

Ворожейкина Н.В., Кулагин В.С., Кобылкин С.С. и др. Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности». – М.: МГТУ, 2007, 99с.

Учебное пособие предназначено для проведения лабораторных занятий по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей.  
Даны практические указания к проведению лабораторных занятий по курсу «Безопасность жизнедеятельности», охватывающие основные вопросы обеспечения безопасности в бытовой и производственной среде.

Рецензенты:

докт.техн.наук, проф. Д.Э.Шварцбург, ГОУ ВПО МГТУ «Станкин»  
докт.техн.наук, проф. Б.Ф.Кирип, Московский государственный горный университет

Лабораторная работа № 1	Исследование шума .....	6
Лабораторная работа № 2	Исследование методов защиты от вибрации .....	25
Лабораторная работа № 3	Защита от высокочастотного электромагнитного излучения ....	35
Лабораторная работа № 4	Эффективность и качество искусственного освещения .....	44
Лабораторная работа № 5	Защита от теплового излучения .....	59
Лабораторная работа № 6	Методы и средства защиты воздушной среды от газообразных загрязнений .....	66
Лабораторная работа № 7	Исследование условий и уровня опасности поражения человека электрическим током .....	78

карта  
Бланк

## Введение

Настоящий практикум лабораторных работ отражает состав и содержание лабораторных работ, выполняемых студентами всех специальностей при изучении дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» на кафедре «Безопасность жизнедеятельности и гражданская оборона».

Каждая лабораторная работа обычно выполняется бригадой в составе 2-5 человек. Предусматривается общий порядок выполнения каждой из работ, включающий следующие основные этапы:

1. Студенты знакомятся с описанием работы, прежде всего ее теоретической частью. Готовность студентов к дальнейшему выполнению работы проверяется преподавателем с использованием контрольных вопросов по теоретической части работы.
2. После ознакомления с практической частью работы, выяснения всех деталей ее проведения, усвоения всех положений требований безопасности и получения разрешения преподавателя студенты приступают к выполнению экспериментальной части. В описании каждой работы дана общая постановка задач исследований, что позволяет заинтересованным студентам осуществлять самостоятельный поиск решения задач, постановки экспериментальных исследований, не руководствуясь традиционной и достаточно примитивной технологией выполнения заранее запрограммированных действий «нажми это, посмотри то, запиши туда и т.д.».
3. После завершения выполнения работы и демонстрации полученных результатов студенты отвечают на контрольные вопросы к практической части работы. После успешного ответа на эти вопросы экспериментальная часть работы считается завершенной и студенты оформляют отчет по определенной работе. Форма отчета для каждой работы приведена в конце ее описания. Отчет по работе составляется каждым студентом персонально. Отчет с указанием даты его составления подписывается студентом.
4. Каждая проведенная работа после завершения подготовки и предъявления отчета проходит процедуру защиты, в ходе которой студенты отвечают на вопросы преподавателя, дают обоснование и обсуждают полученные результаты, делают выводы по работе. Только после прохождения процедуры защиты и отображения этого в специальном журнале преподавателем лабораторная работа считается полностью выполненной.

Лабораторная работа «Исследование шума», в отличие от остальных, выполняется всеми студентами группы одновременно (т.е. без разделения на отдельные бригады). Эта работа выполняется в течение двух последующих занятий, при этом изучение теоретических положений совмещается с их обсуждением, выполнением простейших практических расчетов, например величин логарифмического уровня, значения среднегеометрической частоты октавной полосы и т.д., с последующими ответами на все приведенные контрольные вопросы. На первом занятии изучаются основные теоретические

положения и определения (раздел 1.3.1.), а на втором — оставшаяся часть лабораторной работы, начиная с раздела 1.3.2. «Действие шума на организм человека» и выполняется небольшая практическая экспериментальная часть.

Лабораторную работу «Исследование шума» рекомендуется выполнять до работы «Исследование вибрации».

Лабораторная работа «Исследование условий и уровня опасности поражения человека электрическим током» также может выполняться в течение двух последующих занятий в случае, если студенты еще не прошли обучение по соответствующим разделам электротехники.

Настоящее описание для каждой лабораторной работы представляет собой лишь один из возможных сценариев ее проведения. Имеющиеся лабораторное оборудование позволяет проводить и многие другие эксперименты. Студенты могут предложить свои дополнительные сценарии выполнения работ, которые будут с благодарностью приняты авторами для рассмотрения и возможного последующего включения в сборник при его переиздании.

Авторы будут также благодарны за все замечания и предложения, которые позволят сделать проведение лабораторных работ более увлекательным и полезным для студентов.

Лабораторная работа № 1  
Исследование шума

1. Теоретическая часть

1.1. Цель работы

Цель работы - ознакомиться с теорией звука, его физической сущностью, параметрами и единицами измерения, приборами для измерения шума, нормативными требованиями к производственным шумам, провести небольшое самостоятельное экспериментальное исследование шума.

1.2. Актуальность вопроса

Шум является весьма неблагоприятным фактором в среде жизнедеятельности человека.

Слуховое восприятие - второй по значению психофизиологический процесс восприятия информации для человека. Звук, не вызывая непосредственной реакции, влияя на выполнение работ, не связанных со слуховым восприятием. Всякое увеличение уровня шума над порогом слышимости повлечет мышечное напряжение и, следовательно, увеличивает расход мышечной энергии.

Учитывая масштабы и последствия его влияния, еще в начале XX века шум окрестили «чумой XX века». В настоящее время масштабы воздействия шума увеличиваются, что делает вопросы защиты от его воздействия одними из наиболее актуальных.

1.3. Основные теоретические сведения

1.3.1. Основные понятия и определения

Под термином «звук» понимают колебательные движения упругой среды, воспринимаемые органом слуха. Под термином «шум» понимают всякий нежелательный для человека звук, мешающий восприятию полезных лов.

Шум представляет собой спектр составляющих с частотами, непрерывно распределенными в широком диапазоне (беспорядочное сочетание звуков различной длительности и частоты) - стук, треск, грохот, шелест и т.д.

В зависимости от источника различают механический, электромагнитный, аэродинамический, гидравлический и другие виды шумов.

Физическая характеристика шума

Все физические тела в состоянии колебания вызывают продольные колебания частиц воздушной среды, которые воспринимаются органами слуха человека как звуковые колебания (звук). Частицы среды при этом колеблются относительно положения равновесия.

Звук, параметры которого изменяются во времени по гармоническому закону, называется *тоном* или *чистой нотой*.

Наиболее частым и простым видом колебаний в природе являются *гармонические колебания*, описываемые уравнением

$$x = A \sin(\omega t + \varphi),$$

где  $x$  - смещение от положения равновесия,  $A$  - амплитуда,  $\omega$  - циклическая частота колебаний,  $t$  - время,  $\varphi$  - фаза колебаний в момент  $t=0$ .

Между циклической и обычной частотой существует связь  $\omega = 2\pi f$ .

Скорость движения частицы при колебательном процессе (*колебательная скорость*) может быть найдена как производная от смещения и также описывается гармоническим законом.

Колебательная скорость  $V$  значительно меньше скорости распространения волны (скорости звука).

Колебательная скорость принимается равной  $V = A\omega$  м/с.

Скорость звука  $c$  при нормальных условиях (20С, 101,3кПа): в воздухе - 344 м/с, в жидкостях - 1500 м/с, в металлах - 5000 м/с.

Распространение звуковой волны сопровождается переносом энергии. Основными физическими параметрами, характеризующими шум, являются:

- *звуковое давление*  $P$ , Па;
- *интенсивность*  $I$ , Вт/м<sup>2</sup>;
- *частота*  $f$ , Гц.

Область пространства, в которой распространяются звуковые волны, называется *звуковым полем*. Оно описывается звуковым давлением и колебательной скоростью частиц.

Звуковое давление  $P$  в точке пространства - разность между мгновенным значением полного давления в этой точке и средним давлением, которое наблюдается в невозмущенной среде, т.е. разность между атмосферным и давлением в данной точке звукового поля (Па).

Интенсивность (сила) звука - средний поток энергии в какой-либо точке среды в единицу времени, отнесенный к единице поверхности, нормальной к направлению распространению волны ( $I$ , Вт/м<sup>2</sup>).

$I = P^2 / Z$   $Z = \rho c$  - кг/(м<sup>2</sup>\*с) - удельное акустическое сопротивление среды.

В акустике измеряют не только абсолютные значения интенсивности звука (или звукового давления), но и их *логарифмические уровни*  $L$ , взятые по отношению к пороговому значению интенсивности звука или пороговому звуковому давлению. Необходимость использования логарифмических уровней определяется следующими обстоятельствами.

Величины звукового давления и интенсивности, с которыми приходится оперировать в практике защиты от шума, изменяются в очень широком пределе: по давлению в  $10^8$  раз, по интенсивности — до  $10^{16}$  раз. Оперировать столь большими цифрами крайне неудобно. Кроме того, установлено, что согласно биологическому закону Вебера-Фехнера, выражающего связь между изменением интенсивности раздражителя и силой вызванного ощущения, реакция организма прямо пропорциональна отношению приращению раздражителя. В связи с этим были введены логарифмические величины — уровни звукового давления и интенсивности.

Логарифмический уровень интенсивности определяется по выражению  $L_I = \lg(I/I_0)$ , где  $I$  — интенсивность звука в данной точке, Вт/м<sup>2</sup>;  $I_0$  — интенсивность звука, на пороге слышимости на частоте 1000 Гц ( $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>).

Единицей изменения логарифмического уровня является бел, названный в честь предложившего эту единицу ученого (изобретателя телефона) Александра Белла.

Одному белу соответствует увеличение интенсивности звука на пороге слышимости в 10 раз (т.е. при  $I/I_0 = 10$   $L = 1$  Б).

Ухо человека способно различать значительно меньший прирост звука. Поэтому единица бел оказалась достаточно грубой, и потребовалось ввести более мелкую единицу — 1 децибел. 1 децибел равняется 0,1 Б.

Логарифмический уровень интенсивности и звукового давления определяются соотношениями.

$$L_I = \lg(I/I_0) \text{ Б} = 10 \lg(I/I_0) \text{ дБ.}$$

$$L_p = 2 \lg(P/P_0) \text{ Б} = 20 \lg(P/P_0) \text{ дБ.}$$

Соотношение между логарифмическими уровнями интенсивности и звукового давления можно получить, используя зависимость  $I = P^2/Z$ . Подставляя значение  $I$  в выражение для  $L_I$  получаем

$$L_I = \lg(I/I_0) = \lg(P^2/P_0^2) + \lg(P_0 c_0 / P c) = 2 \lg(P/P_0).$$

Значения  $P_0 c_0$  и  $P c$  соответственно плотности среды и скорости звука при нормальных атмосферных условиях и в условиях измерения, поэтому их отношение близко к 1. Таким образом при распространении звука в нормальных атмосферных условиях

$$L_I = \lg(I/I_0) \text{ Б} = 2 \lg(P/P_0) \text{ Б.}$$

Если 1 Б соответствует увеличению интенсивности звука в 10 раз, то 1 децибел соответствует увеличению интенсивности в

$$10^{0.1} = \sqrt[10]{10} \approx 1.258925411 \approx 1.259 \quad 10^{0.1} = 1.259 \text{ раз.}$$

Увеличению интенсивности в 2 раза соответствует прирост логарифмического уровня на 3 дБ. Рассчитаем логарифмический уровень интенсивности  $L_I$  в 10 раз:

$$L_I = 10 \lg(2^* I_0 / I_0) \text{ дБ} = 10 \lg(2) + 10 \lg(I_0 / I_0) = 10 \lg(2) + 10 \lg(1) = 10^* 0.3010 \sim 3 \text{ дБ.}$$

Аналогично легко получить, что увеличению интенсивности в 4 раза соответствует прирост уровня на 6 дБ, увеличению интенсивности в 8 раз соответствует прирост уровня на 9 дБ.

Возможные значения логарифмического уровня оцениваемой величины, представленные ее соотношением с принятым пороговым значением, приведены в таблице.

+0 дБ	$\sqrt[10]{10^0} = 1.0$	$1.0 \cdot 10^1$	$1.0 \cdot 10^2$	....	$1.0 \cdot 10^{10}$
+1 дБ	$\sqrt[10]{10^1} \approx 1.259$	$1.259 \cdot 10^1$	$1.259 \cdot 10^2$	....	$1.259 \cdot 10^{10}$
+2 дБ	$\sqrt[10]{10^2} \approx 1.585$	$1.585 \cdot 10^1$	$1.585 \cdot 10^2$	....	$1.585 \cdot 10^{10}$
+3 дБ	$\sqrt[10]{10^3} \approx 1.995 \approx 2.0$	$2.0 \cdot 10^1$	$2.0 \cdot 10^2$	....	$2.0 \cdot 10^{10}$
+4 дБ	$\sqrt[10]{10^4} \approx 2.512$	$2.512 \cdot 10^1$	$2.512 \cdot 10^2$	....	$2.512 \cdot 10^{10}$
+5 дБ	$\sqrt[10]{10^5} \approx 3.162$	$3.162 \cdot 10^1$	$3.162 \cdot 10^2$	....	$3.162 \cdot 10^{10}$
+6 дБ	$\sqrt[10]{10^6} \approx 3.981 \approx 4.0$	$4.0 \cdot 10^1$	$4.0 \cdot 10^2$	....	$4.0 \cdot 10^{10}$
+7 дБ	$\sqrt[10]{10^7} \approx 5.012$	$5.012 \cdot 10^1$	$5.012 \cdot 10^2$	....	$5.012 \cdot 10^{10}$
+8 дБ	$\sqrt[10]{10^8} \approx 6.31$	$6.31 \cdot 10^1$	$6.31 \cdot 10^2$	....	$6.31 \cdot 10^{10}$
+9 дБ	$\sqrt[10]{10^9} \approx 7.943 \approx 8.0$	$7.943 \cdot 10^1$	$7.943 \cdot 10^2$	....	$7.943 \cdot 10^{10}$
+10 дБ	$\sqrt[10]{10^{10}} \approx 10$	$10 \cdot 10^1$	$10 \cdot 10^2$	....	$10 \cdot 10^{10}$

Уровнями интенсивности шума обычно оперируют при выполнении акустических расчетов, определении уровня шума, а уровнями звукового давления — при измерении шума и оценке его воздействия на человека, т.к. орган слуха человека чувствителен не к интенсивности, а к звуковому давлению (его среднеквадратичному значению).

Любой звук разлагается в спектр простых гармонических синусоидальных волн, каждая из которых имеет свою частоту и амплитуду. Спектральный состав — важная характеристика звука. Спектры для одной, двух и нескольких гармоник представлены на рис.1.

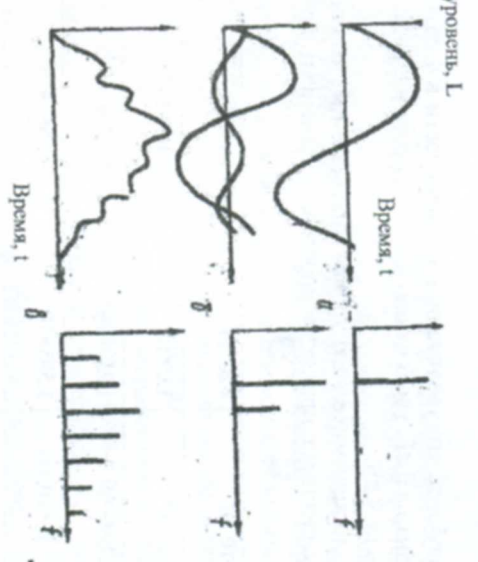


Рис.1. Представление шума в виде гармоник, а - одна гармоника, б - две гармоника, в - 7 гармоник)

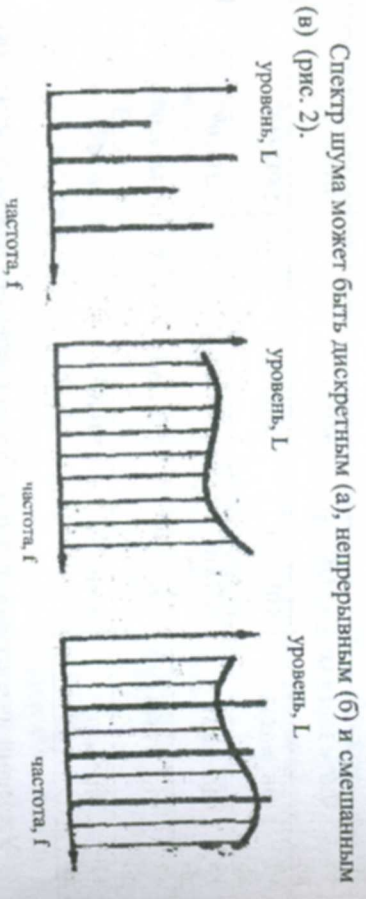


Рис.2. Спектры шума

Шумы также подразделяются на постоянные, прерывистые, импульсные (рис.3)

На орган слуха человека оказывает воздействие звуковое давление. Среднеквадратическое значение звукового давления описывается выражением  
Для чистого тона оно в  $2^{0.5}$  раз меньше его амплитуды.

$$p_{\text{ср}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt.$$

Ч воспринимает звуки частотой 16(20) - 20000 Гц. (акустические звуки). Наиболее важен для слухового восприятия интервал 45-10000 Гц. Ухо наиболее чувствительно к частотам 1000-3000 Гц.

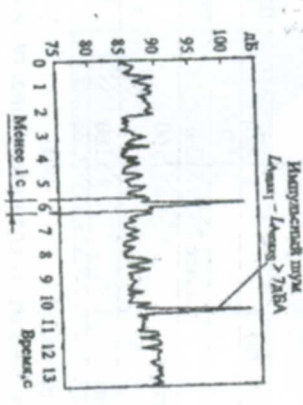
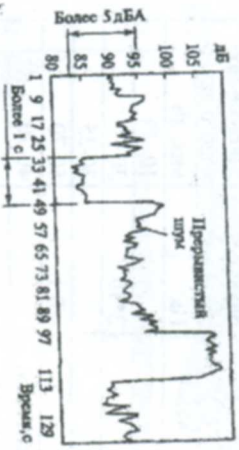
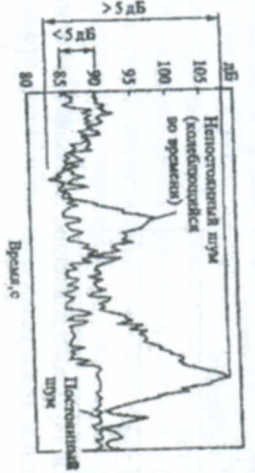


Рис.3. Характерные реальные шумы

Звуковой диапазон, т.е. диапазон от 20 Гц до 20000 Гц делится на 3 области:

- низкочастотные 16-400 Гц;
- среднечастотные 400-1000 Гц;
- высокочастотные 1000-20000 Гц.

Важными параметрами шума являются порог слышимости и порог болевой ощущения.

Звук с частотой менее 20(16) Гц именуется инфразвуком, с частотой более 20000 Гц - ультразвук.

На пороге слышимости человеческое ухо начинает ощущать звуки. При меньшей интенсивности ощущения не возникают. Порог болевого ощущения вызывает болевые ощущения при слуховом восприятии.

Общепринятые значения интенсивности и давления звука для данных порогов приведены в таблице.

Значения порога слышимости и порога болевого ощущения	Порог слышимости	Порог болевого ощущения
Интенсивность Вт/м <sup>2</sup>	$10^{-12}$	100
Звуковое давление, Па	$2 \cdot 10^{-5}$	200

Характерные значения уровней звукового давления, позволяющие ориентировочно оценивать характеристики шума различных источников, приведены в таблице.

Источник Ш	Звуковое давление, Па	Уровень звукового давления, дБ
Пелест листьев, тканые часы	$2 \cdot 10^{-3}$	10
Шепот на расстоянии 0,3 м		30
Шум привячен для Ч, не беспокоит		30-35
Речь средней громкости на расст. 1 м	~ 0,1	50-70
Значительная нагрузка на нервную систему, ухудшение самочувствия, при длительном действии - невроты		40-70
Может привести к потере слуха (глухоты)		>75
Болевые ощущения		130
Реактивный двигатель на L=15 м	более 200	более 140
Выстрел из артиллерийского орудия, старт ракетносителя		160
Разрыв барабанных перепонки, контузия		180

### Физиологическое воздействие шума

Физиологическое действие шума зависит от его интенсивности и от частоты. Отчетливо воспринимаются звуки на частотах: средних (300-800) Гц, высоких (800-4000) Гц, хуже - на низких - до 300 Гц.

Звуки, равные по силе, но неодинаковые по частоте, воспринимаются человеком как звуки разной громкости.

Для характеристики шума с точки зрения его физиологического воздействия введено понятие громкости шума. Единица уровня громкости шума - фон. За один фон принят уровень громкости шума частотой 1000 Гц при уровне силы шума в 1 дБ.

Количественную оценку уровня громкости шума различных источников выводит, сравнивая его с шумом при частоте 1000 Гц, для которого уровень силы условно принят равным уровню громкости.

Количественно уровни громкости и силы звука отличаются тем больше, чем слабее звук и ниже частота.

Область слышимых звуков ограничивается не только определенными частотами, но и предельными значениями звуковых давлений и их уровней. Так, для того чтобы вызвать звуковое ощущение, волна должна обладать некоторым минимальными звуковым давлением, но если это давление превышает определенный предел, то звук не слышен и вызывает только болевое ощущение. Таким образом, для каждой частоты колебаний существует наименьшее (порог слышимости) и наибольшее (порог болевого ощущения) звуковое давление, которое способно вызвать звуковое восприятие.

На рис. 4 представлена зависимость порогов слышимости и болевого ощущения от частоты звука. Область, расположенная между этими кривыми, является областью слышимости.

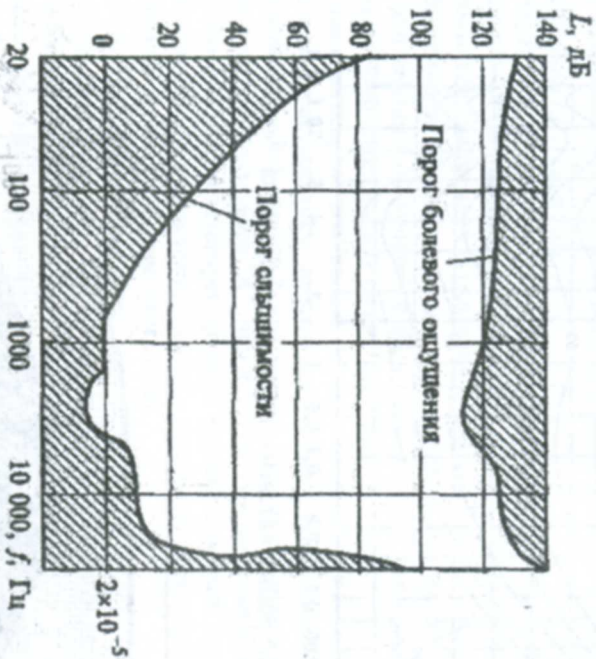


Рис. 4 Слуховое восприятие человека.

На рис. 5 приведены графики уровней интенсивности и громкости звука, которые отражают физиологическое восприятие звуков, т.е. иллюстрируют следующий факт: звуки, равные по интенсивности, но неодинаковые по частоте, воспринимаются человеком как звуки разной громкости.

На рис. 6 представлены характерные области слухового восприятия человека.

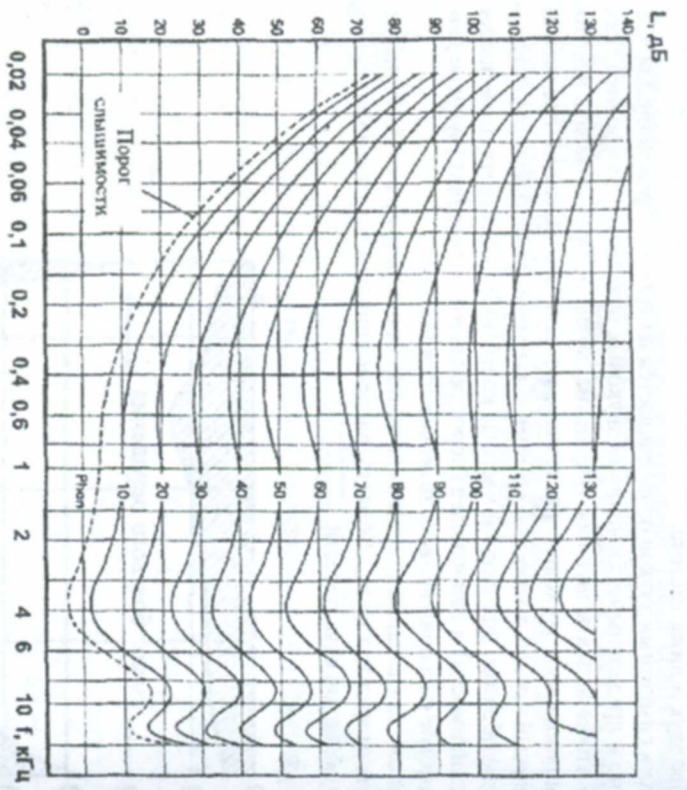


Рис. 5 Графики уровней интенсивности и громкости звука

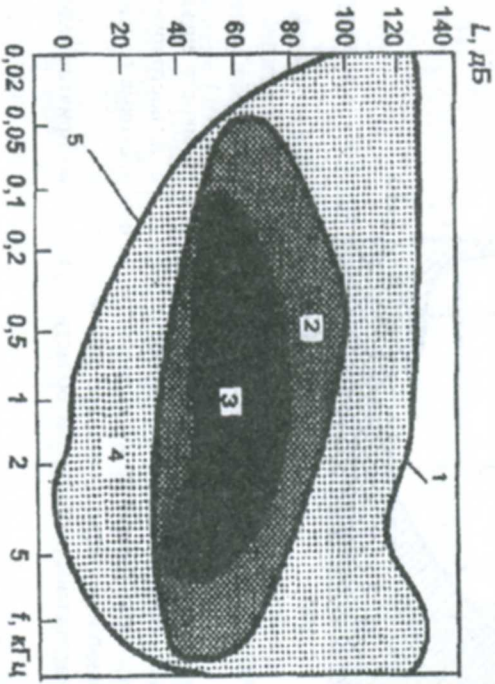


Рис. 6. Области слухового восприятия человека

1 — болевой порог; 2 — области музыкальных звуков; 3 — область речевых звуков; 4 — область слышимости; 5 — порог слышимости

### Оперирование частотами, оценки постоянных шумов

При анализе шума спектр (диапазон звуковых частот) разбивают на октавные полосы, в которых верхняя частота в 2 раза больше нижней. Полосы характеризуются среднегеометрической частотой  $f_{сг} = (f_n \cdot f_{n+1})^{0,5}$ , где  $f_n, f_{n+1}$  — граничная верхняя и нижняя частоты полосы, Гц.

Среднегеометрические частоты приняты следующие: 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000. За эталонную частоту при нормировании уровня шума принята частота 1000 Гц.

Октавная полоса делится на более узкие частотные диапазоны — «третьоктавные полосы». Для такой полосы ее верхняя и нижняя частоты связаны соотношением  $f_{сг}/f_n = \sqrt[3]{2} = 1,26$ .

Акустическим рабочим местом называется область звукового поля, в котором находится работающий — обычно на расстоянии 0,5 м от машины со стороны рабочих органов управления на высоте 1,5 м от пола.

Зависимость среднеквадратических значений интенсивности шума (или соответствующих им уровней в дБ) от частоты, как уже отмечалось, называют частотным спектром или просто спектром.

Для ориентировочной оценки шума, спектр которого неизвестен, допускается за характеристику постоянного шума принимать уровень звука в дБА, измеренный по шкале А шумомера (при включении корректирующей характеристики шумомера «А», при которой чувствительность всего измерительного тракта соответствует средней чувствительности органов слуха человека на различных частотах спектра — показания шумомера приближаются к субъективным ощущениям громкости).

Шумы (рис. 2) подразделяются на:

- постоянные — уровни звука которых за 8-часовой рабочий день изменяются во времени не более чем на 5 дБА,
- непостоянные (прерывистые, импульсные), для которых это изменение более 5 дБА.

Орган слуха человека и микрофоны шумомеров чувствительны к изменению уровня звукового давления, поэтому нормирование шума и градуация шкал измерительных приборов осуществляются по уровню звукового давления (дБ).

### Контрольные вопросы по теоретической части (к разделу 1.3.1.)

1. В чем заключается различие содержания терминов «звук» и «шум»?
2. Какие характерные виды шумов выделяют? Чем обусловлено их различие?
3. Что представляют собой звуковые колебания с физической точки зрения?
4. Какое перемещение в пространстве совершают частицы воздушной среды под действием звука?

5. Какой звук называют «чистым тоном»?
6. Каким уравнением описываются гармонические колебания?
7. Как должна устроиваться защита от шума космонавтов, работающих в открытом космосе, от шума двигателей пролетающих мимо космических объектов, имеющих уровень шума порядка 180 дБ?
8. Какую скорость называют колебательной скоростью?
9. Как соотносятся между собой скорости звука в воздухе, в жидкости, в металлах?
10. Какими основными параметрами характеризуется шум, какие единицы измерения имеют эти параметры?
11. Что понимается под «звуковым полем»?
12. Оказывает ли звук влияние на атмосферное давление? Охарактеризуйте происходящие физические процессы в точке воздушного пространства при прохождении звука.
13. Что понимается под логарифмическим уровнем? Какие обстоятельства приводят к необходимости оперирования логарифмическими уровнями?
14. Какой зависимостью определяется величина логарифмического уровня?
15. В каких единицах измеряется логарифмический уровень?
16. Что понимается под спектром звука? Какие виды спектров выделяют?
17. Как определяется среднеквадратичное значение звукового давления?
18. Звук какого диапазона частот способен воспринимать человеческое ухо?
19. Какие диапазоны звуковых частот не воспринимаются человеческим ухом?
20. Какие характерные звуковые диапазоны выделяют в области слышимых звуковых частот?
21. Что понимают под порогом слышимости и порогом болевого ощущения? Какими величинами звукового давления и интенсивности они характеризуются?
22. Приведите примеры известных вам уровней звукового давления.
23. Каким параметром характеризуется физиологическое восприятие звука ухом человека? В каких единицах он измеряется?
24. В каком случае уровни громкости и силы звука совпадают, что влияет на их отличие?
25. Что понимается под «октавной полосой»?
26. Что понимается под среднегеометрической частотой, какой зависимостью определяется ее величина?
27. Какие приняты стандартные значения среднегеометрических частот?
28. Что понимается под «третьоктавной» полосой?
29. Что называют акустическим рабочим местом?
30. Как производится ориентировочная оценка шума, спектр которого неизвестен?
31. По какому признаку производственные шумы делятся на постоянные и непостоянные?

### Общее действие шума на организм человека

Исключительно сильное влияние шум оказывает на быстроту реакции, сбор информации, аналитическую работу.

Действуя на работу мозга шум нарушает восприятие человеком оперативной информации, рассеивает внимание, ухудшает память. Человек становится рассеянным, пропускает важные сигналы, допускает ошибки.

Степень воздействия шума зависит от громкости (интенсивности), высоты и тембра звука, продолжительности воздействия, функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС), индивидуальной чувствительности.

В результате воздействия шума могут возникнуть характерные состояния:

1. При очень высокой интенсивности – мгновенная глухота и повреждение слуха – шумовая травма (механическое разрушение барабанной перепонки).
2. При длительном воздействии Ш высокой интенсивности – необратимые потери слуха (профессиональная тугоухость) – прогрессирующее снижение слуха вплоть до его полной потери.
3. При кратковременном воздействии Ш высокой интенсивности – временная потеря слуха, которая затем восстанавливается – утомление слуха (утомление клеток мозга)

### Воздействие шума на отдельные органы

Вредное влияние шума сказывается не только на органах слуха, но и на центральной нервной системе, что нарушает деятельность многих органов и систем организма человека.

Шумовая болезнть - общее заблуждение всего организма с преимущественным поражением органа слуха, ЦНС, сердечно-сосудистой системы (ССС). При шумовой болезни ухудшается зрение, повышается артериальное давление, нарушается ритм сердечной деятельности, ухудшается деятельность органов дыхания, ослабляется внимание, нарушается координация движений, понижается работоспособность и снижается производительность труда.

При непрерывном напряжении из-за шума возрастает опасность возникновения НС. Шум расширяет зрачки, что уменьшает глубину резкости зрения. Это особо нежелательно для выполнения высокоточной работы (например, за компьютером). Шум снижает функции защитных систем и поэтому снижает общую устойчивость организма к внешним воздействиям.

Высокая индивидуальная чувствительность может быть причиной повышенной утомляемости, развития неврозов. Особенно чувствительны к шуму женщины и дети.



Шум снижает производительность труда тем больше, чем сложнее трудовой процесс и чем больше в нем элементов умственного труда.

Медико-физиологические исследования показали, что при выполнении сложных работ при уровне шума 80-90 дБА человек в среднем затрачивает на 20% больше физических и нервных усилий, чем при шуме 70 дБА (для достижения той же производительности труда). В среднем можно считать, что снижение уровня шума на 6-10 дБА ведет к росту производительности труда на 10-12%.

#### Воздействие шума на психику

Действие шума на психику человека очень индивидуально. Считается, что шум по-разному влияет на конкретное мышление и отрицательно - на абстрактное. Например, при умственной деятельности тихий звук падающих из крана капель или тиканье будильника могут вызывать сильное раздражение, а напротив, громкие звуки симфонической музыки могут вызывать романые положительные эмоции.

Первостепенное значение для возникновения у человека неприятных ощущений имеет его отношение к источнику звука. На некоторых симфонических музыка оказывает негативное воздействие, а звук падающих капель они могут и не замечать. Музыка может очень мешать спать, доводя «до белого каления».

Действие шума в общем возрастает с повышением высоты звука (более раздражают высокие тона), увеличением его громкости, уменьшением частотного диапазона. Особенно беспокоит человека шум непонятного происхождения, возникающий в ночное время суток. Шум, создаваемый самим человеком, беспокоит его значительно меньше, чем окружающих. Предрасположенность к неврозам приводит к более сильной реакции на шум.

Перывистый шум по сравнению с непрерывным, особенно если часто меняются его уровни, вызывает возрастающее раздражение, растущее с увеличением разницы между минимальным и максимальным уровнями (сигнальная сирена).

Действие шума иногда приводит и к положительной реакции. Известно, что при монотонном труде с помощью музыки можно повысить производительность труда.

#### 1.4. Нормирование шума

Нормирование предусматривает ограничение звуковой энергии, действующей на человека в течение рабочей смены, с учетом различия биологической опасности шума по спектральному составу и временным характеристикам.

Используют 2 метода нормирования:

1. Нормирование по предельному спектру шума. Является основным для постоянных шумов. Нормируются уровни звуковых давлений в девяти октавных полосах частот (шум на рабочих местах не

должен превышать допустимых нормативных уровней, приведенных в ГОСТ). Совокупность 8-ми допустимых уровней звукового давления называется предельным спектром (ПС).

Каждый предельный спектр обозначается цифрой, которая соответствует допустимому уровню шума в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц (например ПС-85).

С ростом частоты (более неприятный шум) допустимые уровни уменьшаются.

#### 2. Нормирование уровня звука в дБА

Метод нормирования общего уровня шума, измеренного по шкале А шума, и называемого уровнем звука в дБА. Этот метод используется для ориентировочной оценки постоянного и непостоянного шума при известном спектре шума.

Уровень звука (дБА) связан с предельным спектром (ПС при частоте 1000 Гц в дБ) зависимостью  $LA = ПС + 5$

Для тонального и импульсного шума допустимые уровни должны приниматься на 5 дБ меньше приведенных в нормах.

Допустимые уровни звукового давления (дБ) и уровни эквивалентного звука (дБА) для широкополосного шума

Рабочие места	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами Гц								Уровни эквивалентного звука, дБА	
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
Помещения конструкторских бюро, расчетников, программистов, теоретических лабораторий	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Помещения управления		79	70	68	58	55	52	50	49	60

#### Инфразвук

Человек такие звуки скорее чувствует, чем слышит. Основные источники инфразвука: двигатели внутреннего сгорания; вентиляторы; поршневые компрессоры (92-123 дБ на частотах 8-16 Гц); др. тихоходные машины с числом рабочих циклов < 20 в сек.

В салонах автомобилей уровни звукового давления достигают 100 дБ на частотах 9-16 Гц. А при открытых окнах уровни инфразвука повышаются до 110-120 дБ. В пригородных поездах, вагонах метро инфразвук достигает 90-100 дБ в октавных частотах 8-32 Гц.

Особенности инфразвука

- Большая длина волны и малая частота колебаний.
- Инфразвуковые волны свободно отбывают препятствия, хорошо распространяются в воздухе на большие расстояния, сохраняя энергию.

- Поглощение энергии инфразвука в атмосфере незначительно, что затрудняет борьбу с ним.
- Применение звукопоглощающих экранов, звукоизоляции и удаление от источника не эффективны.

Воздействие инфразвука на человека характеризуется следующими положениями:

- Является общебиологическим раздражителем.
- Наиболее чувствительны ССС, нервная и вестибулярная сенсорная система.
- Является вредным фактором производственной среды, вызывает изменения в нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной и других системах организма, нарушает работу вестибулярного аппарата. Кратковременное воздействие инфразвука вызывает вибрации грудной и брюшной стенки, нарушение ритма дыхания, повышение давления в ушах, головную боль, головокружение; тошноту, затруднения при глотании, модуляцию речи, ощущение необъяснимого страха, усталость, утомление. При длительном воздействии наблюдаются слабость, утомляемость, раздражительность, нарушается сон, снижается умственная работоспособность, нарушается работа вестибулярного аппарата (потеря равновесия, головокружение).
- Частота ~8Гц считается наиболее опасной для человека, т.к. совпадает с альфа-ритмом биоэлектрических потенциалов головного мозга.
- В условиях производства инфразвук обычно сочетается с низкочастотным шумом и вибрацией.

### Нормирование инфразвука

Для постоянного инфразвука нормируется уровень звукового давления на частотах 2,4; 8; 16 и 31,5Гц, а для непостоянного – общий уровень звукового давления по стандартной шкале «линейная» шумомера, дБ.

Предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах

Уровни звукового давления дБ на среднестатистических частотах		Общий уровень звукового давления, измеренный по шкале «линейная» шумомера, дБ		
2	4	8	16	31,5
105	105	105	105	102
				110

### Ультразвук

Условно выделяют низкочастотный (20-100кГц) и высокочастотный (100кГц-1000мГц)

Основные источники: ультразвуковое технологическое оборудование. Электромагнитное – магнитострикционные, пьезоэлектрические.

Низкочастотный ультразвук используется для воздействия на вещества и различные технологические процессы (обезжиривание, очистка, сварка, пайка, лужение, механическая обработка, коагуляция аэрозолей, кристаллизация металлов и др.), в медицине - для резки и соединения биологических тканей, обезболевания, разрушения новообразований, стерилизации инструмента и др.

Высокочастотный - используется для сбора информации, контроля, анализа, обработки и передачи сигналов (дефектоскопия, вискозиметрия, радиолокация), в медицине - для диагностики (частота от 1,5 до 10 мГц, интенсивность - до 9,5Вт/см<sup>2</sup>), лечения некоторых заболеваний позвоночника, суставов, периферической нервной системы в офтальмологии, дерматологии и др. (интенсивность 0,1-0,2Вт/см<sup>2</sup>).

Низкочастотный ультразвук хорошо распространяется в воздухе, действует на человека через воздух и контактно, а высокочастотный в воздухе практически не распространяется, т.е. может действовать на человека только контактно. Наиболее опасен контактный ультразвук.

- Действие ультразвука на биологические структуры подразделяется на:
  - механическое (масса тканей),
  - физико-химическое (ускорение процессов диффузии через биологические мембраны, ускорение химических реакций),
  - термические эффекты (прогрев тканей организма),
  - кавитационный процесс (разрыв оболочек клеток и биологической ткани)
- Основным показателем, определяющим воздействие, является интенсивность

Интенсивность	1, Вт/м <sup>2</sup>	Наблюдаемые физиологические изменения
Малая	до 1	не происходит изменений в клетках вещества, течение физиологических процессов ускоряется.
Средняя	1-3	ускоряются физиологические процессы, напр. межклеточный обмен. Изменения в клетках организма могут иметь патологический характер, но они обратимы
Высокая	3-10	возможны необратимые процессы в клетках ткани

- Действие за сравнительно короткое время (несколько лет) вызывает:
  - изменения в нервно-эндокринной системе в виде нейроvegetативных расстройств;
  - сдвиги в функции тиреоидной железы, половых желез, надпочечников;
  - нарушение процессов терморегуляции, расстройства вестибулярного аппарата;
  - сдвиги в сердечно-сосудистой системе;
  - теряется слуховая чувствительность.