

# **ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ**

## **ЦЕЛЬ**

Провести измерение уровня звукового давления, оценить эффективность мероприятий по снижению шума.

## **ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Основные чувства человека, слух и зрение, играют важнейшую роль, которая позволяет человеку владеть звуковыми и зрительными информационными полями.

С физической точки зрения звук - это механические колебания, распространяющиеся в виде волн в газообразной, жидкой или твердой среде. Звуковые волны возникают при нарушении стационарного состояния среды под воздействием на нее какой-либо возмущающей силы.

В то же время шумом принято считать всякий нежелательный для человека звук. Таким образом, звуковые волны могут нести как полезную для оператора информацию, например, о ходе технологического процесса, так и оказывать отрицательное (а иногда и вредное) воздействие. Колебания среды воспринимаются как звук только в определенной области частот (16 Гц – 20 кГц) и при звуковых давлениях, превышающих порог слышимости человека.

Частоты колебаний среды, лежащие ниже и выше диапазона слышимости, называются соответственно инфразвуковыми и ультразвуковыми. Они не имеют отношения к слуховым ощущениям человека и воспринимаются как физические воздействия среды.

Знание физических закономерностей процесса излучения и распространения шума позволит принимать решения, направленные на снижение его негативного воздействия на человека.

## **Параметры звуковой волны**

Звуковые волны могут служить примером колебательного процесса. Всякое колебание связано с нарушением равновесного состояния системы и выражается в отклонении её характеристик от равновесных значений с последующим возвращением к исходному

значению. Для звуковых колебаний такой характеристикой является давление в точке среды, а её отклонение — звуковым давлением.

Если произвести резкое смещение частиц упругой среды в одном месте, например, с помощью поршня, то в этом месте увеличится давление. Благодаря упругим связям частиц давление передаётся на соседние частицы, которые, в свою очередь, воздействуют на следующие, и область повышенного давления как бы перемещается в упругой среде. За областью повышенного давления следует область пониженного давления, и, таким образом, образуется ряд чередующихся областей сжатия и разрежения, распространяющихся в среде в виде волны. Каждая частица упругой среды в этом случае будет совершать колебательные движения.

Основными параметрами, характеризующими звук, являются:

Таблица 6.1 Основные параметры звука

Параметр	Обозначение	Единица измерения
Звуковое давление	$p_{зв}$	Па
Интенсивность звука	$I$	Вт/м <sup>2</sup>
Длина звуковой волны	$\lambda$	м
Скорость распространения волны	$v$	м/с
Частота колебания	$f$	Гц

Если в сплошной среде возбудить колебания, то они расходятся во все стороны. Наглядным примером являются колебания волн на воде. При этом следует различать скорость распространения механических колебаний (в нашем случае видимые поперечные колебания воды) и скорость распространения возмущающего действия (продольные акустические колебания).

Звуковая волна является носителем энергии в направлении своего движения. Количество энергии, переносимой звуковой волной за одну секунду через сечение площадью 1 м<sup>2</sup>, перпендикулярное направлению движения, называется интенсивностью звука. Интенсивность звука определяется отношением звукового давления к акустическому сопротивлению среды, Вт/м<sup>2</sup>:

### Уровни акустических величин

Порог слуха молодого человека в диапазоне частот от 1 до 4 кГц соответствует давлению  $2 \times 10^{-5}$  Па. Наибольшее значение звукового давления, вызывающего болезненные ощущения, называется порогом болевого ощущения и составляет  $2 \times 10^2$  Па. Между этими значениями лежит область слухового восприятия. Интенсивность воздействия шума

на человека оценивается уровнем звукового давления (L), который определяется как логарифм отношения эффективного значения звукового давления к пороговому. Единица измерения — децибел, дБ.

На пороге слышимости при среднегеометрической частоте 1 кГц уровень звукового давления равен нулю, а на пороге болевого ощущения составляет 120–130 дБ.

Окружающие человека шумы имеют разную интенсивность: шепот — 20 дБ, разговорная речь — 60 дБ, шум от двигателя легкового автомобиля — 80 дБ, а от грузового — 90 дБ, шум от оркестра — 120 дБ, шум при взлете реактивного самолета на расстоянии 25 м — 140 дБ, выстрел из винтовки — 160 дБ, а из тяжелого орудия — 170 дБ.

### **Производственный шум**

Это совокупность различных шумов, возникающих в процессе производства и неблагоприятно воздействующих на организм называют промышленным шумом. Это понятие обычно рассматривается с точки зрения экологии и медицины, то есть как угрозу жизнедеятельности, а не как фактор, мешающий работе, потому что постоянное его воздействие может принести непоправимый вред здоровью. Традиционно, рабочий шум был постоянной опасностью для работников, занятых в сфере тяжёлой промышленности и ассоциировался только с ухудшением слуха. Современные понятия охраны труда рассматривают шум как угрозу безопасности и здоровью работников многих профессий по различным причинам.

### **Воздействие на орган слуха**

При повышенном уровне шума орган слуха вынужден приспособляться к таким условиям, и его чувствительность снижается. Если воздействие шума было кратковременным, и не слишком большим, то позднее происходит восстановление порога слышимости до прежнего значения, и его снижение не необратимо. При большем уровне шума, и/или при более длительном воздействии восстановление происходит не полностью, и порог слышимости начинает возрастать. Установили, что такое снижение зависит от дозы шумового воздействия — то есть от того, каково общее воздействие шума на организм, включая периоды отдыха и сна. Повышенный уровень шума, воздействующий на рабочего после смены, увеличивает риск ухудшения слуха. А увеличение уровня шума увеличивает риск — так же, как и увеличение продолжительности воздействия.

### **Воздействие на сердечно–сосудистую систему**

У людей, работающих в условиях воздействия интенсивного шума, чаще наблюдается гипертоническая болезнь сердца, коронардиосклероз, стенокардия, инфаркт миокарда. Жалобы на боли в сердце, сердцебиение и перебои обычно возникают не при физической нагрузке, а в покое и при нервно-эмоциональном напряжении. Данные о влиянии шума на артериальное давление противоречивы - у части людей оно снижается, а у части - повышается. По мере увеличения стажа частота гипертензивных состояний нарастает. Отмечалось изменение тонуса кровеносных сосудов, особенно капилляров, уменьшение кровотока. По данным ЭКГ у рабочих, подвергающихся чрезмерному воздействию шума, нередко обнаруживали функциональные нарушения миокарда, барикардию, синусовую аритмию и др. Изменения в сердечно-сосудистой системе наблюдались у рабочих, у которых отсутствовали признаки кохлеарного неврита. По данным при увеличении уровня шума на 1 дБА скорость прироста потерь слуха в 3 раза выше, чем нервно-сосудистых нарушений, и они составляют 1.5 и 0.5% на каждый децибел уровня воздействующего шума.

### **Воздействие на нервную систему, заболеваемость и работоспособность**

Отмечено изменение реоэнцефалограммы (РЭГ) при воздействии шума 105 дБА в течение 20 минут у ткачей (нормальные РЭГ у ткачих старше 40 лет единичны), что позволило сделать вывод о негативном влиянии шума на мозговое кровообращение, и что шум является одной из основных причин изменений сосудов головного мозга. Воздействие шума приводит и к общему росту заболеваемости, ослабление организма, подавление его защитных сил, создаются благоприятные условия для заражения инфекциями. Отмечалось увеличение частоты острых респираторных вирусных заболеваний в 1.7-2 раза при комплексном влиянии шума и вибраций. Даже при отсутствии постоянного ухудшения слуха при воздействии шума, не превышающем допустимое, возрастание уровня шума с 64 до 77 дБА привело к возрастанию функциональных нарушений нервной системы в 2-2.5 и сердечно-сосудистой систем в 3-4 раза у операторов информационно-вычислительных центров. Воздействие шума 80 дБА в сочетании с повышенной температурой ( $29 \pm 1,5^\circ\text{C}$ ) привела к выраженному изменению показателей (временное смещение порога слуха, скрытое время простой и дифференцировочной реакций на световой и звуковой раздражители, мышечную выносливость, концентрацию внимания,

систолический показатель). Причём при воздействии повышенной температуры эти показатели не менялись, то есть повышенная температура усугубляла последствия воздействия шума.

**Шум уровня 35-50 дБ** оказывает в основном психологическое воздействие. Однако при длительном воздействии он может вызвать нарушение сна, усталость, понижение работоспособности.

**Шум уровня 50-65 дБ** вызывает раздражение, однако его последствия также носят лишь психологический характер (при длительном воздействии возможны изменения в вегетативной нервной системе). Особенно отрицательно сказывается воздействие шума малой интенсивности на умственную работу. Кроме того, психологическое воздействие шума зависит и от индивидуального отношения к нему. Так, шум, производимый самим человеком, не беспокоит его, в то время как небольшой посторонний шум может вызывать сильное раздражение.

**При уровне шума 65-90 дБ** возможно его физиологическое воздействие. Пульс и давление крови повышаются, сосуды сужаются, что снижает снабжение организма кровью, и человек быстрее устает. Может наблюдаться снижение порога слышимости, стресс, увеличение кожной проводимости, нарушение моторики желудочно-кишечного тракта.

**Воздействие шума уровнем свыше 90 дБ** приводит к нарушениям работы органов слуха, усиливается его влияние на систему кровообращения. При такой интенсивности ухудшается деятельность желудка и кишечника, появляются ощущения тошноты, головная боль и шум в ушах. Серьезным признаком ухудшения слуха, является ограниченность восприятия отдельных элементов разговорной речи. Во избежание потери слуха необходимо распознать его нарушение задолго до того, как выявится ограниченность в разборчивости речи, ибо при прогрессирующей стадии нарушения слуха медицинская помощь почти невозможна. Для исследования состояния слуха у людей, работающих в шумных цехах, необходимо проводить регулярные аудиометрические измерения, и по мере выявления каких-либо искажений порога слышимости принимать соответствующие меры.

**При уровне шума 120 дБ** и выше (болевого порог) он может механически воздействовать на органы слуха - лопаются барабанные перепонки, нарушаются связи между отдельными частями внутреннего уха. В результате может наступить полная потеря слуха. Шум уровнем свыше 120 дБ оказывает механическое воздействие не только на органы слуха, но и на весь организм. Звук, проникая через кожу, вызывает механическое колебание тканей, в результате чего происходит разрушение нервных клеток, разрывы мелких кровеносных сосудов и др.

## **Источники производственного шума**

По природе возникновения шума машин или агрегатов делятся на механические, аэродинамические и гидродинамические, электромагнитные.

На ряде производств преобладает *механический шум*, основными источниками которого являются зубчатые передачи, механизмы ударного типа, цепные передачи, подшипники качения и т.п. Он вызывается силовыми воздействиями неуравновешенных вращающихся масс, ударами в сочленениях деталей, стуками в зазорах, движением материалов в трубопроводах и т.п. Спектр механического шума занимает широкую область частот. Определяющими факторами механического шума являются форма, размеры и тип конструкции, число оборотов, механические свойства материала, состояние поверхностей взаимодействующих тел и их смазывание. Машины ударного действия, к которым относится, например, кузнечнопрессовое оборудование, являются источником импульсного шума, причем его уровень на рабочих местах, как правило, превышает допустимый. На машиностроительных предприятиях наибольший уровень шума создается при работе металло- и деревообрабатывающих станков.

*Аэродинамические и гидродинамические шумы:*

шумы, обусловленные периодическим выбросом газа в атмосферу, работой винтовых насосов и компрессоров, пневматических двигателей, двигателей внутреннего сгорания;

шумы, возникающие из-за образования вихрей потока у твердых границ. Эти шумы наиболее характерны для вентиляторов, турбовоздуходувок, насосов, турбокомпрессоров, воздухопроводов;

кавитационный шум, возникающий в жидкостях из-за потери жидкостью прочности на разрыв при уменьшении давления ниже определенного предела и возникновения полостей и пузырьков, заполненных парами жидкости и растворенными в ней газами.

*Шумы электромагнитного происхождения* возникают в различных электротехнических изделиях. Их причиной является взаимодействие ферромагнитных масс под влиянием переменных во времени и пространстве магнитных полей. Электрические машины создают шумы с различными уровнями звука от 20 дБ (микромашин) до 110 дБ (крупные быстроходные машины).

## Нормирование шума

Шум оказывает негативное влияние на весь организм человека. Шумы средних уровней (менее 80 дБА) не вызывают потери слуха, но тем не менее оказывают утомляющее неблагоприятное влияние, которое складывается с аналогичными влияниями других вредных факторов и зависит от вида и характера трудовой нагрузки на организм.

Нормирование шума призвано предотвратить нарушение слуха и снижение работоспособности и производительности труда работающих. Для разных видов шумов применяются различные способы нормирования.

Для постоянных шумов нормируются уровни звукового давления  $L_{p,i}$  в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Для ориентировочной оценки шумовой характеристики рабочих мест допускается за шумовую характеристику принимать уровень звука  $L$  по шкале А, измеряемый по временной характеристике шумомера «S – медленно».

Нормируемыми параметрами прерывистого и импульсного шума в расчетных точках следует считать эквивалентные уровни звукового давления  $L_{экв}$  в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Для непостоянных шумов нормируется так же эквивалентный уровень звука. Допустимые уровни звукового давления для рабочих мест служебных помещений и для жилых и общественных зданий и их территорий различны.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений является ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

Допустимые уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления) в дБ в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА для жилых и общественных зданий и их территорий следует принимать в соответствии со СНиП 23-03-2003 «Защита от шума», СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Таблица 6.5 Нормативные значения уровней шума на рабочих местах (ГОСТ 12.1.003-83 с изм. 1999 г.)

Рабочие места	Уровни 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	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Помещения управления, рабочие комнаты	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Помещения для точной сборки	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Помещения лабораторий для проведения экспериментов	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

### Способы защиты от шума

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 при разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих мест следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих допустимые.

Защита от шума должна обеспечиваться разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты, проведением строительно-акустических работ, применением средств индивидуальной защиты.

В первую очередь следует использовать средства коллективной защиты. По отношению к источнику возбуждения шума коллективные средства защиты подразделяются на средства, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта.

Снижение шума в источнике осуществляется за счет улучшения конструкции машины или изменения технологического процесса.



Средства, снижающие шум в источнике его возникновения в зависимости от характера шумообразования подразделяются на средства, снижающие шум механического происхождения, аэродинамического и гидродинамического происхождения, электромагнитного происхождения.

Методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические и включают в себя:

- изменение направленности излучения шума;
- рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
- акустическую обработку помещений;
- применение звукоизоляции.

К архитектурно-планировочным решениям также относится создание санитарно-защитных зон вокруг предприятий. По мере увеличения расстояния от источника уровень шума уменьшается. Поэтому создание санитарно-защитной зоны необходимой ширины является наиболее простым способом обеспечения санитарно-гигиенических норм вокруг предприятий.

Выбор ширины санитарно-защитной зоны зависит от установленного оборудования, например, ширина санитарно-защитной зоны вокруг крупных ТЭС может составлять несколько километров. Для объектов, находящихся в черте города, создание такой санитарно-защитной зоны порой становится неразрешимой задачей. Сократить ширину санитарно-защитной зоны можно уменьшением шума на пути его распространения.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удается.

Принцип действия СИЗ – защитить наиболее чувствительный канал воздействия шума на организм человека – ухо. Применение СИЗ позволяет предупредить расстройство не только органов слуха, но и нервной системы от действия чрезмерного раздражителя.

Наиболее эффективны СИЗ, как правило, в области высоких частот. СИЗ включают в себя противошумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

## МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Лабораторный стенд

Стенд имеет вид макета производственных помещений, одно из которых имитирует производственный участок (слева), а второе – конструкторское бюро (справа).



Рисунок 6.2. Лабораторный стенд

Источник шума находится внизу левой камеры, в правой камере на подставке установлен микрофон. Внутри стенда имеются направляющие, на которые устанавливается съемная звукоизолирующая перегородка, обеспечивающая изоляцию правой и левой камер друг от друга.



Рисунок 6.3. Внутреннее устройство стенда

### **Генератор низкочастотных сигналов**

Для создания шума используется генератор низкочастотных сигналов. Внешний вид генератора представлен на рисунок 6.4.



Рисунок 6.4. Генератор электрических сигналов

На лицевой панели генератора расположены кнопки выбора диапазона частот, ручка плавного регулирования частоты, ручка плавного регулирования входного напряжения, гнезда для подключения динамика.

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Исследование шума с измерением эквивалентного уровня звука без звукоизолирующих перегородок и со звукоизолирующими перегородками.

1. Подключить генератор низкочастотных сигналов к лабораторному стенду.

2. Задать звуковой сигнал на генераторе, который используется в качестве источника шума (задается частота и амплитуда сигнала таким образом, чтобы уровень звукового давления **не раздражал окружающих**, но при этом был все же **отчётливо слышен, см. рекомендуемый уровень в табл. 6.8**).

Таблица 6.8 Общая таблица измерений

Тип перегородки	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц
Рекомендуемый уровень звукового давления для различных частот	70–80		80–85		75–80	80–85	75–80	65–70

3. На заданной частоте измерить уровень звукового давления без перегородки. Далее не меняя частоту и амплитуду сигнала замерить уровень звукового давления с перегородками (фанера, ДСП, ДВП). Результат занести в таблицу 6.9.

4. Затем установить следующую частоту и амплитуду и заполнить следующий столбец в табл. 6.9, как показано стрелками.

Таблица 6.9 Общая таблица измерений

Тип перегородки	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц
Без перегородки								
Перегорodka 1	↓	↗	↗					
Перегорodka 2	↓	↓	↓					

### Расчет эффективности звукоизолирующих перегородок

Для расчета эффективности средств звукоизоляции используется формула:

$$\mathcal{E}_i = \frac{L_i - L_{i,з}}{L_i}, \quad (6.21)$$

где  $L_i$  – уровень звукового давления, измеренный для  $i$ -й октавной полосы частот, до применения звукоизоляции,  $L_{i,з}$  – уровень звукового давления, измеренный для той же полосы частот при использовании звукоизолирующей перегородки.

Например, уровень звукового давления без перегородки был 80 дБ, а с примененной перегородкой стал 65 дБ, следовательно эффективность перегородки:

$$\mathcal{E}_i = \frac{80 - 65}{80} = 0.19 \text{ или } 19\%,$$

Результаты расчетов для всех исследуемых средств звукоизоляции занести в таблицу 6.10.

Таблица 6.10. Эффективность средств звукоизоляции

Тип перегородки	63Гц	125Гц	250Гц	500Гц	1кГц	2кГц	4кГц	8кГц
Перегородка 1								
Перегородка 2								

Далее строятся диаграммы эффективности для каждой звукоизолирующей перегородки (рисунок 6.6).

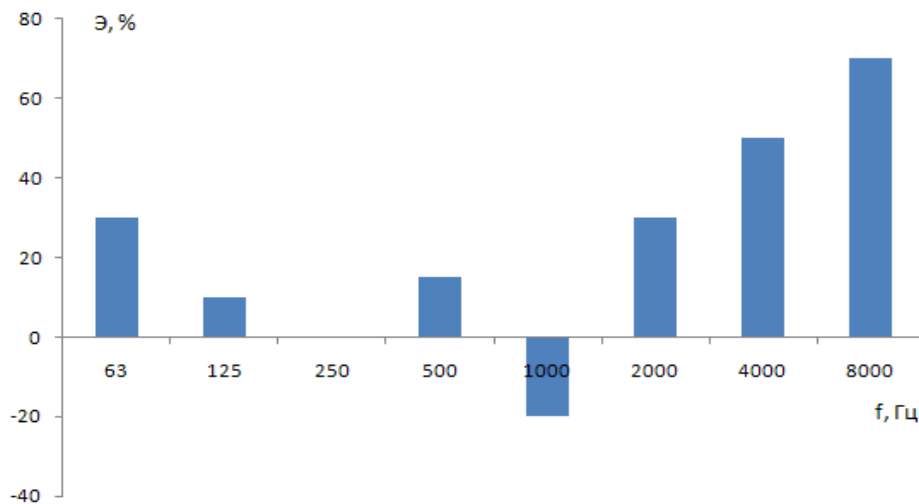


Рисунок 6.6. Пример построения диаграммы эффективности звукоизолирующей перегородки из алюминия

На основе построенных диаграмм сделать вывод об эффективности перегородок, и проанализировать зависимость эффективности от частоты.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое шум?
2. Каково физиологическое воздействие интенсивного шума на организм человека?
3. Поясните единицу измерения дБ и дБА, дБС.
4. Перечислите способы защиты от шума.
5. Что определяется документами ГОСТ 12.1.003-83 и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой, застройки»?
6. Перечислите параметры, характеризующие шум.
7. Каковы основные источники производственного шума.
8. Перечислите основные источники шумового воздействия характерные для вашей специальности, укажите меры борьбы с ними.
9. Какое действие оказывает на человека инфразвук и ультразвук?