

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА**

Хабаровск  
2008

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования  
«Тихоокеанский государственный университет»

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА**

Методические указания к лабораторной работе для студентов всех  
специальностей

Хабаровск  
Издательство ТОГУ  
2008

УДК 331.82(076.5)

**Исследование** шума: методические указания к лабораторной работе для студентов всех специальностей/ сост. Т.В. Тупицына. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2008. - 32 с.

Методические указания составлены на кафедре «Экология и БЖД». Включают основные сведения, необходимые для измерения параметров шума, оценки и обеспечения нормальных акустических условий труда.

Печатается в соответствии с решениями кафедры «Экология и БЖД» и методического совета ДВЛТИ.

© Издательство Тихоокеанского государственного университета, 2008

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Ознакомление с шумомерической аппаратурой.
2. Овладение техникой измерения параметров шума.
3. Определение соответствия акустических условий труда нормативным требованиям.
4. Выбор и определение эффективности мероприятий по снижению уровня шума.

## 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Акустический шум является частным случаем вибрации. С точки зрения физики принципиальной разницы между шумом и вибрацией нет: в основе того и другого явления лежат колебательные процессы. Но субъективно человек воспринимает шум слухом, а вибрацию осязанием. Шум представляет собой колебания воздуха, воспринимаемые органом слуха человека как звук.

### 2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАМЕТРОВ ШУМА

Шумом называется совокупность звуков, различных по силе и частоте, возникающих в результате колебательных процессов, мешающих восприятию полезных звуков и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм человека.

Звук – это волновое колебательное движение упругой среды, воспринимаемое органом слуха – ухом. Источниками звука являются все тела, находящиеся в состоянии колебаний (детали машин, вода, стекло, газ и др.). Звуковые колебательные процессы характеризуются следующими величинами: амплитудой, длиной волны, частотой колебаний, скоростью распространения.

Скорость распространения звуковой волны называется скоростью звука. Она связана с длиной волны и частотой колебаний зависимостью:

$$c = \lambda f, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – длина волны, м/с;  $f$  – частота колебаний, Гц.

Длиной волны называется расстояние между двумя соседними слоями воздуха, имеющими одинаковое звуковое давление, измеренное одновременно.

Частота колебаний  $f$  – это количество колебаний в единицу времени. За единицу частоты принят герц (Гц) – частота, при которой совершается одно волнообразно распространяющееся колебание частиц упругой среды в единицу времени – секунду.

Скорость звука зависит от физических свойств среды (плотности, упругости, давления, температуры и др.), в которой он распространяется. Скорость звука представлена в табл. 1.

Таблица 1.

**Скорость звука в некоторых средах при температуре 20 °С.**

Среда	Каучук	Углекислота	Воздух	Водяной пар	Водород	Вода	Дерево поперек волокон	Дерево вдоль волокон	Латунь	Сталь	Железо	Стекло
Скорость звука, мс <sup>-1</sup>	35	260	344	410	1260	1450	2400	5000	3400	5000	5124	5196

Пространство, в котором распространяются звуковые волны, называется звуковым полем.

Физическое состояние среды в звуковом поле, создаваемом источником шума, характеризуется звуковым давлением, интенсивностью или силой звука.

Движение звуковой волны в воздухе представляет собой периодическое сжатие и расширение воздуха, что сопровождается периодическим повышением и понижением давления.

Звуковое давление  $P$ , Па – это разность между мгновенным значением давления в среде, возникающим при распространении звуковой волны, и атмосферным давлением (т.е. давление, дополнительно возникающее в среде при распространении звуковой волны – положительное в местах сжатия и отрицательное в местах разрежения воздуха).

Интенсивность или сила звука  $I$ , Вт/м<sup>2</sup> – количество энергии, переносимой звуковой волной в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярной направлению распространения звуковой волны.

$$I = \frac{P^2}{\rho c}, \quad (2)$$

где  $P$  – мгновенное значение звукового давления, Па;  $\rho$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $c$  – скорость распространения звуковой волны, м/с;

Произведение  $\rho c$  – удельное акустическое сопротивление среды (волновое сопротивление),  $\frac{Hc}{M^3}$ .

Акустической характеристикой в Технических условиях на оборудование, машины, приборы является звуковая мощность.

Звуковая мощность источника шума  $W$ , Вт – количество энергии, излучаемой источником шума в единицу времени:

$$W = IS, \quad (3)$$

где  $I$  – интенсивность звука, Вт/м<sup>2</sup>;  $S$  – площадь поверхности источника шума, м<sup>2</sup>.

Область слышимости звуков ограничивается определенными значениями частоты, звукового давления и интенсивности звука.

Человек слышит звуки в диапазоне 16 – 20000 Гц. Звуки с частотой менее 16 Гц называются инфразвуками, более 20000 Гц – ультразвуками. Звуки с частотой:

- 16 – 300 Гц – низкочастотные,
- 300 – 1000 Гц – среднечастотные,
- 1000 – 20000 Гц – высокочастотные.

Наименьшая интенсивность звука, которую способно воспринимать ухо человека называется нулевым порогом слышимости. Ему при принятой в акустике эталонной частоте  $f = 1000$  Гц соответствуют минимальные значения звукового давления и интенсивности звука:

$$P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}; \quad I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$$

Интенсивность звука, которая вызывает болевые ощущения, называется болевым порогом слышимости. Ему соответствуют максимальные значения звукового давления и интенсивности звука. При  $f = 1000$  Гц:

$$P_{\text{макс}} = 20 \text{ Па}; \quad I_{\text{макс}} = 1 \text{ Вт/м}^2$$

Таким образом, интенсивность звука на грани болевого ощущения в  $10^{12}$  раз превышает силу звука на нулевом пороге слышимости, звуковое давление – в  $10^6$  раз.

Чтобы сократить диапазон значений измеряемых величин и в силу специфики восприятия человеком звука, в технической акустике вместо шкалы абсолютных значений принято пользоваться логарифмами отношений этих величин, которые были названы уровнями интенсивности звука.

Уровнем интенсивности звука называется десятичный логарифм отношения интенсивности исследуемого звука к интенсивности звука на нулевом пороге слышимости при эталонной частоте  $f = 1000$  Гц.

$$L_I = \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ} \quad (4)$$

Интенсивность звука на нулевом пороге слышимости, увеличенную в 10 раз условно приняли за единицу измерения уровня интенсивности – бел (Б). Орган слуха человека способен различать прирост звука в 0,1 Б, поэтому на

практике при измерении применяется величина в 10 раз меньшая, чем бел – децибел (дБ).

Уровень интенсивности звука в данном случае выражается формулой:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ} \quad (5)$$

Если в формулу подставить вместо  $I$  и  $I_0$  их значения, выраженные через звуковое давление, получим уровень звукового давления, дБ:

$$L_p = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0} \quad (6)$$

где  $P$  – измеренное звуковое давление, Па;  $P_0$  – звуковое давление на нулевом пороге слышимости, Па.

Весь диапазон энергии, воспринимаемый органом слуха как звук (динамический диапазон), при условии, что  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>,  $I_{\text{макс.}} = 1$  Вт/м<sup>2</sup> находится в пределах 0 - 120 дБ для  $f = 1000$  Гц.

Низкочастотные и среднечастотные звуки оказывают менее отрицательное действие, поэтому интенсивность на болевом пороге слышимости может быть 10 Вт/м<sup>2</sup> и, следовательно, динамический диапазон составит 0 – 130 дБ.

Шум интенсивностью свыше 130 дБ вызывает боль в ушах, >140 дБ – нарушения в слуховом аппарате, в 160 – 165 дБ – гибель животных в течение нескольких минут, 180 дБ – усталость металла, 190 дБ – срыв заклёпок в металлических конструкциях.

## 2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОГО УРОВНЯ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ ШУМА

Если одновременно действуют несколько источников шума одинаковой интенсивности, то уровень звукового давления всех источников определяется по формуле:

$$L_{\text{сум}} = L_1 + 10 \lg n, \quad (7)$$

где  $L_1$  – уровень звукового давления одного источника шума, дБ;  $n$  – количество источников шума.

Суммарный уровень звукового давления при совместном действии двух источников различной интенсивности определяется по формуле:

$$L_{\text{сум}} = L_1 + \Delta L, \quad (8)$$

где  $L_1$  – уровень звукового давления более интенсивного источника шума, дБ;  $\Delta L$  – поправка, определяемая по табл. 2, исходя из разности  $L_1 - L_2$ , где  $L_2$  – уровень звукового давления менее интенсивного источника шума, дБ.

Таблица 2

**Таблица для определения  $\Delta L$**

$L_1 - L_2$ , дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
$\Delta L$ , дБ	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

Суммарный уровень звукового давления при совместном действии нескольких источников различной интенсивности определяется по формуле:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i}, \quad (9)$$

где  $L_i$  – уровень звукового давления  $i$ -го источника шума, дБ;  $n$  – количество источников шума.

Для упрощения расчетов суммирование уровней звукового давления можно производить по табл. 2. При использовании табл. 2 следует последовательно складывать уровни, начиная с максимальных. Сначала следует определить разность двух складываемых уровней, затем соответствующую этой разности поправку. После этого поправку следует прибавить к большему из складываемых уровней (8). Полученный уровень складывают со следующим и т.д.

Уровень звукового давления на расстоянии  $r$  от источника шума в свободном звуковом поле определяется по формуле:

$$L_r = L - 20 \lg r, \quad (10)$$

где  $L_r$  – уровень звукового давления на расстоянии  $r$  от источника шума, дБ;  $L$  – уровень звукового давления источника шума, дБ.

### 2.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ШУМА

(ГОСТ 12.1.003-83\*, СН 2.2.4/2.1.8.562-96, СНиП 23-03-2003)

1. По происхождению в зависимости от источника возникновения (вида оборудования, его характеристик, режима работы) шум бывает:
  - механический (создают станки, механизмы, машины, транспортеры, подъемно-транспортное оборудование);
  - аэродинамический (вентиляторы, вакуум-насосы, компрессоры, газовые турбины, выпуски ДВС, реактивных двигателей);



- гидродинамический (гидронасосы, трубопроводы для транспортировки жидкостей, гидротурбины);
  - электромагнитный (электродвигатели, электрогенераторы, трансформаторы, линии электропередач);
  - смешанный.
2. По характеру спектра шум подразделяют на:
    - широкополосный с непрерывным спектром шириной более одной октавы;
    - тональный, в спектре которого имеются выраженные дискретные тоны. Тональный характер шума для практических целей устанавливается измерением в 1/3-октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 децибел.
  3. По временной характеристике различают шум:
    - постоянный, уровень звука которого изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике «медленно» шумомера;
    - непостоянный, уровень звука которого изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике «медленно» шумомера.
  4. Непостоянные шумы подразделяют на 3 вида:
    - колеблющийся, уровень звука которого изменяется во времени непрерывно (рис. 1).

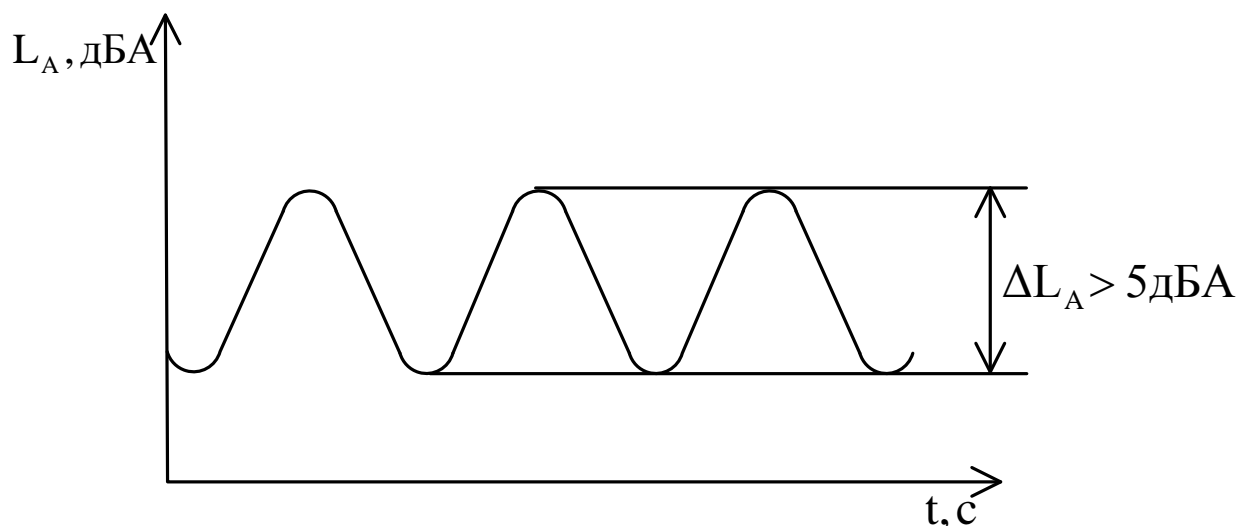


Рис. 1. Непостоянный колеблющийся шум

- прерывистый шум, уровень звука которого изменяется во времени ступенчато (рис.2). При этом длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более.

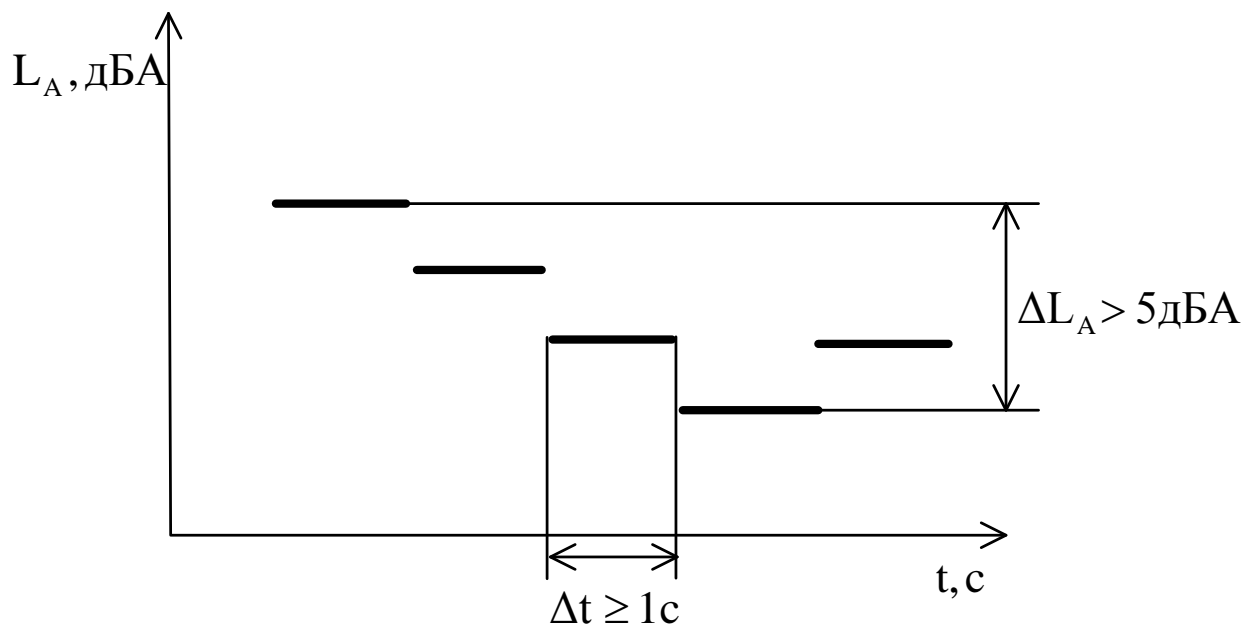


Рис. 2. Непостоянный прерывистый шум

- импульсный шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов длительностью менее 1 с. При этом уровни звука, измеренные соответственно на временных характеристиках «импульс» и «медленно» шумомера отличаются не менее, чем на 7 дБА (рис. 3).

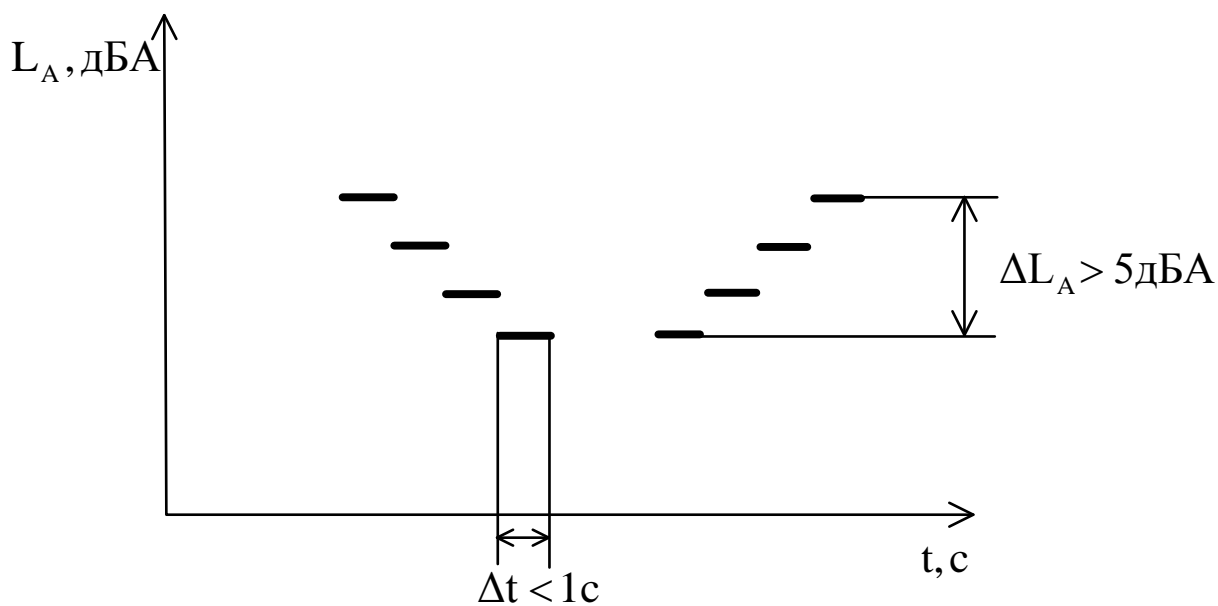


Рис. 3. Импульсный шум

## 2.4. ВЛИЯНИЕ ШУМА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Вредное влияние шума на организм человека доказано давно и достоверно. Первоначально считали, что шум вызывает, в основном, ухудшение слуха, но

затем было доказано, что «слух» является лишь «воротами», через которые шум проникает в организм и действует на нервную систему. В результате такого действия повышается внутричерепное и кровяное давление, изменяется ритм дыхания и сердечной деятельности, нарушается секреторная деятельность желудка (возникают гастрит, язва желудка), нарушается работа коры головного мозга.

Интенсивный шум ухудшает остроту зрения и цветоощущение, вызывает профессиональное заболевание и может привести к полной глухоте.

В результате действия шума ослабляется внимание, увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляется скорость психических реакций.

По этим причинам интенсивный шум в условиях производства может привести к возникновению несчастных случаев, увеличению брака, уменьшению производительности труда.

Российскими и зарубежными специалистами установлено, что шум понижает работоспособность при умственном труде на 60%, при физическом – на 30 %.

Имеются серьёзные основания считать, что регистрируемое медицинской статистикой всего мира возрастание сердечно-сосудистых и нервных заболеваний связано с воздействием шума. Медики называют шум невидимым ядом.

Следовательно, необходимо ограничение параметров шума, действующего на человека.

## **2.5. НОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШУМА**

Основой нормирования шума является ограничение звуковой энергии, воздействующей на человека, значениями, безопасными для его здоровья и работоспособности.

Регламентируют параметры шума:

1. ГОСТ 12.1.003-83\*. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

Спектр большинства шумов содержит звуки с частотой до 10000 Гц. Поэтому нормирование осуществляется в этом диапазоне. Весь диапазон частот разделяется на 9 октав. Октавой называется полоса частот, в которой отношение верхней граничной частоты к нижней равно двум (рис. 4). При более детальном исследовании шума октавы подразделяются на полуоктавы и одностретьоктавы. Для полуоктавной полосы частот отношение верхней граничной частоты к нижней равно 1,41, для третьоктавной – 1,26.

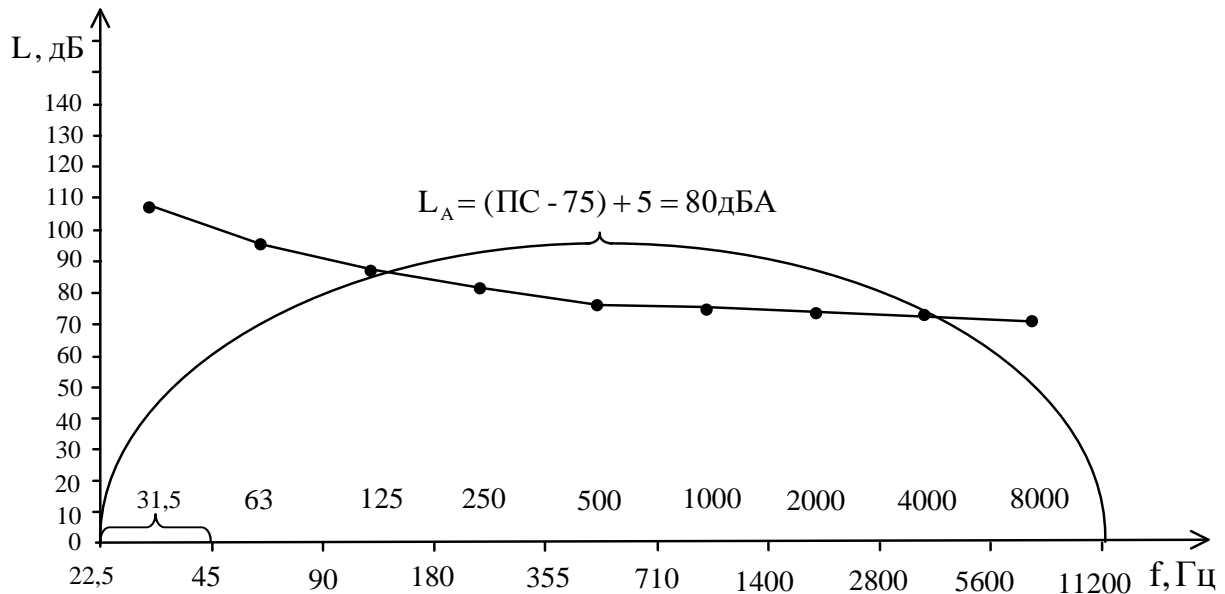


Рис. 4. Нормирование параметров постоянного шума

В каждой октавной полосе частот находится среднегеометрическая частота, Гц, по формуле:

$$f_{\text{с.г.}} = \sqrt{f_{\text{н}} \cdot f_{\text{в}}} \quad , \quad (11)$$

где  $f_{\text{н}}$  и  $f_{\text{в}}$  – нижняя и верхняя граничные частоты октавной полосы.

И для среднегеометрических частот, представляющих октавные полосы, устанавливаются допустимые значения уровней звукового давления. Поскольку низкочастотные шумы менее вредно действуют на человека, для них устанавливаются более высокие допустимые уровни звукового давления.

Распределение уровней звукового давления по октавным полосам частот называется спектром шума, распределение допустимых уровней звукового давления – называется предельным спектром и обозначается ПС. Для производственных помещений предельный спектр обозначается ПС -75, где 75 – допустимый уровень звукового давления для  $f = 1000$  Гц.

Кроме уровней звукового давления в октавных полосах частот, для ориентировочной оценки шума нормируется общий уровень звукового давления во всём спектре частот, который называется уровнем звука и измеряется шумомером на характеристике А, при которой чувствительность всего шумоизмерительного тракта соответствует средней чувствительности органа слуха человека на различных частотах спектра. Обозначается уровень звука  $L_A$ , дБА.

Таким образом, нормируемыми параметрами постоянного шума являются уровни звукового давления  $L$  в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000;

8000 Гц и уровень звука  $L_A$  в дБА во всём спектре частот, измеряемый шумомером на частотной характеристике А.

Уровнем звукового давления (дБ) называется суммарный уровень звукового давления звуков одной, 1/2-й или 1/3-й октавной полосы частот, выделенных фильтрами и воспринимаемых измерительным прибором шумомера.

Уровнем звука (дБА) называется суммарный уровень звукового давления звуков всего спектра частот, воспринимаемого шумомером и замеренного на шкале А с учетом слухового восприятия шума человеком.

При установлении предельно допустимых уровней (ПДУ) звукового давления, дБ, и уровня звука, дБА, учитываются следующие факторы:

1. Характер спектра шума (широкополосный, тональный).
2. Временная характеристика шума (постоянный, непостоянный: колеблющийся, прерывистый, импульсный).

Наиболее вредными для организма человека являются тональный и импульсный шумы, поэтому допустимые значения уровней звукового давления для них снижаются на 5 дБ относительно установленных нормативной документацией.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является интегральный критерий – эквивалентный (по энергии) уровень звука (дБА), определяемый по формуле:

$$L_{A_{\text{экв}}} = 10 \lg \left[ \frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right], \quad (12)$$

где  $P_A(t)$  – текущее значение среднего квадратического звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера, Па;  $P_0$  – звуковое давление на нулевом пороге слышимости (в воздухе  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па);  $T$  – время действия шума, ч.

Эквивалентный уровень звука  $L_{A_{\text{экв}}}$ , дБА, непостоянного шума – это уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет то же самое среднее квадратическое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени.

3. Вид деятельности в зависимости от тяжести и напряженности труда.

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83\*, СН 2.2.4/2.1.8.562-96 приведены в табл. 3.

### Нормативные уровни звукового давления и звука на рабочих местах

Вид трудовой деятельности Рабочее место	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
<b>Предприятия, организации и учреждения.</b>										
1. Творческая, научная деятельность. Конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Высоквалифицированная работа, требующая сосредоточенности. Административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории.	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, работа, требующая постоянного слухового контроля: Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону машинописных бюро, на участках точной сборки, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах.	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Работа, требующая сосредоточенности: рабочие места за пультами в кабинетах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин.	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп.1-4 и аналогичным им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях на территории предприятия.	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

<b>Морские, речные, рыбопромысловые и другие суда</b>										
6. Рабочая зона в помещениях энергетического отделения	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
7. Рабочие зоны в центральных постах управления (ЦПУ)	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
8. Рабочие зоны в служебных помещениях	89	75	56	59	54	50	47	45	44	55
9. Производственно-технологические помещения на судах рыбной промышленности	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
<b>Тракторы, самоходные шасси, прицепные и навесные сельскохозяйственные машины, строительно-дорожные, землеройно-транспортные, мелиоративные и другие виды машин.</b>										
10. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
11. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин строительно-дорожных и других аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
12. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала и места пассажиров легковых автомобилей	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
13. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин.	103	91	83	77	73	70	68	66	65	75
14. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп. 10-13 и аналогичных им) рабочих местах в производственных помещениях на территории предприятия	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

**Примечание:** Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

## 2.6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЯ ШУМА

Измеренные уровни звука и звукового давления в каждой октавной полосе частот должны быть ниже допустимых значений. Если имеются превышения, необходимо предусмотреть мероприятия по снижению уровней шума.

В этом случае требуемое снижение уровней шума определяется по формуле:

$$\Delta L_{\text{тр}} = L - L_{\text{доп}} , \quad (13)$$

где  $L$  – измеренные значения уровней шума, дБ, дБА;  $L_{\text{доп}}$  – допустимые значения уровней шума, дБ, дБА (см. табл. 3).

Мероприятия по снижению уровней шума предусмотрены СНиП 23-03-2003. Защита от шума.

При разработке мероприятий следует учитывать:

1. причины возникновения шума;
2. характер распространения звуковой волны в среде;
3. явления, возникающие при появлении на пути распространения звуковой волны каких-либо препятствий.

Причиной возникновения шума являются колебания упругих сред. Поэтому при проектировании машин, механизмов, сооружений необходимо максимально предусматривать возможность предупреждения или уменьшения колебаний элементов конструкции.

Звуки при своем возникновении и распространении как всякие волновые движения, вызывают физические явления, которые также следует учитывать при борьбе с шумом. К таким явлениям относятся эхо, резонанс, интерференция, дифракция.

Эхо – отражение звука от препятствий и возврат его к месту возникновения.

Резонанс – усиление звука при совпадении частот его собственных колебаний с колебаниями упругой среды, в которой он распространяется.

Интерференция – наложение нескольких звуковых волн. Если два колебания совпадают по фазе, то наблюдается усиление колебаний. Если фазы противоположны, то колебания прекращаются или уменьшаются.

Дифракция – способность звуковых волн огибать преграды, линейные размеры которых меньше длины волны. Короткие волны отражаются от таких препятствий, образуя за ними «звуковую тень». Это явление используется при разработке акустических экранов.

При встрече с преградой звуковая волна частично отражается, частично поглощается, частично проходит через преграду (рис. 5).



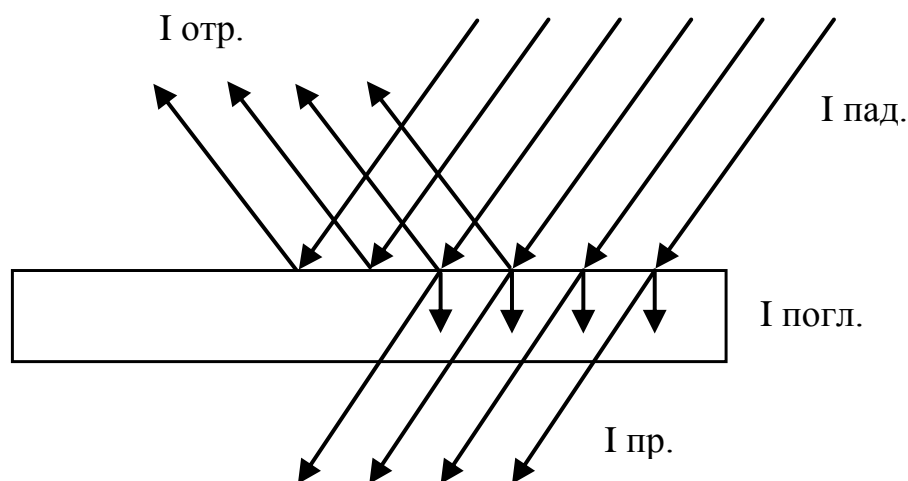


Рис. 5 Явления, возникающие при встрече звуковой волны с преградой

Эти явления учитываются тремя коэффициентами:

1. коэффициентом звукопоглощения

$$\alpha = \frac{I_{\text{погл.}}}{I_{\text{пад}}}, \quad (14)$$

определяемым отношением энергии поглощенной звуковой волны к энергии всей звуковой волны;

2. коэффициентом отражения, определяющим часть энергии отраженной звуковой волны

$$\beta = \frac{I_{\text{отр.}}}{I_{\text{пад}}}, \quad (15)$$

3. коэффициентом звукопроводности, определяющим, какая часть звуковой энергии проходит через преграду

$$\tau = \frac{I_{\text{пр.}}}{I_{\text{пад}}}, \quad (16)$$

Все указанные явления используются при разработке мероприятий по снижению шума.

При защите от производственного шума необходимо предусматривать комплекс последовательно выполняемых мероприятий:

1. Мероприятия по снижению шума отдельных источников (оборудования, машин, механизмов и т.п.)
2. Использование средств индивидуальной защиты, если не удалось снизить шум источников до допустимых значений.
3. Мероприятия при проектировании производственных процессов, чтобы снизить действие шума отдельных источников на работающих на других рабочих местах.

4. Мероприятия при проектировании генеральных планов предприятия, чтобы снизить действие шумных зданий на работающих других объектов и на жителей населенных мест.

## **2.7. МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА ОТДЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Уменьшение шума в источнике его возникновения (в наиболее шумных функциональных узлах оборудования, машин и т.п.).
2. Звукоизоляция источника шума.
3. Поглощение звуковой энергии источника шума.
4. Демпфирование (виброгашение) источника шума.

### *Уменьшение шума в источнике его возникновения*

Мероприятия по уменьшению шума должны осуществляться на всех стадиях существования оборудования: при проектировании, изготовлении, монтаже и в процессе эксплуатации.

К основным методам, уменьшающим параметры шума в источнике его возникновения, относятся следующие.

#### 1. При проектировании:

- изменение конструктивных элементов источника возбуждения, обеспечивающее их безударное взаимодействие (замена прямозубых шестерен на косозубые, шевронные; замена кулачковых и кривошипных механизмов равномерно вращающимися, механизмами с гидроприводами; применение на станках ножевых валов с винтообразной режущей кромкой и т.п.);
- замена цепных, зубчатых передач ременными;
- выбор оптимального режима работы оборудования (например, изменение частоты колебаний, скоростей резания, подачи, давления и др.);
- замена возвратно-поступательных движений вращательными;
- замена подшипников качения на подшипники скольжения;
- отстройка от режима резонанса изменением массы и жесткости оборудования или установлением нового рабочего режима;
- замена металлических деталей, создающих повышенный уровень шума, на детали, выполненные из пластмасс, синтетических смол, прессованной древесины, древеснослоистых пластиков, прессованной древесной крошки. Применение, например, пластмассовых шестерен в паре с металлическими снижает шум от работы зубчатой передачи на 50 – 70 %.

2. При изготовлении деталей:
  - использование материалов в соответствии с Техническими условиями;
  - повышение класса чистоты обработки;
  - соблюдение допусков;
  - термическая обработка в соответствии с установленными режимами.
3. При сборке узлов, оборудования:
  - качественная центровка приводного и приводимого механизмов;
  - качественная балансировка вращающихся масс;
  - обеспечение необходимой жесткости соединения элементов, узлов;
4. При монтаже стационарного оборудования:
  - обеспечение соответствия массы и конструкции фундамента величине усилий, возникающих при работе оборудования;
  - установка оборудования на виброизолирующее основание;
  - качественное крепление оборудования к фундаменту.
5. При эксплуатации оборудования – своевременное и качественное техобслуживание:
  - смазка сопряженных деталей;
  - замена изношенных деталей;
  - обеспечение необходимой жесткости соединений.

### ***Звукоизоляция источника шума***

Звукоизоляцией называется уменьшение энергии звуковых волн за счет их отражения от встречающихся на пути их распространения преград, выполненных из звукоизоляционных материалов (ЗИМ).

К звукоизоляционным материалам относятся плотные материалы с коэффициентом звукопроводности не более 0,001, т.е.  $\tau \leq 0,001$  (кирпич, бетон, плотная древесина, сталь, стекло, алюминий).

Снижение шума отдельных источников методом звукоизоляции обеспечивается ограждением шумных функциональных узлов (механизма обработки, привода, передаточных устройств и др.) звукоизолирующими конструкциями.

Основной характеристикой звукоизолирующих конструкций является звукоизолирующая способность  $R$ , дБ, определяемая по формуле:

$$R = 20 \lg(mf) - 47,5, \quad (17)$$

где  $m$  – поверхностная плотность звукоизоляционного материала,  $\text{кг/м}^2$ ;  $f$  – частота звуковых волн, Гц.

В качестве звукоизолирующих конструкций используются звукоизолирующие кожухи, акустические экраны, кабины.

Акустическая эффективность звукоизолирующих конструкций в зависимости от вида ЗИМ, конструкции, герметичности, частоты звуковых волн может составлять 3-35 дБ.

Методом звукоизоляции уменьшается энергия прямых звуковых волн.

### ***Поглощение звуковой энергии источника шума***

Звукопоглощением называется уменьшение энергии звуковых волн, отраженных от встречающихся на пути распространения преград, выполненных из звукопоглощающих материалов (ЗПМ).

К ЗПМ относятся пористые материалы с коэффициентом звукопоглощения на средних частотах  $\alpha > 0,2$  (ультратонкое стекловолокно, капроновое волокно, минеральная вата, пористый поливинилхлорид, войлок, картон бумажный, пористый гипс, акустический фибролит, поропласт, древесно-волокнистые и минераловатные плиты на различных связках).

Снижение шума отдельных источников обеспечивается облицовкой ограждающих источник шума поверхностей звукопоглощающим материалом.

Основной характеристикой звукопоглощающих конструкций является эквивалентная площадь звукопоглощения  $A$ , м<sup>2</sup>, определяемая по формуле:

$$A = \alpha S, \quad (18)$$

где  $\alpha$  – коэффициент звукопоглощения ЗПМ;  $S$  – площадь поверхности ЗПМ, м<sup>2</sup>

Акустическая эффективность облицовки,  $\Delta L$ , дБ, ограждающих поверхностей ЗПМ определяется по формуле:

$$\Delta L = 10 \lg \frac{A_2}{A_1}, \quad (19)$$

где  $A_2$ ,  $A_1$  – эквивалентные площади звукопоглощения внутренних поверхностей после и до облицовки их ЗПМ.

Облицовываются ЗПМ внутренние поверхности звукоизолирующих кожухов, корпусов оборудования, загрузочных или выгрузочных воронок, каналов, транспортеров для подачи или удаления материалов, заготовок, готовой продукции, отходов.

Акустическая эффективность облицовок в зависимости от вида ЗПМ, частоты звуковых волн, конструкции может быть  $\Delta L = 2-20$  дБ.

Методом звукопоглощения уменьшается энергия отраженных звуковых волн.

Процесс поглощения звука происходит за счет перехода энергии колеблющихся частиц воздуха в теплоту вследствие потерь на трение в порах материала.

## ***Вибродемпфирование источника шума***

Вибродемпфированием (виброгашением) называется уменьшение параметров вибрации и, следовательно, шума за счет:

1. изготовления деталей из вибродемпфирующих материалов;
2. установки оборудования на виброизолирующее основание;
3. нанесения вибродемпфирующих покрытий на вибрирующие поверхности.

Вибродемпфирующие материалы – это материалы с большим внутренним трением: сплавы на основе систем Cu-Ni, Ni-Ti, Ni-Co, сплавы марганца с содержанием 15-20 % меди, магниевые сплавы.

В зависимости от эффективности в соответствующем частотном диапазоне различают три типа вибродемпфирующих покрытий:

1. Жесткие покрытия – твердые пластмассы, жесткие листовые материалы, затвердевающие мастики с динамическим модулем упругости  $E=10^8-10^9$  Н/м<sup>2</sup>, которые эффективны в области низких и средних частот (63-1000 Гц);
2. Мягкие покрытия – резина, пластмассы, битумизированный войлок и другие с динамическим модулем упругости  $E \approx 10^7$  Н/м<sup>2</sup>, рассчитанные на поглощение на частотах выше 1000 Гц.
3. Комбинированные покрытия (многослойные или с наполнителями).

При нанесении жестких покрытий затухание колебаний происходит, главным образом, за счет совместной деформации изгиба покрытий и вибрирующей конструкции. Предпочтительна жесткая связь покрытия с вибрирующей поверхностью.

В мягких покрытиях затухание обусловлено в основном деформациями сдвига по его толщине.

Акустическая эффективность может быть 8 – 17 дБ.

## **2.8. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ**

На рабочих местах, где не удастся добиться снижения шума до допустимых уровней техническими средствами или где это нецелесообразно по технико-экономическим соображениям, следует применять средства индивидуальной защиты (СИЗ).

Основное назначение СИЗ – перекрыть проникновение звука в организм через ухо человека. Необходимо также отметить, что звуковые колебания воспринимаются человеком не только непосредственно через орган слуха, но и через череп путем костной проводимости.

Поэтому средства защиты только органа слуха не позволяют полностью устранить передачу звуковой энергии.

В соответствии с ГОСТ 12.1.029-80 «ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация» в зависимости от конструктивного исполнения средства индивидуальной защиты делятся на противошумные вкладыши,

противошумные наушники, противошумные шлемы и каски, противошумные костюмы.

Вкладыши являются простейшим типом СИЗ. Изготавливаются из мягких эластичных материалов – резины, пластмасс, различного волокна. Их вводят непосредственно в наружную часть слухового канала и оставляют там без дополнительных средств поддержания. Наибольшее применение нашли следующие типы вкладышей:

- «Беруши», изготавливаемые из волокнистого материала типа ФПП-Ш;
- «Грибок», «Лепесток», изготавливаемые из силиконовой резины (нетоксична, эластична, прочна).

Грибок представляет собой колпачек грибообразной формы на стержне. Регулировка степени перекрытия слухового канала осуществляется изменением глубины введения вкладыша.

Вкладыш «Лепесток» представляет собой тонкий стержень, на котором расположены пять утончающихся к периферии дисков с постепенно уменьшающимся к вершине диаметром (от 14 до 8 мм)

При наличии заболеваний кожи наружного слухового канала пользоваться вкладышами любого типа противопоказано. В этом случае следует применять наушники.

Наушники состоят из двух корпусов и оголовья.

Корпуса изготавливают из пластмасс или металла, а внутри них для повышения эффективности помещают слой звукопоглощающего материала, уплотнители (протекторы).

Оголовье служит для удержания наушников и прижима их к околоушной области.

Шлемы закрывают большую часть головы, защищают от шума (в т.ч. проникающего через череп), ушибов, холода и т.п.

Каски с наушниками служат для защиты головы от травм, поражения электротоком; от действия среды и высокочастотного шума.

## **2.9. МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

1. Замена шумного оборудования менее шумным, например, оборудования с кривошипным или эксцентриковым приводом на оборудование с гидроприводом.
2. Усовершенствование или замена шумных операций, например, клёпку – сваркой, рихтовку – вальцовкой, штамповку – литьем и т.п.
3. Изоляция шумных видов оборудования, работ в отдельные помещения, блоки.
4. Дистанционное управление, механизация, автоматизация процессов.
5. Акустическая облицовка внутренних поверхностей помещения звукопоглощающими материалами.

6. Установка штучных звукопоглотителей.
7. Установка акустических экранов у шумных видов оборудования, рабочих мест.
8. Установка звукоизолирующих кабин закрытого и полужакрытого типа для операторов.
9. Устройство глушителей шума в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, вакуум-насосах, компрессорах.
10. Применение ограждающих конструкций зданий с требуемой звукоизоляцией.
11. Виброизоляция технологического оборудования.
12. Своевременное техобслуживание оборудования.

## **2.10. МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГЕНЕРАЛЬНЫХ ПЛАНОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, ОРГАНИЗАЦИЙ**

1. Соблюдение санитарно-защитной зоны
2. Расположение шумных производств в одном месте и с подветренной стороны на территории предприятия, организации.
3. Соблюдение необходимых расстояний между шумными и тихими цехами, зданиями.
4. Устройство шумозащитных зон из зеленых насаждений.
5. Проектирование утолщенных строительных конструкций зданий, шумных цехов из ЗИМ и ЗПМ.
6. Применение шумозащитных экранов.

## **3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

Работа состоит из экспериментальной и расчётной частей. В экспериментальной части нужно сделать оценку условий труда по шуму, выполнив измерения фактических параметров шума и сравнив их с допустимыми.

При измерении параметров шума можно использовать измерители шума и вибрации ВШВ-003, ВШВ-003-М2, ВШВ-003-М3 и другие.

В расчётной части должны быть выполнены расчёты по определению:

- фактического звукового давления;
- суммарного уровня звука источников шума;
- расстояния от источника шума, на котором уровень звука будет иметь допустимое значение;
- звукоизолирующей способности ограждения;
- акустической эффективности облицовки ограждающих источников шума поверхностей, выполненной из звукопоглощающих материалов;
- отношения звуковых давлений, создаваемых различными источниками шума, при изменении их уровней.

### 3.1. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Экспериментальная установка представлена на рисунке 6.

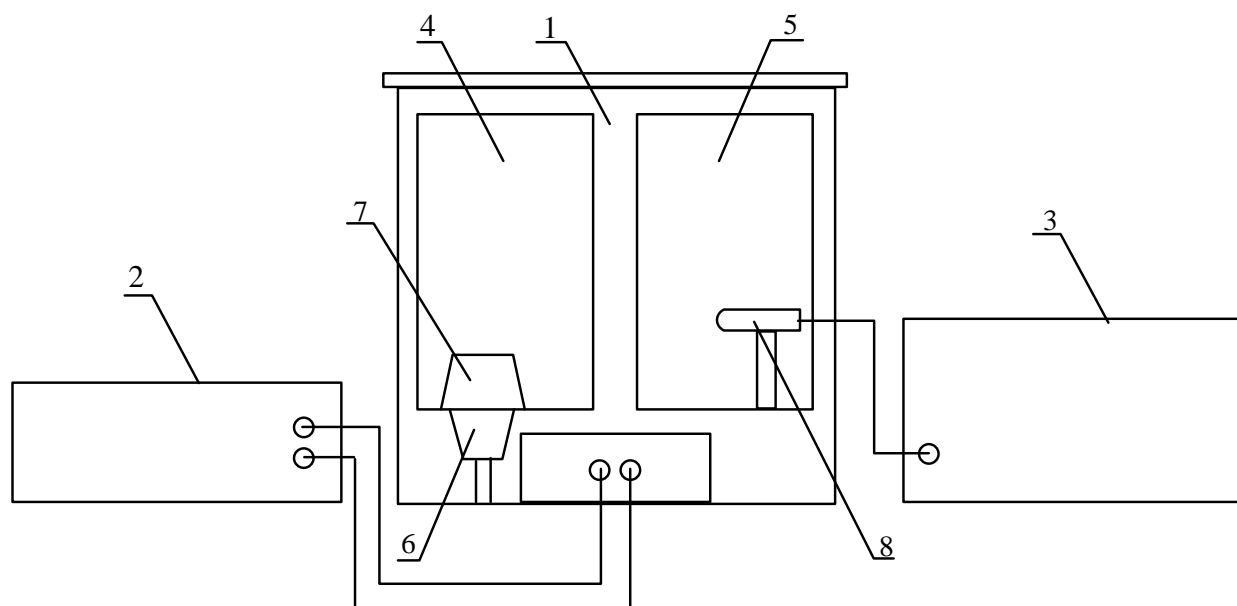


Рис. 6. Схема экспериментальной установки для измерения параметров шума.

Установка включает: макет помещений 1, функциональный генератор электрических сигналов 2, измеритель шума и вибрации 3.

Макет помещений состоит из двух камер. В левой камере 4 в качестве источника шума за защитной решёткой помещён громкоговоритель 6, имитирующий оборудование. В правой камере 5 установлен микрофон 8, с помощью которого исследуются параметры шума. Правая камера 5 имитирует административно-общественное помещение или рабочее место производственного участка. Обе камеры снабжены осветительными лампами. Переключатели для включения ламп находятся на передней стенке макета. Передняя стенка макета имеет два смотровых окна.

В качестве средств защиты используются:

1. съёмный звукоизолирующий кожух 7 с закреплённой на нём осью, на которую может навинчиваться груз для обеспечения плотности в местах контакта кожуха.
2. съёмная звукоизоляционная перегородка, устанавливаемая в пазы на передней и задней стенках внутри макета, для обеспечения изоляции левой и правой камер друг от друга.
3. короб из звукопоглощающего материала (ЗПМ) для имитации облицовки внутренних поверхностей помещений (на схеме не указан).

Для возбуждения громкоговорителя используется функциональный генератор электрических сигналов ФГ-100. Генератор обеспечивает:



1. формирование выходного переменного напряжения с частотой в диапазонах, Гц:
  - 0,1 – 1
  - 1 – 10
  - 10 – 100
  - 100 – 1000
  - 1000 – 10000
  - 10000 – 100000
2. форму выходного сигнала:
  - треугольная
  - прямоугольная
  - синусоидальная
3. плавную регулировку амплитуды выходного переменного напряжения в диапазоне  $(0 - 10) \pm 0,25$  В.

Внешний вид генератора сигналов представлен на рис. 7.

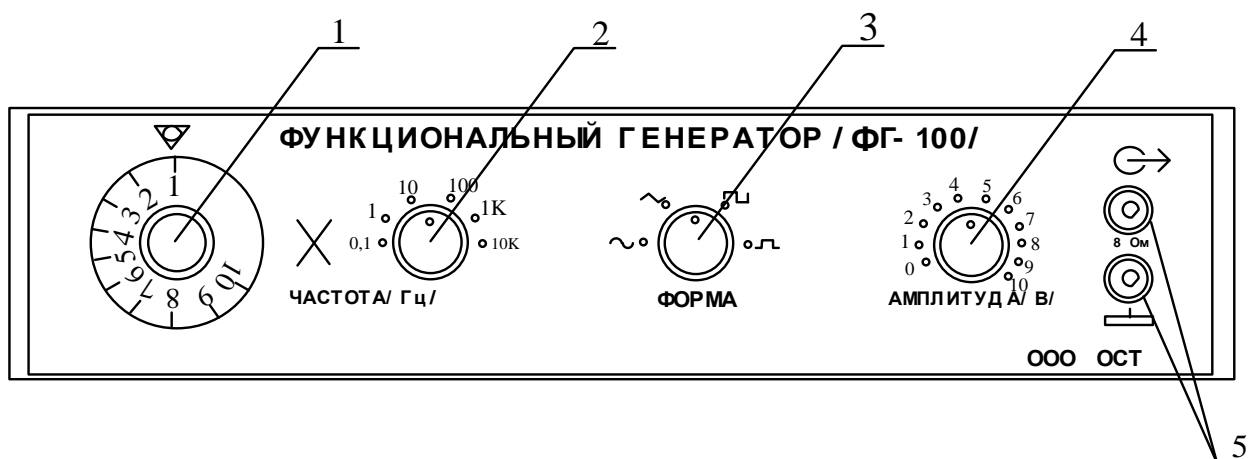


Рис. 7. Панель генератора электрических сигналов: 1 – переключатель частот электрических сигналов; 2 – переключатель диапазонов частоты; 3 – переключатель формы электрических сигналов; 4 – переключатель плавного регулирования амплитуды выходного напряжения; 5 – гнезда для подключения нагрузки (громкоговорителя).

Измерение параметров шума производится при помощи измерителя шума и вибрации ВШВ-003-М2.

### 3.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШУМА

Измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2 позволяет измерить уровень звука во всём спектре частот, создаваемом источником шума и уровни звукового давления в октавных полосах частот.

Панель прибора ВШВ-003-М2 показана на рис. 8.

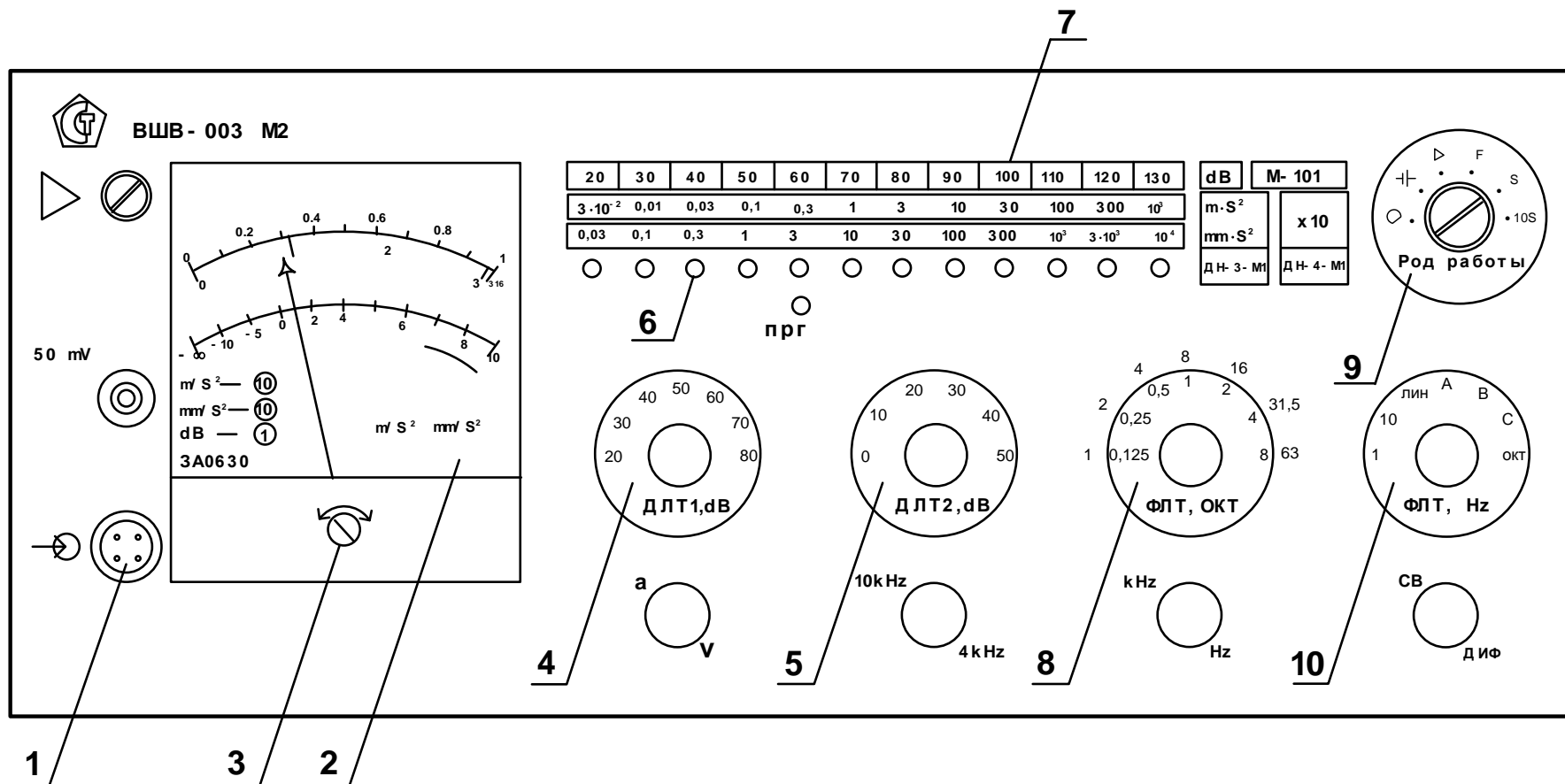


Рис. 8. Панель прибора измерителя шума и вибрации ВШВ-003-М2:

- 1 - разъём входа; 2 - показывающий прибор; 3 - механический корректор нуля; 4 – переключатель диапазонов уровней звука и звукового давления ДЛТ1, dB; 5 – переключатель диапазона уровней звука и звукового давления ДЛТ2, dB; 6 – светодиоды; 7 – шкала dB М-101; 8 – переключатель октавных фильтров ФЛТ, ОКТ; 9 – переключатель Род работы; 10 – переключатель частотных характеристик ФЛТ, Hz.

### 3.2.1. Подготовка прибора к работе

1. Установить прибор в вертикальное или горизонтальное положение механическим корректором нуля показывающего прибора совместить стрелку с делением 0 шкалы 0 – 1.
2. Произвести контроль питания. Для этого переключатели установить в положения:

РОД РАБОТЫ –  $\text{---} \text{---} \text{---}$

ДЛТ 1, dВ – 80

ДЛТ 2, dВ – 50

Стрелка показывающего прибора должна находиться в пределах от 7 до 10 шкалы  $-\infty \dots 10$  дБ. О наличии питания также сигнализирует свечение одного из светодиодов переключателей ДЛТ 1, dВ (дБ) и ДЛТ 2, dВ (дБ).

3. Электрическая калибровка. Проводится каждый раз перед началом измерений для поддержания постоянного коэффициента усиления измерительного тракта прибора.

С помощью кабеля длиной 5 м соединить предусилитель ВПМ-101 с разъёмом  $\text{---} \text{---} \text{---}$  прибора измерительного. Эквивалент капсюля М-101 соединить с предусилителем ВПМ-101. Соединительным кабелем длиной 0,5 м соединить эквивалент капсюля М-101 с гнездом 50 mV прибора измерительного.

Переключатели прибора измерительного установить в положения:

ДЛТ 1, dВ – 40

ДЛТ 2, dВ – 50

ФЛТ, Hz – ЛИН

РОД РАБОТЫ –  $\triangleright$

После 5 минут установления рабочего режима перевести резистором  $\triangleright$  стрелку показывающего прибора на деление шкалы децибел – 4.

После калибровки переключатель РОД РАБОТЫ установить в положение ОТКЛ. Отсоединить эквивалент капсюля М-101 от предусилителя ВПМ-101.

### 3.2.2. Измерение параметров шума

#### *Измерение уровня звука*

1. Осторожно соединить капсюль М-101 с предусилителем ВПМ-101. Кнопки a/v, 10kHz/4kHz, kHz/Hz должны быть отключены (т.е. в отжатом состоянии). Нажать кнопку СВ/ДИФ.
2. Установить переключатели в положения:

ДЛТ 1, dВ – 80

ДЛТ 2, dВ – 50

ФЛТ, Hz – А

РОД РАБОТЫ – F

3. Замеры производить после 2 мин. самопрогрева. При измерениях предусилитель ВПМ-101 с микрофоном должен быть установлен в камере 5 при помощи держателя. Если при измерении стрелка показывающего прибора находится в начале шкалы, то она выводится в сектор 0 – 10 шкалы децибел сначала переключателем ДЛТ 1, dВ, а затем переключателем ДЛТ 2, dВ. Для предупреждения перегрузок ДЛТ 1, dВ при проведении измерений устанавливать на деление не менее 50. Если периодически загорается индикатор ПЕРЕГР., то следует перевести ДЛТ 1,dВ на более высокий уровень. Если при измерении низкочастотных составляющих звука возникнут флуктуации (колебания) стрелки, переключатель РОД РАБОТЫ перевести в положение S.
4. Для определения результата измерения сложить показание по шкале dВ М-101 напротив светящегося диода и показание по шкале децибел показывающего прибора.

Примечание: при измерении значения уровней:

- Принимают по средним показателям при колебании стрелки прибора.
- Считывают со шкалы прибора с точностью до 1 дБА, дБ.

### *Измерение уровней звукового давления*

1. Для измерения уровней звукового давления в октавных полосах частот переключатель ФЛТ, Нз установить в положение ЛИН, переключателями ДЛТ 1, dВ и ДЛТ 2, dВ стрелку прибора показывающего установить в секторе 0 – 10 шкалы децибел. После этого переключатель ФЛТ, Нз установить в положение ОКТ. Нажать или отжать (начиная с частоты 125Гц) кнопку kHz/Hz и переключателем ФЛТ ОКТ выбрать необходимые фильтры (31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000), устанавливая каждый раз переключателем ДЛТ 2, dВ стрелку показывающего прибора в сектор 0 – 10 шкалы децибел. Переключателем ДЛТ 1, dВ пользоваться в этом случае не допускается. Для определения результата измерения сложить показание по шкале dВ М-101 напротив светящегося диода и показание по шкале децибел показывающего прибора, аналогично п.4 измерения уровня звука. После каждого измерения уровня звукового давления в октавной полосе частот переключатель ДЛТ 2, dВ устанавливать на 50.
2. После окончания измерений переключатель РОД РАБОТЫ установить в положение ОТКЛ, переключатель ФЛТ ОКТ – в положение 31,5, переключатель ФЛТ, Нз – на А, переключатели ДЛТ 1,dВ и ДЛТ 2, dВ – соответственно на 80 и на 50. Все кнопки должны бать отключены (т.е. в отжатом состоянии).
3. После выполнения всех замеров осторожно снять капсуль микрофонный М-101 и уложить в футляр. Отсоединить предусилитель ВПМ-101 с кабелем от прибора. Надеть на предусилитель защитный поролоновый экран.

### **3.3. ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

1. Подключить макет к электросети, включить освещение.
2. Подключить к макету генератор сигналов в следующем порядке:
  - подать питание на генератор;
  - установить переключатель амплитуды выходного напряжения в крайнее левое положение;
  - подключить генератор к макету;
  - включить переключатель питания генератора;
  - установить требуемый диапазон частот переключателем 2;
  - установить требуемую частоту переключателем 1;
  - установить требуемую форму выходного сигнала переключателем 3;
  - установить требуемую амплитуду выходного напряжения переключателем 4;
  - требуемые параметры принимать по табл. 5 в соответствии с вариантами заданий.
3. Подключить к макету измеритель шума и вибрации в следующем порядке:
  - Установить микрофон в держатель в правой камере 5 макета;
  - Подключить микрофон в разъем входа 1 измерителя шума и вибрации;
  - Включить измеритель шума и вибрации в электросеть;Установка готова к работе.

### **3.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

1. Указать цель работы, контролируемые параметры, применяемые приборы.
2. Начертить схему экспериментальной установки.
3. Записать методику измерения параметров шума (рекомендуется).
4. Измерить уровни звука и звукового давления в октавных полосах частот без защитных средств.
5. Установить средства защиты от шума в соответствии с вариантами заданий по табл. 5 (звукоизолирующую перегородку, звукоизолирующий кожух или звукопоглощающий короб).
6. Измерить уровни звука и звукового давления в октавных полосах частот со средствами защиты.
7. Результаты замеров занести в протокол исследования (табл. 4). При заполнении протокола исследования и определении допустимых значений параметров шума (табл. 3) использовать исходные данные, представленные в табл. 5 по своему варианту, номер которого соответствует порядковому номеру студента в журнале преподавателя.

Протокол исследования параметров шума.

1. Прибор \_\_\_\_\_
2. Дата \_\_\_\_\_
3. Вариант \_\_\_\_\_
4. Вид деятельности, рабочее место, помещение \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. Источник шума \_\_\_\_\_

Таблица 4

**Протокол измерения уровней звукового давления и уровня звука**

Показатель	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Параметры шума источника без средств защиты										
2. Нормативные значения параметров шума										
3. Параметры шума источника с использованием средств защиты										
4. Требуемое снижение уровней шума										
5. Фактическое снижение уровней шума вследствие использования средств защиты										

8. Определить допустимые уровни звука и звукового давления по табл. 3.
9. Сделать графическое представление результатов измерения (рис. 9). На графике откладывать по оси ординат уровни звукового давления, по оси абсцисс – значения среднегеометрических частот октавных полос.

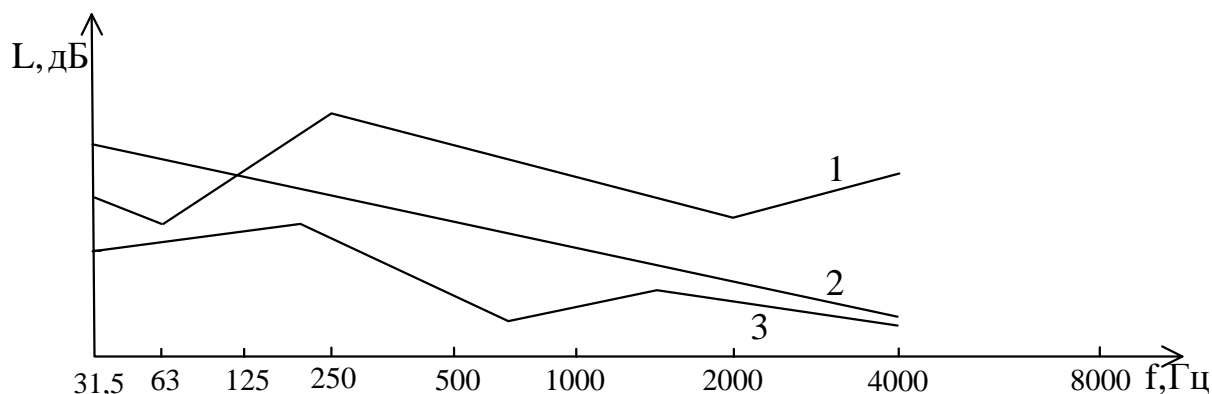


Рис. 9. Графическое представление результатов измерений:  
 1 – измеренные уровни звукового давления без средств защиты;  
 2 – допустимые значения уровней звукового давления; 3 – уровни звукового давления с применением средств защиты.

10. Сделать выводы о соответствии фактических параметров шума на рабочем месте после применения средств защиты требованиям ГОСТ 12.1.003-83\*, СН 2.2.4/2.1.8.562-96.
11. Составить рекомендации по обеспечению нормативных параметров шума, если они не соответствуют нормативным.
12. Выполнить расчёт по своему варианту в соответствии с данными табл. 6. Расчёт выполнить в произвольной форме.

#### 4. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что такое шум?
2. Что такое звуковое поле?
3. Основные характеристики звукового поля.
4. Что такое децибел?
5. Нулевой и болевой пороги слышимости.
6. Частотная характеристика шума.
7. Что такое октава, 1/2 октавы, 1/3 октавы?
8. Как рассчитывается суммарный уровень звукового давления от действия нескольких источников шума?
9. Динамический диапазон слышимости человека.
10. Принципы нормирования параметров шума.
11. Какой документ регламентирует уровни шума?
12. Нормируемые характеристики шума.
13. Какие существуют методы борьбы с шумом?
14. Физическая сущность различных методов защиты от шума.
15. каково назначение шумомера и фильтров?
16. Порядок подготовки измерителя шума к работе.
17. Порядок измерения уровня звука и звукового давления
18. Диапазон измеряемого уровня звука шумомером ВШВ-003-М2.

Таблица 5

**Исходные данные для исследования параметров шума**

Подгруппа	Диапазон частот, Гц	Частота генерации электрических сигналов, Гц	Форма электрического сигнала	Амплитуда выходного напряжения, В	Средство защиты от шума	Вариант	Вид трудовой деятельности, рабочее место, помещение	Источник шума
1	100	2	~	1	Звукоизолирующая перегородка из клееной фанеры	1	Научная	Кондиционер
						2	Конструирование	Графопостроитель
						3	Программирование	Система охлаждения системного блока
						4	Преподавание	Внешний шум (например транспорт)
						5	Обучение	Вентиляция
2	100	2,5	~	2,5	Звукоизолирующих кожух	6	Рабочее место в производственном помещении	Электродрель
						7	Кабина водителя трактора	Основные функциональные узлы трактора
						8	Кабина оператора СДМ	Двигатель
						9	Энергетическое отделение речных судов	Электрогенератор
3	100	3	⌚	2	Звукоизолирующая перегородка из оргалита	10	Кабина оператора сельскохозяйственных машин	Двигатель
						11	Административно-управленческая	Вентилятор настольный
						12	Измерительные работы в лаборатории	Электродвигатель
						13	Диспетчерская служба	Кондиционер
						14	Дистанционное управление с речевой связью по телефону	Технологическое оборудование
15	Участок точной сборки	Пневмоинструмент						
4	100	1,5	~	3	Звукопоглощающий короб (облицовка внутренних поверхностей)	16	Кабина оператора грузоподъемного крана	Передаточное устройство, механизм подъем груза
						17	Рабочие места на территории предприятия	Транспорт
						18	Кабина грузового автомобиля	Двигатель
						19	Кабина наблюдения без речевой связи по телефону	Технологическое оборудование
						20	Участок металлообрабатывающих станков	Станки
5	100	3,5	~	1,5	Звукоизолирующая перегородка из ДВП	21	Помещение мастера	Кондиционер
						22	Водитель, пассажир легкового автомобиля	Двигатель
						23	Центральный пост управления морских судов	Судовые установки
						24	Аналитические работы в лабораториях	Система вентиляции
						25	Помещения наблюдения с речевой связью по телефону	Технологическое оборудование в смежном помещении



Таблица 6

## Исходные данные для расчета

Вариант	Определяемые величины/исходные величины														
	Р, Па (6)*	L <sub>сум</sub> , дБА, (7)		L <sub>сум</sub> , дБА (8)		L <sub>сум</sub> , дБА (9)	r, м (10)		R, дБ (17)		ΔL, дБ (18, 19)				P <sub>1</sub> /P <sub>2</sub> (6)
	L	L <sub>1</sub>	n	L <sub>1</sub>	L	L <sub>r</sub>	L	L <sub>r</sub>	m	f	α <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	α <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	L <sub>1</sub> -L <sub>2</sub>
1	75	55	11	75	70	79, 82, 80, 70, 76, 85	70	65	55	63	0,15	95	0,7	67	5
2	81	60	8	80	75	59, 60, 55, 65, 67, 70	54	50	70	125	0,12	144	0,66	90	6
3	83	90	7	44	43	47, 45, 50, 49, 48, 44	65	60	45	250	0,1	210	0,75	150	7
4	67	85	10	69	61	72, 70, 69, 65, 75, 76	70	50	60	500	0,14	250	0,6	195	4
5	73	76	12	59	52	63, 61, 69, 59, 54, 55	89	75	55	1000	0,13	290	0,71	220	11
6	78	75	13	55	45	59, 56, 57, 60, 61, 55	102	80	45	2000	0,07	190	0,8	145	15
7	65	65	9	69	67	71, 65, 70, 72, 70, 66	79	60	77	4000	0,11	300	0,9	210	3
8	68	60	6	55	54	59, 54, 55, 60, 61, 52	67	50	40	8000	0,19	350	0,8	300	8
9	90	55	15	59	57	63, 60, 61, 55, 50, 64	87	75	50	31,5	0,16	390	0,7	290	12
10	76	45	11	72	69	70, 71, 65, 69, 64, 73	57	50	55	63	0,2	400	0,87	315	25
11	85	70	5	70	70	55, 57, 59, 60, 61, 54	69	50	40	125	0,21	415	0,95	250	1
12	81	68	12	48	40	49, 50, 51, 44, 45, 52	72	60	45	250	0,18	260	0,75	190	9
13	79	76	11	51	50	55, 57, 60, 61, 63, 50	79	65	47	500	0,22	320	0,87	230	17
14	50	79	9	90	70	92, 90, 85, 89, 87, 90	113	80	34	1000	0,09	270	0,9	170	13
15	57	81	5	90	90	55, 56, 60, 57, 58, 55	95	75	25	2000	0,07	320	0,77	200	10
16	63	55	9	75	73	75, 73, 72, 74, 70, 65	79	65	27	4000	0,18	195	0,7	130	2
17	91	54	11	65	64	69, 70, 71, 68, 67, 66	79	60	12	8000	0,12	250	0,75	210	14
18	88	47	12	84	82	72, 71, 69, 68, 67, 70	79	75	30	31,5	0,17	280	0,65	210	4
19	79	45	11	89	80	82, 84, 83, 75, 79, 76	69	60	25	63	0,12	180	0,55	120	16
20	64	102	4	45	44	53, 55, 60, 61, 57, 54	75	50	31	125	0,09	300	0,9	230	24
21	58	81	6	49	42	50, 49, 48, 45, 49, 47	75	60	17	250	0,14	240	0,75	180	18
22	93	45	15	76	75	69, 70, 71, 68, 67, 71	87	75	15	500	0,1	170	0,9	170	23
23	54	67	8	79	70	75, 77, 69, 68, 58, 70	87	80	20	1000	0,15	210	0,8	150	21
24	76	59	9	80	79	71, 80, 82, 85, 76, 77	92	75	25	2000	0,15	190	0,6	130	19
25	87	70	7	50	45	55, 50, 53, 49, 48, 47	92	65	22	4000	0,11	210	0,66	150	20

\* Примечание: в скобках даны номера формул



## 5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности, знающие устройство приборов и методику измерения.
2. Перед началом работы необходимо проверить состояние рабочего места и принять меры для устранения замеченных недостатков и неисправностей. При проверке необходимо обратить внимание на наличие заземления электроприборов.
3. В случае временного выключения тока в электросети нужно немедленно выключить приборы.
4. Категорически запрещается:
  - самостоятельно включать приборы и работать на них без разрешения преподавателя;
  - устранять неисправности на невыключенном оборудовании и приборах;
  - оставлять без присмотра работающие приборы.
  - включать генератор, измеритель шума и вибрации при снятых крышках;
  - применять самодельные предохранители

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандарт, 1983. –12 с.
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. –М: Минздрав Росси, 1996. – 11 с.
3. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. –М.: Госстрой России, 2004. –39 с.
4. Долин П. А. Методическое руководство к лабораторным работам по охране труда для студентов инженерно-технических вузов /П.А. Долин – М. : Высш. шк., 1980. – 44 с.
5. Борьба с шумом на производстве: справочник/ Е. Я. Юдин, Л. А. Борисов, И. В. Горенштейн [и др.]: под общ. ред. Е. Я. Юдина. – М. : Машиностроение, 1985. – 400 с.