицу (таблица 5, дополненная строкой с расчетными значениями длины облицованных участков канала);
- 4) делается вывод по оценке эффективности метода звукопоглощения на частотных полосах и соответствия допускаемым значениям;
- 5) работа выполняется в бумажном варианте на листах формата А4.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ССБТ. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 06.06.83 г. № 2473. Дата введения 01.07 84. URL: <http://docs.cntd.ru/>.

2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в жилых помещениях, общественных зданиях и на территории жилой застройки. Утверждены и введены Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г. N 36. URL: <http://ohranatruda.ru/>.

3. СНиП II-12-77. Защита от шума. Госстрой СССР. Утверждены постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по делам строительства от 14 июня 1977 г. N 72. Дата введения 1978-07-01. URL: <http://www.stroyplan.ru/>.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Акустические характеристики звукопоглощающих облицовок и некоторых материалов и изделий

№№ пп	Изделия и конструкции	ГОСТ или ТУ	Плотность звукопоглощающего материала, кг/м ³	Толщина слоя звукопоглощающего материала, мм	Воздушный зазор, мм	Ревверберационный коэффициент звукопоглощения α								Примечание
						Среднегеометрические частоты, Гц								
						63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>
1	Плиты ПА/О минераловатные акустические, размеры 500×500 мм	ТУ-21-24-16-68	150	20	0	(0,02)	0,03	0,17	0,68	0,98	0,96	0,45	0,20	Рекомендуется применять для административных помещений
2	То же	"	"	"	50	(0,02)	0,05	0,42	0,93	0,90	0,79	0,45	0,19	"

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3	Плиты ПА/О минераловатные акустические, перфорация несквозная 13 %, диаметр 4 мм, отделка «набрызгом», размеры 500×500 мм	ТУ-21-24-16-68	150	20	0	(0,02)	0,05	0,21	0,66	0,91	0,95	0,89	0,70	"
4	То же	"	"	"	50	(0,02)	0,12	0,36	0,88	0,94	0,84	0,80	0,65	"
5	Плиты «Акмигран» минераловатные, размеры 300×300 мм	ГОСТ 17918-72	400	20	0	(0,02)	0,10	0,30	0,85	0,90	0,78	0,72	0,59	Для помещений с относительной влажностью не выше 70 %
6	То же	"	"	"	50	(0,10)	0,20	0,71	0,83	0,81	0,70	0,79	0,65	"
7	То же	"	"	"	200	(0,30)	0,50	0,70	0,70	0,79	0,77	0,62	0,59	"
8	Плиты АГП гипсовые с заполнением из минеральной ваты, перфорация квадратная, 13 %, диаметр 4 мм, размеры 800×810 мм	СТУ-73-32-12-64	80	20	0	(0,03)	0,09	0,26	0,54	0,94	0,67	0,40	0,30	Рекомендуется применять для административных помещений

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9	Плиты АГП гипсовые с заполнением из минеральной ваты, перфорация квадратная, 13 %, диаметр 4 мм, размеры 810×810 мм	ТУ-21-01-224-69	80	20	0	(0,03)	0,09	0,49	0,91	0,88	0,69	0,34	0,29	"
10	Маты из супертонкого стекловолокна, оболочка из стеклоткани ССТЭ-6	ГОСТ 8481-75	15	50	0	(0,1)	0,4	0,85	0,96	1,0	0,93	0,97	1,0	"
Звукопоглощающие облицовки с перфорированным покрытием														
11	(1) – минераловатная плита (2) – стеклоткань Э-0,1 (3) – гипсовая плита, перфорация квадратная, 13 %, диаметр 10 мм, толщина 6 мм, размеры 500×500 мм	ГОСТ 9673-96 ГОСТ 8481-75 ТУ-283-67	80	60	0	(0,1)	0,31	0,70	0,95	0,69	0,59	0,50	0,30	Рекомендуется применять для административных помещений
12	То же, но перфорация гипсовой плиты по рисунку, 13 %, диаметр 7–9 мм	–""–	80	60	0	(0,1)	0,31	0,95	0,99	0,80	0,52	0,46	0,43	"

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
13	(1) – минераловатная плита (2) – стеклоткань Э-0,1 (3) – металлический лист, перфорация в шахматном порядке, 46 %, диаметр 6 мм, размеры 500×1000 мм	ГОСТ 9673-96 ГОСТ 8481-75	80	60	0	(0,05)	0,18	0,63	0,90	0,94	1,0	1,0	0,95	"
14	(1) – минераловатная плита (3) – гипсовая плитка, подклеенная бязью, перфорация квадратная, 13 %, диаметр 10 мм, толщина 6 мм, размеры 500×500 мм	ТУ 81-63 ТУ 283-67	150	70	0	(0,05)	0,42	0,95	1,0	0,75	0,60	0,51	0,35	
15	(1) – минераловатная плита (2) – стеклоткань Э-0,1 (3) – металлический лист толщиной 1,2 мм, перфорация квадратная, 33 %, диаметр 6 мм	ТУ 81-63 ГОСТ 8481-75	120	50	0	(0,03)	0,18	0,39	0,6	0,73	0,80	0,85	0,85	
16	То же	–"–	120	50	100									
17	(1) – прошивные минераловатные маты (3) – гипсовая плита, подклеенная бязью, перфорация квадратная, диаметр 10 мм, толщина 6 мм, размеры 500×500 мм	ТУ-21-24-10-68 ТУ-283-67	100	100	0	(0,08)	0,27	0,53	0,69	0,76	0,92	0,87	0,87	–"–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
18	(1) – прошивные минераловатные маты (3) – гипсовая плита, подклеенная бязью, перфорация по рисунку, 13 %, диаметр 7–9 мм, размеры 500×500 мм	ТУ-21-24-10-68 ТУ-283-67	100	1000	0	(0,05)	0,4	0,69	0,97	0,76	0,70	0,71	0,68	–"–
19	(1) – прошивные минераловатные маты (2) – стеклоткань Э-0,1 (3) – металлический лист толщиной 1,2 мм, перфорация в шахматном порядке, 46 %, диаметр 6 мм, размер 500×500 мм	ТУ-21-24-10-68 ГОСТ 8481-75	100	1000	0	(0,05)	0,32	0,76	1,0	0,95	0,90	0,89	0,95	
20	(1) – отходы капронового волокна (2) – сетка из стеклоткани ССТЭ-6 (3) – металлический лист толщиной 1,2 мм, перфорация в шахматном порядке, 33 %, диаметр 3 мм	ТУ 340 ГОСТ 8481-75	100	50	0	(0,02)	0,15	0,46	0,82	0,92	0,83	0,93	0,93	
21	То же	–"–	100	50	100	(0,1)	0,85	0,58	0,79	0,82	0,83	0,83	0,83	
22	То же	–"–	100	100	100	(0,23)	0,48	0,72	0,89	0,97	0,93	0,98	0,98	

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
23	(1) – супертонкое стекловолокно (2) – стеклоткань Э-0,1 (3) – гипсовая плитка, перфорация по рисунку, 13 %, диаметр 7–9 мм, толщина 7 мм	ТУ-21-24-10-68 ГОСТ 8481-75	15	100	0	(0,53)	0,66	1,0	1,0	1,0	0,96	0,7	0,55	
24	То же	–""–	15	100	250	(0,40)	0,73	1,0	1,0	1,0	1,0	0,92	0,80	
25	(1) – супертонкое стекловолокно (2) – стеклоткань Э-0,1 (3) – металлический лист толщиной 1,2 мм, перфорация квадратная, 24 %, диаметр 5,5 мм	ТУ-21-01-224-1-69 ГОСТ 8481-75	15	100	0	(0,15)	0,47	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,95	
26	То же	–""–	15	100	250	(0,5)	0,93	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
27	(1) – супертонкое стекловолокно (2) – стеклоткань Э-0,1 (3) – асбоцементная плита толщиной 4 мм, перфорация 25 %, диаметр 6 мм	ТУ-21-01-224-1-69 ГОСТ 8481-75	15	100	0	(0,1)	0,30	0,63	0,86	0,72	0,54	0,46	0,32	
28	То же	–""–	15	100	250	(0,5)	0,98	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,86	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Коэффициенты звукопоглощения некоторых материалов, изделий и конструкций														
29	Войлок строительный	–	–	12,5	0	0,03	0,05	0,08	0,17	0,48	0,52	0,51	–	
30	То же	–	–	25,0	0	0,10	0,15	0,22	0,54	0,63	0,67	0,52	0,47	
31	То же	–	–	75,0	0	0,25	0,5	0,66	0,77	0,68	0,58	0,52	0,48	
32	Асбестовый войлок	–	–	10,0	0	0,02	0,06	0,14	0,32	0,25	0,19	–	–	
33	Стекловойлок	–	–	30,0	0	0,2	0,05	0,12	0,36	0,81	0,85	0,90	–	
34	Алюминиевая шерсть	–	–	40,0	0	–	0,18	0,35	0,55	0,67	0,63	0,63	0,58	
35	Плиты «Пемзолит»	–	600	35,0	0	–	0,13	0,20	0,37	0,57	0,61	0,62	0,58	
36	Плиты «Фибролит»	–	350	50,0	50	–	0,15	0,58	0,57	0,69	0,68	0,65	0,62	
37	Плиты «Силакпор»	–	350	45	0	0,15	0,52	0,72	0,60	0,80	1,0	1,0	1,0	
38	Плиты «Винипор»	ТУ-В-66-70	120	30,0	0	0,08	0,17	0,28	0,55	0,88	1,0	1,0	1,0	
39	То же	–'''–	120	30,0	50	0,12	0,20	0,35	0,82	1,0	1,0	1,0	1,0	