

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



А.А. Евдокимов, В.В. Кисс

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ БОРЬБЫ С ШУМОМ

Учебно-методическое пособие



Санкт-Петербург  
2014

УДК 534.2+378.3

**Евдокимов А.А., Кисс В.В.** Оценка эффективности средств борьбы с шумом: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 28 с.

Рассмотрены варианты борьбы с шумом в производственном помещении. Изложена методика акустического расчёта. Приведены шумовые характеристики некоторых компрессорных агрегатов, реверберационные коэффициенты звукопоглощающих покрытий и звукоизолирующие свойства основных строительных конструкций.

Предназначено для самостоятельной работы студентов направлений 140700, 141200, 151000, 190600, 220700, 240700, 24100, 260100, 260200, 080200 бакалавриата очной и заочной форм обучения.

**Рецензент: доктор техн. наук, проф. Л.К. Николаев**

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом Института холода и биотехнологий**



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2014

© Евдокимов А.А., Кисс В.В., 2014

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы проблема шума выдвинулась в число наиболее актуальных. Человечеству еще никогда не приходилось переживать столь значительного увеличения интенсивности и других характеристик шума в среде своего обитания за столь незначительный срок.

К неблагоприятным относятся шумы, чрезмерные по интенсивности, частоте и продолжительности и, как правило, не несущие никакой полезной информации для человека. Именно эти шумы и вызывают нежелательные функциональные, а иногда и патологические изменения в организме человека.

Действие акустических шумов сопровождается определенными изменениями в состоянии сердечно-сосудистой системы. Установлено, что ухудшение таких показателей, как острота зрения, устойчивость ясного видения, контрастная чувствительность, зависит как от интенсивности шума, так и от длительности его воздействия. Под воздействием шума вначале понижаются острота и тонкость слуха, в дальнейшем (при длительном действии шума) развиваются стойкие патологические изменения в органе слуха. У операторов, работающих в условиях шумовых воздействий, наблюдается нарушение сна, приводящее к снижению работоспособности.

Неблагоприятное действие шума не ограничивается воздействием только на органы слуха. Очень часто изменения возникают вначале в других органах и системах человека. Как правило, на неблагоприятные шумовые воздействия первой реагирует центральная нервная система, причем проявления эти могут носить самый разнообразный характер, в частности страдает рефлекторная деятельность.

При постоянном воздействии шума могут наблюдаться также различные вегетативные сдвиги и изменения сердечно-сосудистой системы, причем эти изменения могут наступить раньше, чем проявятся нарушения слуха. По мнению многих исследователей, шум играет большую роль в возникновении и развитии гипертонической болезни, нарушении функции поджелудочной железы. Известно, что шум – одна из основных причин возникновения и развития язвенной болезни желудка.

Под влиянием шума изменяется вибрационная чувствительность и происходят нежелательные функциональные изменения в вестибулярном аппарате. Следует отметить также, что шум снижает

работоспособность, является причиной отрицательных эмоциональных сдвигов и существенно мешает отдыху.

Звуковые волны возникают при нарушении стационарного состояния среды вследствие наличия в ней какого-либо возмущающего воздействия. Скорость, с которой распространяется звуковая волна, называется скоростью звука. Скорость звука  $c$  (м/с) зависит только от характеристик среды распространения и может изменяться в очень широких пределах.

В воздухе при температуре 20 °С скорость распространения звука составляет 340 м/с. *При этом скорость перемещения частиц воздуха, вызывающего образование и перераспределение областей сжатия и разрежения (причина распространения звуковой волны), не превышает 10 м/с.*

Любое колебательное движение характеризуется частотой  $f$  (Гц) и периодом колебаний  $T$  (с). Период колебаний ( $T = 1/f$ ) соответствует временному интервалу, через который в каждой точке пространства временное развитие колебаний будет повторяться. Этому временному интервалу будет соответствовать пространственный интервал повторения волновой картины, так называемая длина волны  $\lambda$  (м), определяемая соотношением  $\lambda = c/f$ . В частотном диапазоне звуковых колебаний длины волн изменяются от нескольких десятков метров до нескольких сантиметров.

Область пространства, в которой распространяются звуковые волны, называется *звуковым полем*. В каждой точке звукового поля давление и скорость движения частиц воздуха изменяются во времени. Разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением, которое наблюдается в невозмущенной среде, называется *звуковым давлением*  $p$  (Па). Так как звуковое давление есть функция времени, то для его оценки используется усредненная величина, а именно средний квадрат звукового давления, получаемый усреднением мгновенных значений  $p^2$  в некотором интервале времени  $\Delta T$ . Такое усреднение осуществляется и в нашем слуховом аппарате со временем усреднения порядка нескольких миллисекунд.

При распространении звуковой волны происходит перенос энергии, который характеризуется интенсивностью звука  $I$  (Вт/м<sup>2</sup>). Интенсивность связана со звуковым давлением следующим соотношением:

$$I = p^2/(\rho c).$$

Величины звукового давления и интенсивности звука, с которыми приходится иметь дело в практике борьбы с шумом, могут меняться в широких пределах: по давлению – до  $10^8$  раз, по интенсивности – до  $10^{16}$  раз. Оперировать такими цифрами неудобно. Однако наиболее важным является то обстоятельство, что ощущения человека, возникающие при различного рода раздражениях, в частности при шуме, пропорциональны логарифму количества энергии раздражителя. Поэтому были введены логарифмические величины – уровни звукового давления и интенсивности.

Уровень интенсивности звука (дБ) определяют по формуле

$$L = 10 \lg(I/I_0),$$

где  $I_0$  – пороговая интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости на частоте 1000 Гц ( $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>).

Уровень звукового давления (дБ) определяется выражением

$$L_p = 10 \lg(p^2/p_0^2) = 20 \lg(p/p_0),$$

где  $p_0$  – пороговое звуковое давление ( $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па), выбранное таким образом, чтобы на частоте 1000 Гц уровни звукового давления были равны уровням интенсивности.

Пороговые значения звукового давления и интенсивность звука связаны аналогичным соотношением

$$I_0 = p_0^2 / (\rho_0 c_0),$$

где  $\rho_0$ ,  $c_0$  – плотность и скорость звука при нормальных атмосферных условиях.

**Сравнительные характеристики звукового поля  
некоторых источников шума [1]**

Источник шума и расстояние до него	Звуковое давление, Па	Уровень звукового давления, дБ
Старт баллистической ракеты, 100 м	2000	160
Взлет реактивного самолета, 15 м	200	140
В штамповочном цехе	20	120
Отбойный молоток, 1 м	2	100
Автомобиль, 7 м	0,2	80
Обычная речь, 1 м	0,02	60
В читальном зале	0,002	40
Шепот, 1 м	0,0002	20

В том случае, когда в расчетную точку попадает шум от нескольких источников, суммарный уровень шума  $L_{\Sigma}$  определяется по формуле

$$L_{\Sigma} = 10 \lg 10^{\sum 0,1L_i},$$

где  $L_i$  – уровни звукового давления, или уровни интенсивности, создаваемые каждым источником.

Если уровни звукового давления  $L_i$ , создаваемые каждым из  $n$  источников, одинаковы, то суммарный уровень шума (дБ) окажется равным

$$L_{\Sigma} = L + 10 \lg n.$$

Из этой формулы следует, что два **любоx** одинаковых источника **вместе** создадут уровень шума на 3 дБ больший, чем каждый из них.

Шумы принято классифицировать по их спектральным и временным характеристикам. В зависимости от характера спектра шумы бывают тональными, в спектре которых имеются слышимые дискретные тона, и широкополосными – с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

Интенсивность шума в любой точке помещения складывается из прямого шума (от каждого из источников) и отражённого (в основном от стен, потолка и пола). При этом формулы для расчёта интенсивности шума от волн прямых и отражённых неодинаковы, поскольку отражённые волны – плоские, а прямые – близки к сферическим. Суммарную интенсивность прямого шума (в каждой октаве) от нескольких источников на расстоянии значительно большем, чем размеры этих источников, находят по формуле

$$I = \sum \frac{\Phi_i P_i}{\phi_i l_i^2},$$

где  $\Phi$  – фактор направленности шума от источника. Для оборудования, не имеющего акустических экранов (электродвигатели, компрессоры, насосы, станки), принимают  $\Phi = 1$ ;  $P$  – звуковая мощность источника, Вт;  $\phi$  – пространственный угол, в который распространяется шум от источника, ср;  $l$  – расстояние от источника шума до постоянного рабочего места, м.

Когда все источники шума одинаковы и находятся на одинаковом расстоянии от контрольной точки, эту формулу (например, для определения интенсивности шума на постоянном рабочем месте машиниста) можно упростить, представив в виде

$$I = \frac{n\Phi P}{\phi l^2}.$$

Интенсивность отражённого шума для такого случая можно определить по эмпирической формуле

$$I = \frac{nP}{B},$$

где  $B$  – акустическая характеристика помещения, рассчитываемая по формуле

$$B = \frac{\sum A_i \alpha_{cp}}{1 - \alpha_{cp}},$$

здесь  $\sum A_i$  – приведённая поверхность поглощения всех конструкций, отражающих шум,  $m^2$ ;  $\alpha_{cp}$  – средний коэффициент звукопоглощения, который определяют с учётом закона Дальтона,

$$\alpha_{cp} = \sum A_i x_i,$$

$x_i$  – доля  $i$ -й поверхности в общей поверхности поглощения.

Наиболее эффективным средством защиты от шума в производственном помещении является разделение источников шума и постоянного рабочего места звукоизолирующими перегородками. Эффективность однослойной перегородки (дБ) можно рассчитать по формуле

$$R = 20 \lg (m_0 f) - 47,5,$$

где  $m_0$  – масса перегородки площадью  $1 m^2$ ;  $f$  – частота звуковой волны, Гц.

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ БОРЬБЫ С ШУМОМ

## А. Исходные данные для акустических исследований

В здании из сборного железобетона и минерального стекла в одном из помещений с размерами  $L \times C \times H$  м и площадью окон  $F_0$  (м<sup>2</sup>) предполагается разместить компрессорное отделение.

Компрессоры предполагается установить на узкие автономные фундаменты с площадкой 0,5 м<sup>2</sup> на высоте 1,5 м от пола в ряд вдоль одной из торцевых стен на расстоянии от неё 0,5 м, обеспечивая возможность монтажа.

Постоянное рабочее место машиниста предполагается разместить на расстоянии 0,5 м от противоположной торцевой стены, обеспечивая максимальное удаление его от источников шума:

$$l \approx L - 0,5 - 0,5.$$

При выполнении индивидуального задания численные значения величин: размеры помещения, площадь окон, число устанавливаемых компрессоров и их тип – следует взять из табл. 5 [2, с. 46]. Акустические характеристики некоторых типов компрессоров приведены в табл. 1 приложения.

Нормируемые значения уровней шума приведены в табл. 2 приложения.

Коэффициенты шероховатости принять равными:

для бетона – 1,2;

для минерального стекла – 1,05.

Коэффициенты звукопоглощения строительных конструкций и материалов, включая бетон и стекло, приведены в табл. 3 приложения. При выполнении предварительного (оценочного) расчёта допускается принимать коэффициенты звукопоглощения постоянными во всём диапазоне слышимости и равными:

для бетона – 0,01;

для минерального стекла – 0,03.

## Б. Задачи исследований

1. Рассчитать ожидаемые уровни шума на рабочем месте в неподготовленном помещении и сравнить их с нормируемыми (по ПС–75, табл. 2 приложения) [3].



2. Предполагая покрыть всю площадь потолка звукопоглощающей облицовкой (ЗПО), например листами «винипора» полужёсткого толщиной 50 мм *без зазора* (см. приложение, табл. 4) [4], рассчитать ожидаемые уровни шума на рабочем месте и сравнить их с нормируемыми (табл. 2 [3]).

3. Определив октавный диапазон волн, в которых наблюдается значительное превышение норм, рассчитать величину зазора ( $d = \lambda/4$ ), который следует оставить между листами ЗПО и покрываемой ими поверхностью, и подобрать из табл. 2 наиболее подходящий вариант ЗПО (толщину листа и величину зазора).

4. Предполагая покрыть ЗПО не только потолок, но и всю свободную поверхность стен (за вычетом площади окон), рассчитать ожидаемые уровни шума на рабочем месте и сравнить их с нормируемыми [3].

5. Предполагая отделить постоянное рабочее место машиниста-оператора от шумного машинного зала звукоизолирующими перегородками (см. табл. 5 приложения) [4], с оконным блоком (табл. 6 приложения) [4], рассчитать ожидаемые уровни шума в кабине наблюдения и дистанционного управления работой компрессоров. Размеры кабины принять с учётом строительных норм (площадь – не менее 4,5 м<sup>2</sup>; высота – не менее 2,5 м).

6. Сравнить ожидаемые уровни шума с нормируемыми для кабин наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону (по ПС–60 [3]) и сделать выводы по результатам расчётов.

## **В. Методика исследований**

1. Уровни шума на рабочем месте в каждой из октав  $L_j$  следует рассчитывать по формуле

$$L_j = 10 \lg N_j + 10 \lg n + 10 \lg [\Phi / (\phi l^2) + 4/B], \quad (1)$$

где  $N_j$  – уровни звуковой мощности компрессора по октавам (см. табл. 1 приложения);  $n$  – число одновременно работающих компрессоров;  $\Phi$  – фактор направленности шума. Для оборудования, не имеющего акустических экранов (моторы, насосы, компрессоры), принимают  $\Phi = 1$ ;

$l$  – расстояние от источника шума до постоянного рабочего места, м;  
 $\varphi$  – пространственный угол, в который распространяется шум от источника;  $B$  – акустическая характеристика помещения,

$$B = \Sigma A_i \alpha_{cp} / (1 - \alpha_{cp}). \quad (2)$$

Например, если принять размеры помещения  $L \times C \times H = 20 \times 10 \times 5$  м, площадь оконных блоков  $F_o = 100$  м<sup>2</sup>, число установленных компрессоров  $n_{\Sigma} = 3$ , при резерве 1/3, то

$$n = 3 - 1 = 2 \text{ шт.};$$

$$l = 20 - 0,5 - 0,5 = 19 \text{ м.}$$

Чтобы найти угол  $\varphi$ , определим, какую долю поверхности сферы с  $R = 1,0$  м, описанной вокруг компрессора, составляет площадка фундамента  $Fn = 0,5$  м<sup>2</sup>, представляющая собой отражающий экран:

$$Fn/4\pi R^2 = 0,5/4\pi l^2 \approx 1/25,12;$$

тогда

$$\varphi = 4\pi (1 - 1/25,12) = 12,06 \text{ ср (стерадиан)}.$$

Для определения акустической характеристики  $B$  находим приведённую поверхность звукопоглощения  $\Sigma A_i$ , которая складывается из приведённой поверхности стекла  $A_1$  и железобетона  $A_2$ .

В рассматриваемом примере

$$A_1 = 100 \cdot 1,05 = 105 \text{ м}^2;$$

$$A_2 = [2(20 \cdot 10 + 20 \cdot 5 + 10 \cdot 5) - 100]1,2 = 720 \text{ м}^2;$$

$$\Sigma A_i = 105 + 720 = 825 \text{ м}^2.$$

Средний коэффициент звукопоглощения  $\alpha_{cp}$  вычисляем с учётом закона Дальтона:

$$\alpha_{cp} = \Sigma \alpha_i x_i, \quad (3)$$

где  $x_i = A_i / \Sigma A_i$  – доля поверхности  $i$ -го материала в общей поверхности поглощения.

В рассматриваемом примере для неподготовленного помещения

$$x_1 = 105/825 \approx 0,12;$$

$$x_2 = 1 - 0,12 \approx 0,88;$$

$$\alpha_{\text{ср}} = 0,03 \cdot 0,12 + 0,01 \cdot 0,88 = 0,0124.$$

Подставляя численные значения  $A$  и  $\alpha_{\text{ср}}$  в уравнение (2), получаем

$$B = 825 \cdot 0,0124 / (1 - 0,0124) = 10,358 \text{ м}^2.$$

Приближённое значение акустических характеристик  $B$ , в зависимости от размеров и типа помещения, можно определить по табл. 7 и 8 приложения.

Чтобы вычислить ожидаемые уровни шума на рабочем месте в каждой из октав  $L_j$ , достаточно подставить в уравнение (1) численные значения всех найденных величин:

$$L_j = 10 \lg N_j + 10 \lg 2 + 10 \lg [1 / (12,06 \cdot 192) + 4 / 10,358];$$

после упрощения

$$L_j \approx 10 \lg N_j + 3 + 10 \lg (0,00023 + 0,38617) \approx 10 \lg N_j - 1.$$

*Результаты расчётов занести в итоговую таблицу (строка 2).*

Таким образом, численные значения ожидаемых уровней шума на рабочем месте машиниста будут отличаться от уровней звуковой мощности компрессора на единицу. Сравнивая ожидаемые уровни шума с нормируемыми по ПС–75 (см. табл. 2 [3]), обнаруживаем, что в неподготовленном помещении требования санитарных норм (СНИП 23.03–2003) соблюдаться не будут. Работать в таком шумном помещении недопустимо.

2. После покрытия потолка звукопоглощающей облицовкой расчёт повторяется с той лишь разницей, что изменяются приведённые поверхности поглощения (добавляется приведённая поверхность поглощения ЗПО, которой покрыт потолок ( $200 \text{ м}^2$ ), и на эту величину уменьшается площадь, занятая бетоном. Изменяются также доли материалов в общей поверхности поглощения  $x_i$  и средние коэффициенты звукопоглощения, рассчитанные по формуле (3), причём эти значения окажутся неодинаковыми для всех октавных диапазонов, поскольку реверберационные коэффициенты звукопоглощения у облицовки  $\alpha_{\text{ЗПО}}$  заметно различаются по октавам (см. табл. 4) [4]. Поэтому значения  $\alpha_{\text{ЗПО}}$  следует внести в итоговую таблицу отдельной строкой (строка 5), как и рассчитанные в этих октавах средние коэффициенты звукопоглощения  $\alpha_{\text{ср}}$  (строка 6).

**Итоговая таблица результатов расчёта**

№ пп	Акустические характеристики	Среднегеометрические значения частот октавных диапазонов $j$ , Гц																		
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000											
1	$L_{Nj}$ , дБ																			
2	$L_{PM}^I$																			
3	$L_H$ по ПС-75 [2]																			
4	$\Delta L = L_{PM}^I - L_H$																			
5	$\alpha_{3ПО}$																			
6	$\alpha_{cp}$																			
7	$B = A\alpha_{cp}/(1 - \alpha_{cp})$																			
8	$L_{PM}^{II}$																			
9	$\Delta L = L_{PM}^{II} - L_H$																			
10	$\alpha_{3ПО}$																			
11	$\alpha_{cp}$																			
12	$B = A\alpha_{cp}/(1 - \alpha_{cp})$																			
13	$L_{PM}^{III}$																			
14	$\Delta L = L_{PM}^{III} - L_H$																			
15	$R_{CT}$																			
16	$R_{OK}$																			
17	$R_{КАБ}$																			
18	$L_{КАБ} = R_{CT}X_{CT} + R_{OK}X_{OK}$																			
19	$L_H$ по ПС-60 [2]																			
20	$\Delta L = L_{КАБ} - L_H$																			

Новые значения  $\Sigma A_i$  и  $\alpha_{\text{ЗПО}}$  вызовут изменения акустических характеристик помещения  $B_j$  (строка 7) и, как следствие, ожидаемых уровней шума на рабочем месте  $L_j$  (строка 8). *Результаты сравнения ожидаемых уровней шума с нормируемыми (строки 8 и 3, соответственно) следует привести отдельной строкой (строка 9).*

3. При нанесении звукопоглощающей облицовки на поверхность потолка без зазора получают не лучший результат. Сопротивление движению частиц воздуха в отражённой волне будет оказывать материал, отстоящий от отражающей поверхности на нечётное число четвертей длины этой волны (пучности), где частицы воздуха должны двигаться наиболее интенсивно. Именно в этом месте и следует располагать листы звукопоглощающей облицовки, выполняя задание по п. 3 (Б).

Так, если мы намерены снизить отражённый **тональный** шум, характеризующийся частотой 500 Гц, длина которой определяется из условия

$$\lambda = \frac{v}{f},$$

находим, на каком расстоянии от стены будет располагаться пучность отражённой волны:

$$\lambda/4 = 340/(4 \cdot 500) = 0,170 \text{ м,}$$

из чего следует, что лист облицовки толщиной 50 мм следует крепить к потолку на расстоянии

$$170 - 25 = 145 \text{ мм.}$$

*В случае широкополосного спектра шума в расчёт принимают длину волны, характеризующую среднегеометрическую частоту октавного диапазона.*

Определив, на каком расстоянии будем крепить к потолку облицовку, находим ожидаемые значения коэффициентов реверберации по табл. 4 приложения и повторяем расчёт.

4. Расчёт ожидаемых уровней шума для случая, рассмотренного в п. 4 (Б), ничем не отличается от приведённого выше. Отличаться будут только доли материалов в общей поверхности поглощения и значения реверберационных коэффициентов поглощения ЗПО, которые следует выбрать в табл. 4 приложения [4] с учётом зазора между листами ЗПО и покрываемой ими поверхностью.

Результаты расчета следует внести в отчетную таблицу строками с 10 по 14.

5. Для оценки эффективности звукоизоляции следует выбрать конструкционные материалы для кабины наблюдения. Звукоизолирующую способность этих конструкций  $R_{ij}$  (см. табл. 5 и 6) [4] следует внести в отчетную таблицу строками 15 и 16.

Звукоизолирующую способность кабины  $R_{jk}$  можно рассчитать по формуле

$$R_{jk} = \sum R_{ij} X_i, \quad (4)$$

где  $X_i$  – доли конструкций в общей поверхности звукоизоляции (рассчитывают по аналогии с  $x_i$ -долями поверхностей поглощения).

Ожидаемые уровни шума в кабине наблюдения (строка 17) рассчитывают по формуле

$$L_{jk} = L_j - R_{jk}, \quad (5)$$

где  $L_j$  – ожидаемые уровни шума на рабочем месте при отсутствии звукоизолирующих перегородок.

Нормируемые уровни шума для кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону (ПС–60, см. табл. 2 приложения [3]) следует внести в отчетную таблицу строкой 18.

Результаты сравнения ожидаемых значений уровней шума в кабине с нормируемыми по ПС–60

$$\Delta L = L_{jk} - L_{nj}$$

внести в отчетную таблицу строкой 19.

6. В заключение исследований сделать выводы о соответствии полученных результатов требованиям ССБТ [3] и эффективности рассмотренных средств борьбы с шумом.

Оценивая целесообразность рассмотренных вариантов борьбы с шумом, следует учитывать затраты на их реализацию, а также возможность обеспечения при этом других требований производственной санитарии (воздух рабочей зоны), в том числе пожаро- и взрывобезопасности.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

### Шумовые характеристики компрессорных агрегатов [5]

№ варианта	Тип, марка компрессора	Уровни звуковой мощности компрессора, дБ							
		Среднегеометрические частоты октавных диапазонов, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	I60B-20/8	86	97	95	93	90	90	80	80
2	ВП-50/8	93	102	99	98	96	92	86	86
3	5Г-100/8	99	96	96	97	98	90	85	76
4	2РВ-3/350	94	91	90	90	91	86	80	80
5	3Г-100/220	93	95	93	93	96	85	77	72

## Нормируемые уровни шума [3]

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровень звукового давления (эквивалентный уровень звукового давления) $L$ , дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц										Эквивалентный уровень звука $L_{ЭКВ}$ , дБА	Максимальный уровень звука $L_{Апик}$ , дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	12		
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	13		
1	2	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	70	
1. Рабочие помещения административного управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ		96	83	74	68	63	60	57	55	54	65	75	
2. Рабочие помещения диспетчерских служб, кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, участки точной сборки, телефонные и телеграфные станции, заделы обработки информации на ЭВМ		103	91	83	77	73	70	68	66	64	75	90	
3. Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, кабины наблюдения и дистанционного управления без связи по телефону		107	95	87	82	78	75	73	71	69	80	95	
4. Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами (за исключением работ, названных в п. 1–3)		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	
5. Палаты больниц и санаториев	7.00–23.00 23.00–7.00	69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40	



Продолжение табл. 2

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровень звукового давления (эквивалентный уровень звукового давления) $L$ , дБ, в октавных полосах частот со среднереометрическими частотами, Гц										Эквивалентный уровень звука $L_{ЭКВ}$ , дБА	Максимальный уровень звука $L_{Алпх}$ , дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
6. Операционные больницы, кабинеты врачей больниц, поликлиник, санаториев		76	59	48	40	34	' 30	27	25	23	35	50	
7. Классные помещения, учебные кабинеты, аудитории учебных заведений, конференц-залы, читальные залы библиотек, зрительные залы клубов, театров, залы суда, культовые здания		79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55	
8. Жилые комнаты квартир:													
– в домах категории А	7.00–23.00	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	
	23.00–7.00	69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40	
– в домах категорий Б и В	7.00–23.00	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55	
	23.00–7.00	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45	
9. Жилые комнаты общежитий	7.00–23.00	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60	
	23.00–7.00	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	
10. Номера гостиниц:													
– категории А	7.00–23.00	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	
»	23.00–7.00	69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40	
– категории Б	7.00–23.00	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55	
»	23.00–7.00	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45	
– категории В	7.00–23.00	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60	
»	23.00–7.00	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровень звукового давления (эквивалентный уровень звукового давления) $L$ , дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								Эквивалентный уровень звука $L_{ЭКВ}$ , дБА	Максимальный уровень звука $L_{Апик}$ , дБА	
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000			8000
	7.00–23.00	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	23.00–7.00	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
11. Жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов												
12. Помещения офисов, рабочие помещения и кабинеты административных зданий, конструкторских, проектных и научно-исследовательских организаций: – категории А – категорий Б и В	–	83 86	67 71	57 61	49 54	44 49	40 45	37 42	35 40	33 38	45 50	60 65
13. Залы кафе, ресторанов, фойе театров и кинотеатров: – категории А – категорий Б и В												
14. Торговые залы магазинов, пассажирские залы вокзалов и аэровокзалов, спортивные залы	–											
15. Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев	7.00–23.00	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	65
	23.00–7.00	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
16. Территории, непосредственно прилегающие к жилым зданиям, домам отдыха, домам-интернатам для престарелых и инвалидов	7.00–23.00	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
	23.00–7.00	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
17. Территории, непосредственно прилегающие к зданиям поликлиник, школ, других учебных заведений		90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70

## Коэффициенты звукопоглощения некоторых строительных конструкций и материалов [5]

Звукопоглощающие поверхности	Коэффициент звукопоглощения $\alpha$ в октавных диапазонах, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<i>Для элементов зданий</i>								
Стены кирпичные нештукатуренные	0,024	0,024	0,024	0,030	0,040	0,048	0,064	0,070
Стены кирпичные оштукатуренные с клеевой покраской	0,013	0,013	0,015	0,018	0,025	0,037	0,048	0,050
Стены кирпичные оштукатуренные с масляной покраской	0,009	0,009	0,011	0,013	0,016	0,017	0,018	0,018
Стены бетонные с затиркой, бетонные перекрытия и полы	0,010	0,010	0,012	0,014	0,018	0,022	0,028	0,035
Перегородки гипсовые пустотелые с клеевой покраской	0,013	0,011	0,015	0,018	0,026	0,038	0,045	0,050
Перегородки деревянные оштукатуренные	0,10	0,10	0,11	0,09	0,08	0,08	0,09	0,10
Панели деревянные по стенам	0,10	0,10	0,11	0,10	0,09	0,08	0,04	0,04
Окна (стекло минеральное)	0,035	0,035	0,032	0,029	0,026	0,026	0,020	0,019
Полы дощатые	0,10	0,10	0,11	0,09	0,08	0,08	0,09	0,10
Полы паркетные по гудрону	0,04	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07
Полы из линолеума	0,02	0,02	0,03	0,03	0,035	0,038	0,040	0,040
Сталь	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Стеклопластик	0,01	0,01	0,012	0,014	0,015	0,016	0,017	0,016
<i>Для звукопоглощающих облицовок из неспециализированных материалов</i>								
Ковер с ворсом на полу (толщиной 5 мм)	0,10	0,10	0,13	0,30	0,30	0,27	0,25	0,25
Фанерная обшивка (6 мм на расстоянии 50 мм от стены)	0,12	0,24	0,25	0,21	0,12	0,12	0,11	0,10
Древесно-волоконистая плита (20 мм на расстоянии 50 мм от стены)	0,15	0,25	0,63	0,68	0,83	0,70	0,40	0,20
Поропласт листовый (50 мм на расстоянии 50 мм от стены)	0,15	0,70	0,70	0,65	0,75	0,80	0,85	0,90
Вентиляционные решётки	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0



Звукоизолирующая способность стен и перегородок [4], дБ

Конструкция	Толщина, мм	Поверхностная плотность, кг/м <sup>2</sup>	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кирпичная кладка, оштукатуренная с двух сторон	140	220		32	39	40	42	48	54	60	60
	270	420		36	41	44	51	58	64	65	65
	410	620		41	44	48	55	61	65	65	65
	520	820		45	45	52	59	65	70	70	70
	680	1000		45	47	55	60	67	70	70	70
				31	31	33	36	43	49	58	60
Железобетонная панель	50	125		31	38	38	44	50	58	60	60
	100	250		38	43	43	51	60	63	63	63
	160	400		40	42	44	51	59	65	65	65
	200	500		44	44	50	58	65	69	69	69
	300	750		45	47	55	61	67	70	70	70
	400	1000		32	32	33	39	47	54	60	60
Гипсобетонная панель	80	115		33	33	34	39	47	52	60	60
	80	100		37	37	37	48	50	60	60	60
Пемзобетонная панель, оштукатуренная с двух сторон	130	255		39	39	39	46	53	60	60	60
	140	250		42	42	42	50	59	64	64	64
Шлакобетонная панель	250	400		41	42	42	48	54	60	63	65
	220	360		23	23	26	26	26	26	26	25
Шлакоблоки, оштукатуренные с двух сторон Древесно-стружечная плита Стальная плита с ребрами жесткости	30	12		10	15	19	22	26	30	34	38
	0,7	5,5		12	17	20	24	28	32	36	36
	1	8		16	20	24	28	32	35	35	33
	2	16		19	23	27	31	35	37	30	39
	3	23		21	25	29	33	36	34	34	41
	4	31		23	27	31	35	37	30	39	43
	6	47		24	28	32	36	34	33	40	44
	8	62		26	30	34	36	32	36	42	46
	10	78									

## Звукоизолирующая способность окон [4], дБ

Конструкция	Толщина, мм		Условия прилегания по периметру	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
	стекла	воздушного зазора		125	250	500	1000	2000	4000
Одinarное окно с силикатным стеклом	3	–	По замазке То же	17	21	25	29	33	34
	4	–		19	23	27	31	35	29
Одinarное окно с органическим стеклом	6	–	»	21	25	29	33	31	34
	5	–	»	13	18	23	28	33	35
	10	–	»	18	23	28	33	35	32
	20	–	»	23	28	33	35	32	40
Двойное окно с силикатными стеклами	3 и 3	100	Через прокладки из мягкой резины То же	37	32	37	43	49	45
	7 и 7	100		38	38	45	46	46	58
	3 и 3	100		32	33	41	49	52	49
	3 и 3	200		38	39	49	49	52	49
Двойное окно с органическими стеклами	7 и 7	100	С герметизацией по периметру	37	39	48	49	51	58
	4 и 4	100		23	33	39	48	55	61
	4 и 4	150		27	36	45	48	53	61
	98	–		37	40	42	45	48	50
Смотровые окна из органического стекла	36 и 10	100		31	41	50	60	62	70
	36 и 10	200		32	43	53	61	64	70
Смотровое окно То же	60 и 18	200		40	47	55	63	70	70
	80 и 18	400		45	52	59	69	75	75

Таблица 7

### Определение постоянной помещения $B$ [5]

Описание помещения	Постоянная помещения
1. С небольшим числом людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, генераторные, машинные залы, испытательные стенды и т. п.)	$V/20$
2. С жесткой мебелью и большим числом людей или с небольшим числом людей и мягкой мебелью (лаборатории, ткацкие и деревообрабатывающие цехи, кабинеты и т. п.)	$V/10$
3. С большим числом людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управлений, залы конструкторских бюро, аудиторий учебных заведений, залы ресторанов, торговые залы магазинов, залы ожидания аэропортов и вокзалов, номера гостиниц, классные помещения в школах, читальные залы библиотек, жилые помещения и т. п.)	$V/6$
4. Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	$V/1,5$

Таблица 8

### Частотный множитель $\mu$ [5]

Объем помещения	Частотный множитель $\mu$ на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц									
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
200	0,8	0,75	0,7	0,8	1,0	1,4	1,8	2,5		
200–1000	0,65	0,62	0,64	0,75	1,0	1,5	2,4	4,2		
>1000	0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3,0	6,0		

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белов С.В.** Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): Учеб. для бакалавров. 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд.-во «Юрайт», ИД «Юрайт», 2012. – 682 с.

2. **Евдокимов А.А.** Безопасность жизнедеятельности. Примеры расчётов: Пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2007. – 72 с.

3. СНиП 23-03–2003. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Защита от шума. – М: Госстрой России. – 2003.

4. Средства защиты в машиностроении. Расчёт и проектирование: Справ. / Под ред. С.В. Белова. – М: Машиностроение, 1989. – 368 с.

5. **Лагунов Л.Ф.** Борьба с шумом в машиностроении. – М: Машиностроение, 1980. – 150 с.



## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ БОРЬБЫ С ШУМОМ ....	8
А. Исходные данные для акустических исследований.....	8
Б. Задачи исследований.....	8
В. Методика исследований.....	9
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	15
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	24



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»

---

## ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



Институт холода и биотехнологии является преемником «Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий (СПбГУНиПТ)», который в ходе реорганизации (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 2209 от 17 августа 2011г.) в январе 2012 года был присоединен к «Санкт-Петербургскому национальному исследовательскому университету информационных технологий, механики и оптики».

Созданный 31 мая 1931г. СПбГУНиПТ стал крупнейшим образовательным и научным центром, одним из ведущих вузов страны в области холодильной, криогенной техники, технологий и в экономике пищевых производств.

В институте обучается более 6500 студентов и аспирантов. Коллектив преподавателей и сотрудников составляет около 900 человек, из них 82 доктора наук, профессора; реализуется более 40 образовательных программ.

Действует 6 факультетов:

- холодильной техники;
- техники пищевых производств;
- пищевой инженерии и автоматизации;
- криогенной техники и кондиционирования;

- экономики и экологического менеджмента;
- заочного обучения.

За годы существования вуза сформировались известные во всем мире научные и педагогические школы. В настоящее время фундаментальные и прикладные исследования проводятся по 20 основным научным направлениям: научные основы холодильных машин и термотрансформаторов; повышение эффективности холодильных установок; газодинамика и компрессоростроение; совершенствование процессов, машин и аппаратов криогенной техники; теплофизика; теплофизическое приборостроение; машины, аппараты и системы кондиционирования; хладостойкие стали; проблемы прочности при низких температурах; твердотельные преобразователи энергии; холодильная обработка и хранение пищевых продуктов; тепломассоперенос в пищевой промышленности; технология молока и молочных продуктов; физико-химические, биохимические и микробиологические основы переработки пищевого сырья; пищевая технология продуктов из растительного сырья; физико-химическая механика и тепло-массообмен; методы управления технологическими процессами; техника пищевых производств и торговли; промышленная экология; от экологической теории к практике инновационного управления предприятием.

В институте создан информационно-технологический комплекс, включающий в себя технопарк, инжиниринговый центр, проектно-конструкторское бюро, центр компетенции «Холодильщик», научно-образовательную лабораторию инновационных технологий. На предприятиях холодильной, пищевых отраслей реализовано около тысячи крупных проектов ученых и преподавателей института.

Ежегодно проводятся международные научные конференции, семинары, конференции научно-технического творчества молодежи.

Издается журнал «Вестник Международной академии холода» и электронные научные журналы «Холодильная техника и кондиционирование», «Процессы и аппараты пищевых производств», «Экономика и экологический менеджмент».

В вузе ведется подготовка кадров высшей квалификации в аспирантуре и докторантуре по 11 специальностям.

Действуют два диссертационных совета, которые принимают к защите докторские и кандидатские диссертации.

Вуз является активным участником мирового рынка образовательных и научных услуг.

Евдокимов Александр Александрович  
Кисс Валерий Вячеславович

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ БОРЬБЫ С ШУМОМ**

Учебно-методическое пособие

*Ответственный редактор*  
Т.Г. Смирнова

*Редактор*  
Е.О. Трусова

*Компьютерная верстка*  
Д.Е. Мышковский

*Дизайн обложки*  
Н.А. Потехина

---

Подписано в печать 30.10.2014. Формат 60×84 1/16  
Усл. печ. л. 1,63. Печ. л. 1,75. Уч.-изд. л. 1,56  
Тираж 250 экз. Заказ № С 67

---

НИУ ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49  
ИИК ИХиБТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Санкт-Петербургский национальный исследова-  
тельский университет  
информационных технологий,  
механики и оптики  
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49  
Институт холода и биотехнологий  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

