

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Интернет институт  
Кафедра «Охрана труда и окружающей среды»

Утверждено на заседании кафедры  
«Охрана труда и окружающей среды»  
« 26 » 01 2021 г., протокол № 6  
Заведующий кафедрой



В.М. Панарин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по выполнению курсовой работы**  
**по дисциплине (модулю)**  
**«Информационные технологии в техносферной безопасности»**

**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки  
**20.03.01 Техносферная безопасность**

с направленностью (профилем)  
**Инженерная защита окружающей среды**

Форма обучения: заочная

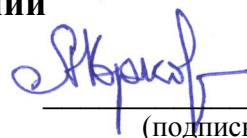
Идентификационный номер образовательной программы: 200301-01-21

Тула 2021 год

**Разработчик методических указаний**

Коряков А.Е., доцент, канд.техн.наук, доцент

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Цель и задачи курсовой работы.....                                                                           | 4  |
| 2. Содержание курсовой работы.....                                                                              | 4  |
| 3. Задание на курсовой работы.....                                                                              | 4  |
| 4. Оценка уровней шума в помещениях. Расчет средств защиты от шума.....                                         | 5  |
| 4.1. Основные теоретические сведения.....                                                                       | 5  |
| 4.2. Задание к курсовой работе.....                                                                             | 5  |
| 4.3. Методика расчетов.....                                                                                     | 8  |
| 4.3.1. Расчет ожидаемых уровней звукового давления в расчетной точке и<br>требуемого снижения уровней шума..... | 8  |
| 4.3.2. Расчет звукоизолирующих ограждений, перегородок.....                                                     | 11 |
| 4.3.3. Звукоизолирующие кожухи.....                                                                             | 14 |
| 4.3.4. Звукопоглощающие облицовки.....                                                                          | 15 |
| 5. Порядок выполнения расчетов.....                                                                             | 17 |
| Литература.....                                                                                                 | 17 |

## 1. Цель и задачи курсовой работы

Цель курсовой работы – закрепить и углубить теоретические знания по дисциплине «ИТ в техносферной безопасности», приобрести опыт использования методики расчета уровней шума в помещении и средств защиты от шума, навыки работы с программными продуктами, развить навыки самостоятельной работы будущих специалистов в области техносферной безопасности.

Выполнение данной работы в рамках изучения дисциплины «ИТ в техносферной безопасности» должно подготовить будущих специалистов теоретически и методически к решению сложных вопросов обеспечения техносферной безопасности на различных производствах.

Задачи контрольной работы по дисциплине «ИТ в техносферной безопасности»:

- закрепление полученных знаний по данной дисциплине;
- выработать знания у студентов по оценке шумового режима в помещениях, выбору и расчету средств защиты от шума.

## 2. Содержание курсовой работы

Контрольная работа оформляется в виде пояснительной записки, состоящей из текста, рисунков, таблиц и скрин-шотов выполнения расчетов либо в программе, либо в Excel.

Данная работа выполняется каждым студентом в соответствии с вариантом задания.

Пояснительная записка включает в себя:

1. Титульный лист.
2. Индивидуальное задание на выполнение курсовой работы.
3. Оглавление.
4. Краткое теоретическое описание
5. Результаты работы в виде таблицы
6. Список использованных источников (приводится список источников, использованных при выполнении курсовой работы).

## 3. Задание на курсовой работы

**1. Ознакомиться с приведенной методикой, выделить исходные данные, промежуточные и итоговые результаты и составить алгоритм решения данной задачи.**

**2. В соответствии с разработанным алгоритмом обработки информации для автоматизации процесса вычисления составить программу на одном из языков программирования высокого уровня и осуществить ее отладку (возможно использование вместо языков программирования возможностей MS Excel).**

3. Выполнить расчеты на исходных данных своего индивидуального варианта задания (выбрав из заданных уровней звукового давления для среднегеометрических частот 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 любые 2 уровня не расположенные рядом, например 1000 и 4000) и оформить курсовую работу описав все стадии решения задачи, вставив используемые формулы, рисунки, таблицы и обязательно **скрин-шоты вычисления (пункт 2 задания).**

## 4. Оценка уровней шума в помещениях. Расчет средств защиты от шума

### 4.1. Основные теоретические сведения

Уровни шума в помещениях обусловлены акустическими характеристиками источников шума, их количеством и размещением, акустическими свойствами помещений.

Основными характеристиками, используемыми в практике борьбы с шумами, являются: для источников шума – уровни звуковой мощности,  $L_P$ , дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

$$L_P = 10 \lg \left( \frac{P}{P_0} \right),$$

где  $P$  – звуковая мощность источника, Вт;

$P_0$  – пороговая звуковая мощность, равная  $10^{-12}$  Вт;

для расчетных точек – уровни звукового давления,  $L_P$ , дБ, на тех же среднегеометрических частотах

$$L_P = 20 \lg \left( \frac{p}{p_0} \right),$$

где  $P$  – звуковое давление на рабочем месте, Па;

$P_0$  – пороговое звуковое давление, равное  $2 \cdot 10^{-5}$ , Па.

Оценка звукового режима помещения проводится на основе расчетов ожидаемых уровней звукового давления в расчетных точках и сравнения их с допустимыми по нормам значениями. В качестве мер по снижению шума в помещениях могут быть предусмотрены акустические средства, включающие звукопоглощающие облицовки ограждающих конструкций зданий, звукоизолирующие конструкции (звукоизолирующие ограждения, звукоизолирующие кожухи, кабины и др.)

В настоящей работе студентам предлагается выполнить акустический расчет:

- ожидаемых уровней звукового давления в расчетной точке помещения;
- звукоизолирующего ограждения, звукопоглощающей облицовки.

### 4.2. Задание к курсовой работе

В рабочем помещении длиной  $A$  м, шириной  $B$  м, и высотой  $H$  м размещены источники шума –  $ИШ_1, ИШ_2, \dots, ИШ_n$  с уровнями звуковой мощности  $L_1, L_2, \dots, L_n$  (рис. 1). Источник шума  $ИШ_1$  заключен в кожух. В конце цеха находится помещение вспомогательных служб, которое отделено от основного цеха перегородкой с дверью площадью  $S_{дв}=2,5 \text{ м}^2$ . Расчетная точка находится на расстоянии  $r_i$  от источников шума.

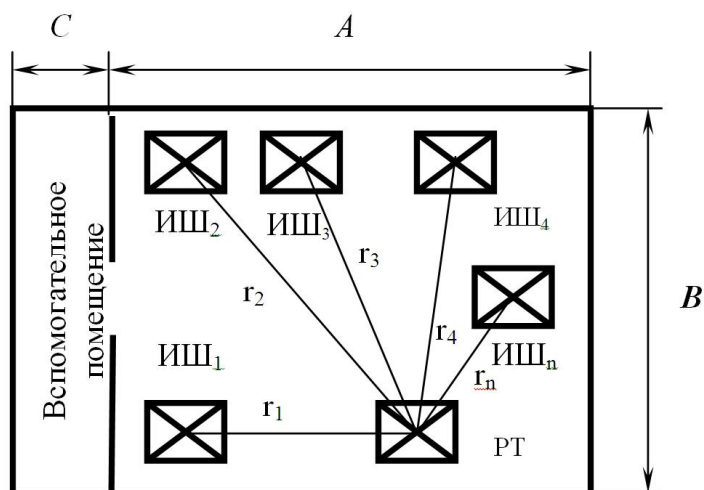


Рис. 1. Схема расположения оборудования – ИШ<sub>i</sub> на участке и расчетной точки – РТ.

Номера источников шума, уровни звуковой мощности оборудования и габаритные размеры участка цеха, кабины, источников шума ИШ<sub>i</sub>, размещение оборудования представлены в табл. 1-3.

#### ТРЕБУЕТСЯ РАССЧИТАТЬ:

1. Уровни звукового давления в расчетной точке – РТ, сравнить с допустимыми по нормам, определить требуемое снижение шума на рабочих местах. Расчеты проводить в соответствии с п. 4.3.1.
2. Звукоизолирующую способность перегородки и двери в ней, подобрать материал для перегородки и двери. Расчеты производить с соответствии с п. 4.3.2.
3. Звукоизолирующую способность кожуха для источника ИШ<sub>1</sub>. Источник шума установлен на полу, размеры его в плане – (а х в) м, высота – h м. Подобрать материал для кожуха. Расчеты проводить в соответствии с п. 4.3.3.
4. Снижение шума при установке на участке цеха звукопоглощающей облицовки. Расчеты проводить в соответствии с п. 4.3.4.

Акустические расчеты произвести по 2-м любым октавным полосам на среднегеометрических частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Таблица 1

#### Варианты заданий уровней звуковой мощности источников шума

| Вариант | Номер источников шума из табл. 2 | Вариант | Номер источников шума из табл. 2 |
|---------|----------------------------------|---------|----------------------------------|
| 1       | 21, 1, 2, 3, 4                   | 6       | 25, 1, 6, 11, 16                 |
| 2       | 22, 5, 6, 7, 8                   | 7       | 24, 2, 7, 12, 17                 |
| 3       | 23, 9, 10, 11, 12                | 8       | 23, 3, 8, 13, 18                 |
| 4       | 24, 13, 14, 15, 16               | 9       | 24, 4, 9, 14, 19                 |
| 5       | 25, 17, 18, 19, 20               | 10      | 25, 5, 10, 15, 20                |

Уровни звуковой мощности оборудования  $L_{Pi}$ , дБ

| № по<br>порядку | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц |     |     |     |      |      |      |      |
|-----------------|-------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                 | 63                                              | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1               | 89                                              | 90  | 87  | 92  | 91   | 87   | 82   | 80   |
| 2               | 96                                              | 94  | 95  | 98  | 90   | 89   | 87   | 85   |
| 3               | 94                                              | 96  | 96  | 97  | 92   | 89   | 89   | 87   |
| 4               | 91                                              | 90  | 95  | 95  | 96   | 97   | 98   | 91   |
| 5               | 93                                              | 92  | 90  | 90  | 86   | 82   | 78   | 76   |
| 6               | 81                                              | 84  | 92  | 93  | 92   | 87   | 79   | 75   |
| 7               | 85                                              | 86  | 92  | 97  | 94   | 83   | 92   | 96   |
| 8               | 98                                              | 96  | 94  | 99  | 96   | 94   | 86   | 84   |
| 9               | 88                                              | 91  | 93  | 97  | 98   | 89   | 85   | 86   |
| 10              | 86                                              | 85  | 92  | 96  | 85   | 82   | 80   | 84   |
| 11              | 87                                              | 91  | 94  | 97  | 87   | 82   | 78   | 75   |
| 12              | 87                                              | 85  | 91  | 94  | 86   | 79   | 78   | 74   |
| 13              | 94                                              | 95  | 97  | 92  | 96   | 87   | 89   | 92   |
| 14              | 93                                              | 89  | 92  | 90  | 94   | 92   | 87   | 85   |
| 15              | 89                                              | 96  | 100 | 99  | 95   | 91   | 86   | 82   |
| 16              | 89                                              | 94  | 99  | 97  | 91   | 88   | 87   | 84   |
| 17              | 87                                              | 84  | 95  | 94  | 86   | 87   | 78   | 76   |
| 18              | 89                                              | 86  | 82  | 82  | 84   | 86   | 89   | 90   |
| 19              | 91                                              | 87  | 87  | 84  | 88   | 88   | 90   | 92   |
| 20              | 89                                              | 92  | 95  | 98  | 91   | 90   | 89   | 85   |
| 21              | 103                                             | 114 | 108 | 117 | 118  | 121  | 112  | 114  |
| 22              | 100                                             | 110 | 115 | 100 | 112  | 123  | 102  | 97   |
| 23              | 102                                             | 105 | 103 | 118 | 112  | 109  | 103  | 100  |
| 24              | 107                                             | 103 | 113 | 104 | 107  | 106  | 102  | 96   |
| 25              | 103                                             | 114 | 115 | 120 | 114  | 112  | 103  | 94   |

Таблица 3

Габаритные размеры участка цеха, кабины, источника шума ИШ, размещение оборудования

| Варианта № | А,<br>м | В,<br>м | С,<br>м | Н,<br>м | г <sub>1</sub> ,<br>м | г <sub>2</sub> ,<br>м | г <sub>3</sub> ,<br>м | г <sub>4</sub> ,<br>м | г <sub>5</sub> ,<br>м | l <sub>max</sub> ,<br>м | а,<br>м | б,<br>м | h,<br>м | А <sub>к</sub> ,<br>м | В <sub>к</sub> ,<br>м | Н <sub>к</sub> ,<br>м |
|------------|---------|---------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1          | 30      | 20      | 7       | 8       | 6                     | 9                     | 6,5                   | 8                     | 13                    | 1,5                     | 1,5     | 1,5     | 2       | 4                     | 3                     | 2,5                   |
| 2          | 30      | 15      | 6       | 8       | 6                     | 8                     | 6                     | 7                     | 12                    | 1,2                     | 1,6     | 1,8     | 1,5     | 3                     | 5                     | 2,6                   |
| 3          | 30      | 12      | 5       | 7       | 6                     | 7                     | 5                     | 6                     | 10                    | 1,2                     | 1,4     | 1,7     | 1,2     | 4                     | 4                     | 2,7                   |
| 4          | 32      | 16      | 7       | 7       | 6,5                   | 9                     | 7                     | 8                     | 14                    | 1,5                     | 1,3     | 1,9     | 1,1     | 3                     | 6                     | 2,8                   |
| 5          | 32      | 18      | 6       | 7       | 7                     | 10                    | 7,5                   | 9                     | 13                    | 1,4                     | 1,2     | 1,0     | 1,3     | 4                     | 5                     | 2,9                   |
| 6          | 35      | 20      | 8       | 9       | 7,5                   | 11                    | 8                     | 9,5                   | 14                    | 1,5                     | 1,7     | 1,4     | 1,4     | 3                     | 4                     | 3,0                   |
| 7          | 35      | 18      | 7       | 8       | 8                     | 10                    | 9                     | 9                     | 13                    | 1,5                     | 1,3     | 1,2     | 1,5     | 3                     | 5                     | 2,5                   |
| 8          | 28      | 15      | 6       | 8       | 6                     | 8                     | 7                     | 8                     | 12                    | 1,1                     | 1,6     | 1,3     | 1,5     | 4                     | 4                     | 2,6                   |
| 9          | 26      | 15      | 7       | 6       | 5                     | 7                     | 6                     | 7,5                   | 10                    | 1,0                     | 1,5     | 1,8     | 1,2     | 3                     | 6                     | 2,7                   |
| 10         | 28      | 16      | 6       | 7       | 6,5                   | 7,5                   | 7                     | 8                     | 11                    | 1,2                     | 1,6     | 1,4     | 1,5     | 4                     | 5                     | 2,8                   |

### 4.3. Методика расчетов

#### 4.3.1. Расчет ожидаемых уровней звукового давления в расчетной точке и требуемого снижения уровней шума

Если в помещении находится несколько источников шума с разными уровнями излучаемой звуковой мощности, то уровни звукового давления для среднегеометрических частот 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц в расчетной точке следует определять по формуле

$$L = 10 \lg \left( \sum_{i=1}^m \frac{\chi_i \Phi_i \Delta_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right), \quad (1)$$

Здесь:

L – ожидаемые октавные уровни звукового давления в расчетной точке, дБ;

$\chi$  – эмпирический поправочный коэффициент, принимаемый в зависимости от отношения расстояния r от расчетной точки до акустического центра к максимальному габаритному размеру источника l<sub>max</sub>, рис. 2. Акустическим центром источника шума, расположенного на полу, является проекция его геометрического центра на горизонтальную плоскость;

$\Delta_i - 10^{0,1L_{Pi}}$  – определяется по табл. 4;

L<sub>Pi</sub> – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;

$\Phi$  – фактор направленности; для источников с равномерным излучением принимается  $\Phi=1$ ;

$S$  – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку. В расчетах принять  $S=2\pi r^2$ , где  $r$  – расстояние от расчетной точки до источника шума;

$\Psi$  – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, принимаемый по графику (рис. 3) в зависимости от отношения постоянной помещения  $V$  к площади ограждающих поверхностей помещения  $S_{огр.}$  ( $S_{огр.}=S_{пола}+S_{стен}+S_{потолка}$ );

$V$  – постоянная помещения в октавных полосах частот, определяемая по формуле  $V=B_{1000}\mu$ , где  $B_{1000}$  – постоянная помещения на частоте 1000 Гц,  $m^2$ , определяемая в зависимости от объема и типа помещения на частоте 1000 Гц (табл. 5);  $\mu$  – частотный множитель, определяемый по табл. 6;

$m$  – количество источников шума, ближайших к расчетной точке, для которых  $r_i < 5r_{мин}$ , где  $r_{мин}$  – расстояние от расчетной точки до акустического центра ближайшего к ней источника шума, м;

$n$  – общее количество источников шума в помещении с учетом коэффициента одновременности их работы.

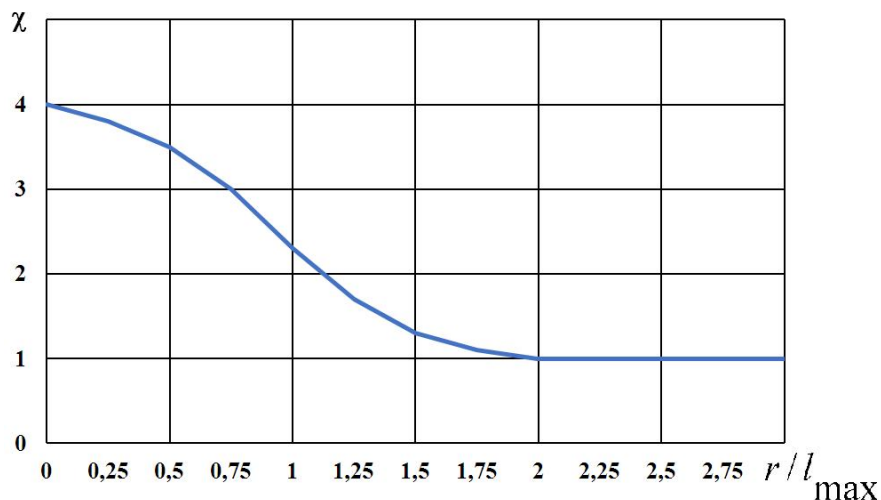


Рис. 2. График для определения коэффициента  $\chi$

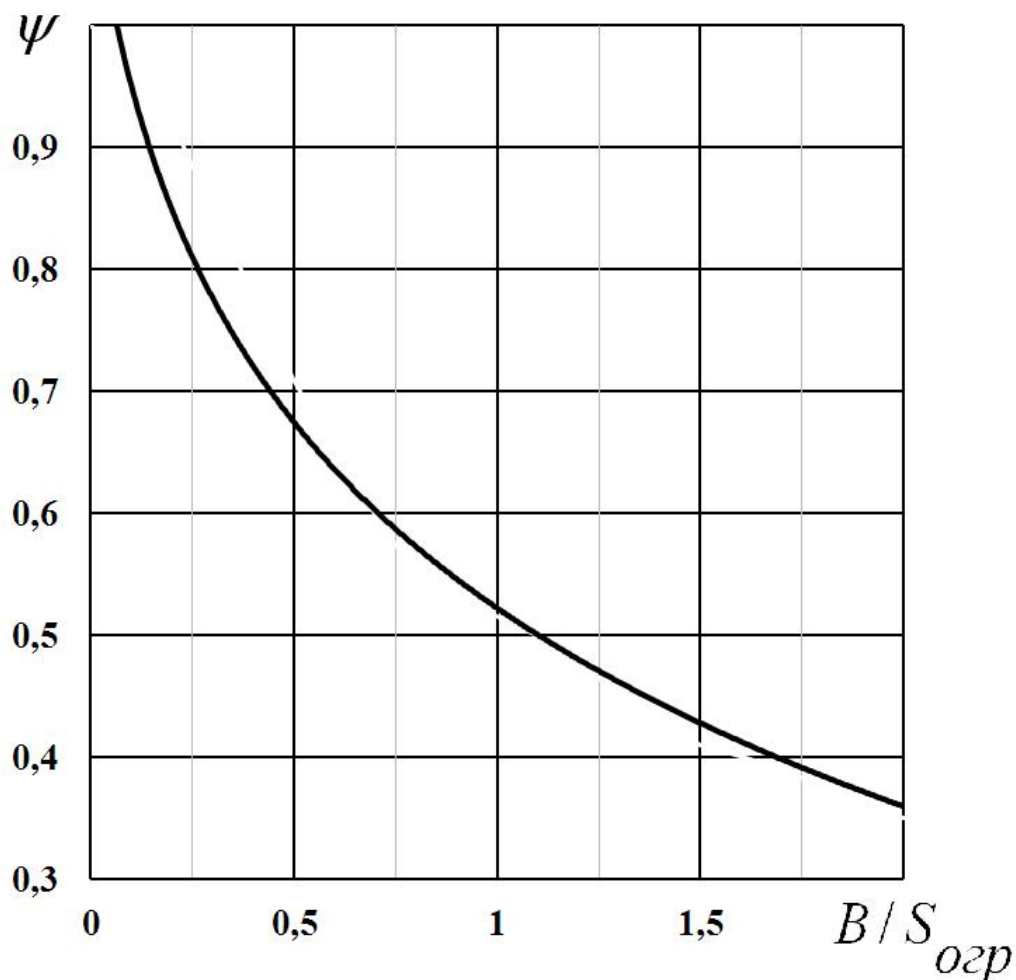
Рис . 3. График для определения коэффициента  $\psi$ 

Таблица 4

Определение величины  $\Delta_i = 10^{0,1L} p_i$ 

| Де-<br>сятки | Единицы           |                     |                     |                   |                     |                     |                   |                   |                     |                   |
|--------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
|              | 0                 | 1                   | 2                   | 3                 | 4                   | 5                   | 6                 | 7                 | 8                   | 9                 |
| 3            | $1 \cdot 10^3$    | $1,3 \cdot 10^3$    | $1,6 \cdot 10^3$    | $2 \cdot 10^3$    | $2,5 \cdot 10^3$    | $3,2 \cdot 10^3$    | $4 \cdot 10^3$    | $5 \cdot 10^3$    | $6,3 \cdot 10^3$    | $8 \cdot 10^3$    |
| 4            | $1 \cdot 10^4$    | $1,3 \cdot 10^4$    | $1,6 \cdot 10^4$    | $2 \cdot 10^4$    | $2,5 \cdot 10^4$    | $3,2 \cdot 10^4$    | $4 \cdot 10^4$    | $5 \cdot 10^4$    | $6,3 \cdot 10^4$    | $8 \cdot 10^4$    |
| 5            | $1 \cdot 10^5$    | $1,3 \cdot 10^5$    | $1,6 \cdot 10^5$    | $2 \cdot 10^5$    | $2,5 \cdot 10^5$    | $3,2 \cdot 10^5$    | $4 \cdot 10^5$    | $5 \cdot 10^5$    | $6,3 \cdot 10^5$    | $8 \cdot 10^5$    |
| 6            | $1 \cdot 10^6$    | $1,3 \cdot 10^6$    | $1,6 \cdot 10^6$    | $2 \cdot 10^6$    | $2,5 \cdot 10^6$    | $3,2 \cdot 10^6$    | $4 \cdot 10^6$    | $5 \cdot 10^6$    | $6,3 \cdot 10^6$    | $8 \cdot 10^6$    |
| 7            | $1 \cdot 10^7$    | $1,3 \cdot 10^7$    | $1,6 \cdot 10^7$    | $2 \cdot 10^7$    | $2,5 \cdot 10^7$    | $3,2 \cdot 10^7$    | $4 \cdot 10^7$    | $5 \cdot 10^7$    | $6,3 \cdot 10^7$    | $8 \cdot 10^7$    |
| 8            | $1 \cdot 10^8$    | $1,3 \cdot 10^8$    | $1,6 \cdot 10^8$    | $2 \cdot 10^8$    | $2,5 \cdot 10^8$    | $3,2 \cdot 10^8$    | $4 \cdot 10^8$    | $5 \cdot 10^8$    | $6,3 \cdot 10^8$    | $8 \cdot 10^8$    |
| 9            | $1 \cdot 10^9$    | $1,3 \cdot 10^9$    | $1,6 \cdot 10^9$    | $2 \cdot 10^9$    | $2,5 \cdot 10^9$    | $3,2 \cdot 10^9$    | $4 \cdot 10^9$    | $5 \cdot 10^9$    | $6,3 \cdot 10^9$    | $8 \cdot 10^9$    |
| 10           | $1 \cdot 10^{10}$ | $1,3 \cdot 10^{10}$ | $1,6 \cdot 10^{10}$ | $2 \cdot 10^{10}$ | $2,5 \cdot 10^{10}$ | $3,2 \cdot 10^{10}$ | $4 \cdot 10^{10}$ | $5 \cdot 10^{10}$ | $6,3 \cdot 10^{10}$ | $8 \cdot 10^{10}$ |
| 11           | $1 \cdot 10^{11}$ | $1,3 \cdot 10^{11}$ | $1,6 \cdot 10^{11}$ | $2 \cdot 10^{11}$ | $2,5 \cdot 10^{11}$ | $3,2 \cdot 10^{11}$ | $4 \cdot 10^{11}$ | $5 \cdot 10^{11}$ | $6,3 \cdot 10^{11}$ | $8 \cdot 10^{11}$ |
| 12           | $1 \cdot 10^{12}$ | $1,3 \cdot 10^{12}$ | $1,6 \cdot 10^{12}$ | $2 \cdot 10^{12}$ | $2,5 \cdot 10^{12}$ | $3,2 \cdot 10^{12}$ | $4 \cdot 10^{12}$ | $5 \cdot 10^{12}$ | $6,3 \cdot 10^{12}$ | $8 \cdot 10^{12}$ |

Примечание: при пользовании таблицей величину  $L_{pi}$  следует округлять до целых значений децибел.

Пример. Найти величину  $\Delta_i$  для  $L_i = 89,5$  дБ.

Решение: в столбце «Десятки» находим число 8, в строке «Единицы» находим число 9. Искомая величина  $\Delta_i = 8 \cdot 10^8$

Таблица 5

Значение постоянной помещения  $B_{1000}$ 

| Характеристика помещения                                                                                                                                    | $B_{1000}, \text{м}^2$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| С небольшим числом людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, генераторные, машинные залы, испытательные стенды и т.п.).                     | $V/20$                 |
| С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, деревообрабатывающие цехи, кабинеты и т.п.). | $V/10$                 |
| С большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управления, залы конструкторских бюро, аудитории и т.п.)                             | $V/6$                  |
| ПРИМЕЧАНИЕ. $V$ – объем помещения                                                                                                                           |                        |

Таблица 6

Значение коэффициента  $\mu$ 

| Объем помещения, $\text{м}^3$ | Значение $\mu$ на среднегеометрических частотах октавных полос |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                               | 63                                                             | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| $V < 200$                     | 0,8                                                            | 0,75 | 0,8  | 0,8  | 1,0  | 1,4  | 1,8  | 2,5  |
| $V = 200 - 1000$              | 0,65                                                           | 0,62 | 0,64 | 0,75 | 1,0  | 1,5  | 2,4  | 4,2  |
| $V > 1000$                    | 0,5                                                            | 0,5  | 0,55 | 0,7  | 1,0  | 1,6  | 3,0  | 6,0  |

Требуемое снижение уровней звукового давления в расчетной точке для восьми октавных полос следует определять по формуле

$$\Delta L_{\text{дддд}} = L_{\text{дддд}} - L_{\text{ддд}} \quad (2)$$

где:  $\Delta L_{\text{трб}}$  – требуемое снижение уровней звукового давления, дБ;

$L_{\text{расч}}$  – полученные расчетом октавные уровни звукового давления, дБ;

$L_{\text{доп}}$  – допустимые по нормам октавные уровни звукового давления, дБ.

Допустимые уровни шума на рабочих местах принимаются в соответствии с ГОСТ 12.1.003.-83. «Шум. Общие требования безопасности» (табл. 7).

#### 4.3.2. Расчет звукоизолирующих ограждений, перегородок

Звукоизолирующие ограждения, перегородки применяются для отдаления «тихих» помещений от смежных «шумных» помещений; выполняются из плотных, прочных материалов. В них возможно устройство дверей, окон. Подбор материала конструкций производится по требуемой звукоизолирующей способности  $R_{\text{трб}}$ , дБ, величина которой определяется по формуле

$$R_{\text{трб}} = L_{\text{сум}} - L_{\text{доп}} - 10 \lg V_{\text{и}} + 10 \lg S_{\text{и}} + 10 \lg m, \quad (3)$$

где:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{\text{и}}} p_i - \text{суммарный октавный уровень звуковой мощности излучаемой}$$

всеми источниками и определяемый с помощью табл. 4;

$L_{\text{доп}}$  – допустимый октавный уровень звукового давления в изолируемой от шума помещении, дБ, табл. 4;

$V_{\text{и}}$  – постоянная изолируемого помещения,  $\text{м}^2$ ;

$m$  – количество элементов в ограждении (сплошная перегородка –  $m=1$ , перегородка с окном или дверью –  $m=3$ ).

Если звукоизолирующее ограждение включает окно, дверь, то требуемая звукоизолирующая способность  $R_{\text{трб}}$  рассчитывается для каждого элемента. Материал конструкций выбирается по табл. 8 и 9.

*Допустимые уровни шума на рабочих местах  
(ГОСТ 12.1.003-83)*

| Вид трудовой деятельности                                                                                                                                                                              | Условия звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц |     |     |     |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                                                                                                                                                                                                        | 63                                                                                   | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Предприятия, учреждения и организации                                                                                                                                                                  |                                                                                      |     |     |     |      |      |      |      |
| 1. Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность.  | 71                                                                                   | 61  | 54  | 49  | 45   | 42   | 40   | 38   |
| 2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории.                                       | 79                                                                                   | 70  | 63  | 58  | 55   | 52   | 50   | 49   |
| 3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, требующая постоянного слухового контроля, операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа. | 83                                                                                   | 74  | 68  | 63  | 60   | 57   | 55   | 54   |
| 4. Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами.                                                | 91                                                                                   | 83  | 77  | 73  | 70   | 68   | 66   | 64   |
| 5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производстве и на территории предприятия.                                                | 95                                                                                   | 87  | 82  | 78  | 75   | 73   | 71   | 69   |

Таблица 8

Звукоизолирующая способность стен, перегородок, дБ

| Материал конструкции               | Толщина   | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц |     |     |     |      |      |      |      |
|------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                                    |           | 63                                              | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Кирпичная кладка с двух сторон     | 1 кирпич  | 36                                              | 41  | 44  | 51  | 58   | 64   | 65   | 65   |
|                                    | 2 кирпича | 45                                              | 45  | 52  | 59  | 65   | 70   | 70   | 70   |
| Железобетонная стена               | 50 мм     | 28                                              | 34  | 35  | 35  | 41   | 48   | 55   | 55   |
|                                    | 100 мм    | 34                                              | 40  | 40  | 44  | 50   | 55   | 60   | 60   |
|                                    | 200 мм    | 40                                              | 42  | 44  | 51  | 59   | 65   | 55   | 55   |
| Гипсобетонная плита                | 80 мм     | -                                               | 28  | 33  | 37  | 36   | 44   | 44   | 42   |
| Керамзитобетонная плита            | 80 мм     | -                                               | 33  | 34  | 39  | 47   | 52   | 54   | -    |
| Шлакобетонная панель               | 250 мм    | -                                               | 30  | 45  | 52  | 56   | 64   | 64   | -    |
| Древ. стружечная плита             | 20 мм     | -                                               | 23  | 26  | 26  | 26   | 26   | 26   | 23   |
| Фанера                             | 3 мм      | 7                                               | 11  | 14  | 19  | 23   | 26   | 27   | 26   |
|                                    | 5 мм      | 9                                               | 13  | 17  | 21  | 25   | 28   | 26   | 29   |
|                                    | 10 мм     | 13                                              | 17  | 21  | 25  | 28   | 25   | 29   | 23   |
| Стеклопластик                      | 3 мм      | 9                                               | 13  | 17  | 21  | 25   | 29   | 31   | 32   |
|                                    | 5 мм      | 12                                              | 16  | 20  | 24  | 28   | 31   | 31   | 34   |
|                                    | 10 мм     | 17                                              | 21  | 25  | 28  | 31   | 31   | 34   | 38   |
| Стальн. панели с ребрами жесткости | 1 мм      | 13                                              | 17  | 21  | 25  | 28   | 32   | 35   | 35   |
|                                    | 3 мм      | 19                                              | 23  | 27  | 31  | 35   | 37   | 30   | 39   |
|                                    | 5 мм      | 22                                              | 26  | 30  | 34  | 37   | 32   | 36   | 42   |
|                                    | 10 мм     | 26                                              | 30  | 34  | 36  | 32   | 36   | 42   | 46   |

Таблица 9

Звукоизолирующая способность окон и дверей, дБ

| Элемент конструкции                                                                        | Условия прилегания по периметру                                   | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц |     |     |     |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                                                                                            |                                                                   | 63                                              | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Окно с силикатным стеклом толщиной 3 мм<br>6 мм                                            | Без уплотняющих прокладок                                         | 8                                               | 12  | 16  | 18  | 20   | 22   | 20   | 20   |
|                                                                                            |                                                                   | 12                                              | 18  | 18  | 20  | 23   | 25   | 25   | 25   |
| Оконный блок с двойным переплетом, толщина стекла 3 мм, воздушный зазор 170 мм             | Без уплотняющих прокладок<br>С уплотняющими прокладками из резины | 22                                              | 27  | 26  | 28  | 30   | 28   | 27   | 27   |
|                                                                                            |                                                                   |                                                 | 33  | 33  | 36  | 38   | 38   | 38   | 38   |
|                                                                                            |                                                                   | 27                                              |     |     |     |      |      |      |      |
| Двойное остекление со стеклами толщиной 4мм и 7мм и воздушным зазором:<br>200 мм<br>300 мм | То же                                                             | -                                               | 27  | 36  | 42  | 47   | 49   | 55   | 55   |
|                                                                                            |                                                                   | -                                               | 32  | 39  | 43  | 47   | 51   | 55   | 55   |
| Обыкновенная филенчатая дверь                                                              | Без уплотняющих прокладок<br>С уплотняющими прокладками           | 7                                               | 12  | 14  | 16  | 22   | 22   | 20   | 20   |
|                                                                                            |                                                                   | 12                                              | 18  | 19  | 23  | 30   | 33   | 32   | 32   |
| Глухая щитовая дверь толщиной 40 мм, облицованная с двух сторон фанерой толщиной 4 мм      | Без уплотняющих прокладок<br>С уплотняющими прокладками           | 17                                              | 22  | 23  | 24  | 24   | 24   | 23   | 23   |
|                                                                                            |                                                                   | 12                                              | 27  | 27  | 32  | 35   | 34   | 35   | 35   |

#### 4.3.3. Звукоизолирующие кожухи

Применяются для снижения уровней звуковой мощности отдельных, наиболее шумных источников. Кожухи полностью закрывают источник шума, изготавливаются из листовых материалов (сталь, дюралюминий и др.). Внутренние поверхности стенок кожуха обычно облицовывают звукопоглощающим материалом. Требуемая звукоизолирующая способность стенок кожуха определяется по формулам:

для необлицованных кожухов

$$R_{\text{доп}} = L_p + 10 \lg \left( \frac{\chi \Phi}{2\pi r^2} + \frac{4\Psi}{B} \right) - L_{\text{аи}} + 5; \quad (4)$$

для кожухов со звукопоглощающей облицовкой внутренних поверхностей

$$R_{\text{доп}} = L_p + 10 \lg \left( \frac{\chi \Phi}{2\pi r^2} + \frac{4\Psi}{B} \right) - L_{\text{аи}} + 5 - 10 \lg \alpha_{\text{обл}}; \quad (5)$$

где:  $L_{\text{доп}}$  – допустимые октавные уровни звукового давления, дБ;

$\alpha_{\text{обл}}$  – коэффициент звукопоглощения облицовочного материала;

Остальные обозначения такие же, как в формуле (1).

Выбор материала кожуха следует производить от  $R_{\text{трес}}$  по справочникам или табл. 10.

Звукоизолирующая способность кожуха со стенками плоской формы, дБ

| Конструкция                                                                     | Толщина листа, мм | Размер листа, мм | Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц |     |     |     |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|--------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                                                                                 |                   |                  | 63                                               | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Стальной лист, покрытие из вибродемпфирующей мастики ВД – 17 – 58 толщиной 4 мм | 0,7               | 2x2              | 20                                               | 24  | 28  | 33  | 37   | 39   | 42   | 45   |
| Стальной лист, покрытие из минераловатных плит толщиной: 70 мм                  | 1,5               | 1x1              | -                                                | 20  | 26  | 35  | 39   | 40   | 46   | 48   |
| Дюралюминиевый диск, покрытие из минераловатных плит толщиной 80 мм<br>70 мм    | 2                 | 2x2              | 20                                               | 15  | 20  | 28  | 36   | 43   | 50   | 53   |
|                                                                                 | 3                 | 2x2              | -                                                | 20  | 25  | 38  | 45   | 51   | 51   | 57   |
| Стальной лист                                                                   | 1,2 – 2           | 2x2              | 26                                               | 23  | 28  | 33  | 38   | 44   | 48   | 30   |
|                                                                                 |                   | 1x1              | 21                                               | 29  | 25  | 30  | 35   | 41   | 44   | 30   |
|                                                                                 |                   | 0,5x0,5          | 18                                               | 25  | 31  | 29  | 33   | 37   | 40   | 30   |
|                                                                                 |                   | 4x2              | 27                                               | 25  | 30  | 35  | 40   | 46   | 48   | 31   |
|                                                                                 |                   | 2x1              | 22                                               | 30  | 28  | 33  | 37   | 42   | 44   | 31   |
|                                                                                 | 3 – 4             | 3x3              | 23                                               | 28  | 33  | 27  | 42   | 45   | 33   | 42   |
|                                                                                 |                   | 2x2              | 28                                               | 25  | 30  | 35  | 41   | 44   | 33   | 42   |
|                                                                                 |                   | 3x1,5            | 27                                               | 33  | 31  | 36  | 41   | 44   | 34   | 43   |
|                                                                                 |                   | 2x1              | 23                                               | 32  | 29  | 35  | 41   | 43   | 34   | 43   |
|                                                                                 |                   |                  |                                                  |     |     |     |      |      |      |      |
| Сплав                                                                           | 1,5x2             | 2x2              | 18                                               | 15  | 20  | 25  | 30   | 35   | 38   | 23   |
|                                                                                 |                   | 1x1              | 15                                               | 21  | 17  | 27  | 27   | 32   | 35   | 22   |
|                                                                                 |                   | 2x1              | 13                                               | 21  | 19  | 24  | 29   | 32   | 33   | 20   |

#### 4.3.4. Звукопоглощающие облицовки

Применяются для снижения интенсивности отраженных звуковых волн. Звукопоглощающие облицовки размещают на потолке и в верхних частях стен помещения. Для достижения максимально возможного поглощения звука рекомендуется облицовывать не менее 60% общей площади ограничивающих помещение поверхностей.

Выбор звукопоглощающей облицовки (материал, конструкция, коэффициент звукопоглощения и т.д.) следует производить по данным табл. 11 в зависимости от требуемого снижения шума  $\Delta L_{\text{треб}}$ . При этом реверберационный коэффициент звукопоглощения облицовки  $\alpha_{\text{обл}}$  должен иметь максимальные значения в тех октавных полосах частотного диапазона, где наблюдается наибольшее превышение ожидаемых уровней звукового давления над допустимыми значениями.

## Акустические характеристики звукопоглощающих материалов

| Толщина звукопоглощающего материала, мм                                                                      | Воздушный зазор, мм | Реверберационный коэффициент звукопоглощения на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                                                              |                     | 63                                                                                               | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Плиты ПА/О минераловатные акустические, размер 500x500 мм                                                    |                     |                                                                                                  |      |      |      |      |      |      |      |
| 20                                                                                                           | 0                   | 0,02                                                                                             | 0,03 | 0,17 | 0,68 | 0,98 | 0,86 | 0,45 | 0,20 |
| 20                                                                                                           | 50                  | 0,02                                                                                             | 0,03 | 0,42 | 0,93 | 0,90 | 0,79 | 0,45 | 0,20 |
| Плиты «Акмигран» минераловатные размером 300x300 мм                                                          |                     |                                                                                                  |      |      |      |      |      |      |      |
| 20                                                                                                           | 0                   | 0,01                                                                                             | 0,04 | 0,30 | 0,59 | 1    | 0,93 | 0,81 | 0,70 |
| 20                                                                                                           | 50                  | 0,03                                                                                             | 0,25 | 0,66 | 0,91 | 0,93 | 1    | 0,90 | 0,80 |
| Маты из супертонкого волокна                                                                                 |                     |                                                                                                  |      |      |      |      |      |      |      |
| 50                                                                                                           | 0                   | 0,1                                                                                              | 0,4  | 0,85 | 0,98 | 1    | 0,93 | 0,97 | 1    |
| Супертонкое волокно с оболочкой из стеклоткани и покрытием из гипсовой плиты толщиной 7 мм с перфорацией     |                     |                                                                                                  |      |      |      |      |      |      |      |
| 100                                                                                                          | 0                   | 0,9                                                                                              | 0,66 | 1    | 1    | 1    | 0,96 | 0,7  | 0,5  |
| Отходы капронового волокна, сетка из стеклоткани марки СЭ, покрытие из перфорированного металлического листа |                     |                                                                                                  |      |      |      |      |      |      |      |
| 100                                                                                                          | 0                   | 0,02                                                                                             | 0,15 | 0,46 | 0,82 | 0,92 | 0,83 | 0,93 | 0,93 |
| Плиты «Силапор» размерами 450x450 мм                                                                         |                     |                                                                                                  |      |      |      |      |      |      |      |
| 45                                                                                                           | 0                   | 0,10                                                                                             | 0,25 | 0,45 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 0,95 |
| «Винипор» полужесткий                                                                                        |                     |                                                                                                  |      |      |      |      |      |      |      |
| 35                                                                                                           | 0                   | -                                                                                                | -    | 0,07 | 0,12 | 0,19 | 0,45 | 0,89 | 0,89 |
| Теплоизоляционный материал                                                                                   |                     |                                                                                                  |      |      |      |      |      |      |      |
| 25                                                                                                           | 0                   | 0,10                                                                                             | 0,12 | 0,21 | 0,44 | 0,77 | 0,90 | 0,92 | 0,90 |
|                                                                                                              | 50                  | 0,11                                                                                             | 0,16 | 0,40 | 0,83 | 0,94 | 0,82 | 0,92 | 0,80 |
| Плиты ПП – 80, ППМ, ПММ звукопоглощающие полужесткие                                                         |                     |                                                                                                  |      |      |      |      |      |      |      |
| 30                                                                                                           | 0                   | -                                                                                                | 0,08 | 0,30 | 0,64 | 0,89 | 0,95 | 0,83 | 0,73 |
|                                                                                                              | 50                  | -                                                                                                | 0,21 | 0,40 | 0,72 | 0,98 | 0,79 | 0,75 | 0,75 |
| 50                                                                                                           | 0                   | -                                                                                                | 0,14 | 0,52 | 0,92 | 0,99 | 0,42 | 0,82 | 0,78 |
|                                                                                                              | 50                  | -                                                                                                | 0,20 | 0,61 | 0,90 | 0,94 | 0,92 | 0,78 | 0,76 |

Величина возможного максимального снижения уровней звукового давления в расчетной точке при применении выбранных звукопоглощающих конструкций определяется по формуле

$$\Delta L = 10 \lg \frac{B_1 \Psi}{B \Psi_1}, \quad (6)$$

где:  $B$  – постоянная помещения до установки в нем звукопоглощающей облицовки,  $\text{м}^2$ ; определяется так же, как в формуле (1);

$B_1$  – постоянная помещения после установки в нем звукопоглощающих конструкций,  $\text{м}^2$ ; определение ее рассматривается ниже;

$\Psi$  и  $\Psi_1$  – коэффициенты, определяемые по графику на рис. 3, соответственно до и после установки звукопоглощающих конструкций.

Постоянную помещения  $B_1$  следует определять по формуле

$$B_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{1 - \alpha_1}, \quad (7)$$

где:  $A_1 = \alpha(S_{\text{огр}} - S_{\text{обл}})$  – эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностей не занятых звукопоглощающей облицовкой,  $\text{м}^2$ ;

$\alpha$  – средний коэффициент звукопоглощения помещения до установки звукопоглощающей облицовки; определяется по формуле

$$\alpha = \frac{B}{(B + S_{\text{огр}})};$$

где  $S_{\text{огр}}$  – общая площадь ограждающих поверхностей помещения,  $\text{м}^2$ ;

$S_{\text{обл}}$  – площадь звукопоглощающих облицовок,  $\text{м}^2$ ;

$\Delta A$  – величина добавочного звукопоглощения, вносимого конструкцией звукопоглощающей облицовки,  $\text{м}^2$ ; определяется по формуле

$$\Delta A = \alpha_{\text{обл}} \cdot S_{\text{обл}},$$

где  $\alpha_{\text{обл}}$  – реверберационный коэффициент звукопоглощения выбранной конструкции облицовки в октавной полосе частот; определяемый по табл. 8.

$\alpha_1$  – средний коэффициент звукопоглощения помещения со звукопоглощающими конструкциями, определяемый по формуле

$$\alpha_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{S_{\text{огр}}}.$$

Выбранная звукопоглощающая облицовка будет обеспечивать необходимое снижение уровня шума в октавных полосах частот в том случае, если в результате расчетов получено

$$\Delta L_{\text{макс}} \geq \Delta L_{\text{треб}}$$

## 5. Порядок выполнения расчетов

| Искомая величина                             | Ссылка на рис., табл., формулу | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц |      |
|----------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|------|
|                                              |                                | 500                                             | 2000 |
| Расчет ожидаемых уровней звукового давления  |                                |                                                 |      |
| 1. L                                         | (1)                            |                                                 |      |
| 2. L <sub>доп</sub>                          | табл. №7                       |                                                 |      |
| 3. ΔL <sub>треб</sub>                        | (2)                            |                                                 |      |
| Расчет звукоизолирующей перегородки с дверью |                                |                                                 |      |
| 1. L <sub>сум</sub>                          | (3)                            |                                                 |      |
| 2. L <sub>доп</sub>                          | табл. №7                       |                                                 |      |
| 3. R <sub>перег</sub>                        | (3)                            |                                                 |      |
| 4. R <sub>двери</sub>                        | (3)                            |                                                 |      |
| и т. д.                                      |                                |                                                 |      |

## Литература

СНиП 23-03-2003 Актуализированная редакция СП 51.13330.2011 Защита от шума

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГБОУ «Тульский государственный университет»**  
**Интернет институт**  
**Кафедра «Охраны труда и окружающей среды»**

**КУРСОВАЯ РАБОТА**  
**по курсу «Информационные технологии**  
**в техносферной безопасности»**  
**«Оценка уровней шума в помещениях. Расчет средств защиты от шума»**

**Вариант № 14**

Выполнил: ст-т гр. ИБ3606Х81 \_\_\_\_\_ Мухина А.В.

Проверил: доцент каф.ОТиОС \_\_\_\_\_ Коряков А.Е.

ТУЛА 2021