

Лабораторная работа:

**«Исследование шумового режима на рабочих местах
и эффективности некоторых способов и средств его
нормализации»**

Цель работы:

1. Ознакомиться с особенностями негативного воздействия шума на здоровье и работоспособность человека.
2. Усвоить методику гигиенической оценки шума на рабочих местах и принципы его нормирования.
3. Исследовать эффективность некоторых способов и средств, используемых для улучшения акустических условий труда и аэродинамических глушителей.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Современный уровень развития промышленности, оснащение различных отраслей мощными и быстродействующими машинами и механизмами, ведение технологических процессов с большими скоростями способствуют непрекращающемуся росту интенсивности шума на производстве. Поэтому среди проблем оздоровления условий труда борьба с шумами является одной из актуальнейших.

Основными источниками шумов на производстве, формирующих шумовой режим в рабочей зоне, являются металло- и деревообрабатывающее оборудование, энергетические и вентиляционные установки, внутризаводской транспорт и др.

Шум определяется как совокупность различных по силе и частоте звуков, возникающих в результате колебательного движения частиц в упругих средах (твердых, жидких, газообразных) и воспринимаемых слуховым анализатором человека в диапазоне от 16 Гц до 20 кГц.

По происхождению шум может быть механическим, аэрогидродинамическим и электромагнитным.

Шум отрицательно отражается на состоянии здоровья людей. Вредное его воздействие, прежде всего, сказывается на центральной нервной системе и проявляется в ухудшении памяти и внимания, быстрой утомляемости, задержке

интеллектуальных процессов. Сильный шум ведет к снижению остроты слуха, развитию желудочно-кишечных заболеваний (гастрит, язвенная болезнь), нарушению обмена веществ и др. Продолжительный и интенсивный шум значительно снижает производительность труда и может явиться причиной производственного травматизма.

1.1. Нормирование и гигиеническая оценка шумов

Слуховой анализатор человека способен воспринимать звуковые колебания в определенном диапазоне интенсивностей, ограниченном верхним и нижним порогами, зависящими от звуковой частоты.

Порог слышимости имеет минимальное значение при частоте 1000 Гц. По интенсивности или силе звука он равен 10^{-12} Вт/м² (I_0), а по звуковому давлению — $2 \cdot 10^{-5}$ Па (P_0).

Порог болевого ощущения на частоте 1000 Гц по интенсивности ($I_{\text{б}} \approx 10$) равен 10 Вт/м², а по звуковому давлению — $2 \cdot 10^{-5}$ Па ($P_{\text{б}} \approx 2$).

Для гигиенической оценки шума в качестве количественных характеристик используются не абсолютные значения интенсивности или звукового давления, а логарифмические уровни этих величин, определяемые отношением их к условному нулевому уровню, соответствующему порогу слышимости на частоте 1000 Гц (I_0 и P_0).

Логарифмические уровни интенсивности или силы звука (L_i) и звукового давления (L_p) измеряются в децибелах и определяются соответственно по формулам:

$$L_i = 10 \times \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ}, \quad L_p = 10 \times \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \times \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ},$$

где I и I_0 — ($I_0 = 10^{-12}$ Вт/м²) фактическая и пороговая интенсивности звука соответственно, Вт/м²;

P и P_o — ($P_o = 2 \cdot 10^{-5}$ Па) фактическое и пороговое звуковое давление соответственно, Па.

Интенсивность или сила звука (I) связана с квадратичным звуковым давлением (P) следующим соотношением:

$$I = \frac{P}{\rho \times c}, \text{ Вт/м}^2,$$

где ρ — плотность среды, кг/м³;

c — скорость прохождения звуковой волны, м/с.

В связи с тем, что вредность шума зависит не только от его интенсивности, но и от частоты звуковых колебаний (высокочастотные шумы более вредны), при гигиенической оценке шума определяется не только общий уровень звукового давления, но и относительное распределение звуковой энергии по всей области звуковых частот.

Для этого звуковой спектр шума разбивается на отдельные частотные полосы, в каждой из которых определяется уровень звукового давления измеряемого шума.

За ширину полосы принята октава, т.е. интервал частот, в котором высшая частота (f_B) в два раза больше нижней частоты (f_H).

Октавный уровень звукового давления определяется на среднегеометрической частоте, которая определяется по формуле

$$f_{cp.g} = \sqrt{f_B \times f_H}, \text{ Гц.}$$

Весь звуковой диапазон разбит на восемь октав со следующими среднегеометрическими частотами: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц.

Октавные уровни звукового давления оцениваются в дБ, а общий уровень в дБА, измеряемый по шкале "А" шумомера. В этом случае к фактическому уровню автоматически вносится поправка (коррекция) в соответствии с частотной характеристикой чувствительности слухового анализатора.

По характеру спектра шумы подразделяются на **широкополосные** с непрерывным спектром шириной более одной октавы и **тональные**, в спектре которых имеются слышимые дискретные тона, превышающие уровни в одной полосе, по сравнению с соседними, не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам шумы делятся на постоянные, уровень звука которых в течение рабочего дня изменяется не более чем на 5 дБА, и непостоянные, уровень звука которых в течение рабочего дня изменяется более чем на 5 дБА.

Допустимые уровни постоянных и непостоянных шумов регламентируются для производственных условий труда в зависимости от назначения производственного помещения или характера выполняемых работ и от характеристик шума.

Основным нормируемым параметром (характеристикой) постоянного шума на рабочем месте являются октавные уровни звуковых давлений в дБ. Правилами допускается использование уровня звука в дБА при ориентировочной оценке акустических условий.

Количественной характеристикой непостоянных шумов является интегральный критерий — эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА, определяемый по формуле

$$L_{A_{эк}} = 10 \cdot \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left[\frac{P_A(t)}{P_o} \right] dt,$$

где $P_A(t)$ — текущее значение среднего квадратического звукового давления с учетом коррекции "А" шумомера, Па;

P_o — исходное значение звукового давления (в воздухе $P_o = 2 \cdot 10^{-5}$ Па);

T — время действия шума, ч,

Допустимые уровни для некоторых производств представлены в табл. 2.2.

Гигиеническая оценка шума на рабочих местах осуществляется на основании измерения или акустического расчета (при прогнозировании

акустических условий) количественных характеристик шума в контрольных точках и сравнения их уровней с допустимыми.

1.2. Принципы, способы и средства по снижению шума на рабочих местах

Для защиты от шума используются принципы, основными из которых являются: снижение шума в источнике, ослабление его на пути распространения, применение административных мер и средств индивидуальной защиты. Устранение или ослабление шума в источнике достигается применением ряда конструктивных и технологических методов, позволяющих снизить динамические воздействия в механических узлах, пульсации давления в потоках газов и жидкостях, растяжение и изгибы ферромагнитных материалов в переменных магнитных полях и др.

Ослабление шума на пути распространения в основном достигается звукоизоляцией и звукопоглощением.

На производстве звукоизоляция реализуется устройством различных преград на пути распространения звуковых волн: кожухов, экранов, кабин, звукоизолирующих перегородок и т.п.

При этом звукоизолирующая способность ($ЗИ$) однородной преграды зависит от массы одного ее метра квадратного (m , кг/м²), частоты звука (f , Гц) и определяется по формуле

$$ЗИ = 20 \lg(m \cdot f) - 47,5, \text{ дБ.}$$

Звукопоглощение используется для снижения отражения звуковой энергии от поверхностей преграды и увеличения ее шумозащитной способности, а также увеличения звукопоглощающего фонда внутри производственных и других помещений и улучшения их акустических характеристик (сокращения времени реверберации).

Для звукопоглощения используются пористо-волоконистые материалы,

звукопоглощающие свойства которых зависят от структуры материала, толщины слоя, частоты звука и наличия воздушного промежутка между слоем материала и отражающей поверхностью.

В пористых материалах энергия звуковых волн частично переходит в тепловую за счет трения воздуха в порах.

В качестве звукопоглощающих материалов применяют ультратонкое стекловолокно, минеральную вату, пористый . поливинилхлорид, древесно-волокнистые и минераловатные плиты на . различных связках с окрашенной и перфорированной поверхностью, различные пористые плиты на цементе и извести.

Улучшения акустических характеристик производственных и иных помещений добиваются увеличением их эквивалентной площади звукопоглощения путем размещения на внутренних поверхностях звукопоглощающих облицовок, а также использованием штучных звукопоглотителей и кулис (если площадь поверхностей облицовки мала, т.е. < 60% от общей площади внутренних поверхностей помещения), представляющих собой объемные емкости правильной геометрической формы, заполненные звукопоглощающим материалом, и подвешиваемых к потолку равномерно по помещению или над источниками шума.

Для изготовления корпусов кулис и штучных звукопоглотителей используется листовое железо с перфорацией.

Наибольший эффект при акустической обработке помещений достигается в точках, расположенных в зоне отражаемого звука, при этом акустически обработанная поверхность, как упоминалось, должна составлять не менее 60% от общей площади ограждающих помещение внутренних поверхностей.

Эффективность акустической обработки помещения (в зоне отраженного звука) определяется по формуле

$$\Delta L_{обл.} = 10 \lg B_2 / B_1, \text{ дБ.}$$

Здесь B_1 и B_2 — постоянные помещения до и после облицовки.

$B_1 = A_1(1 - \alpha_1)$, где $\alpha_1 = A_1 / S_n$, где S_n — площадь внутренних поверхностей до облицовки, A_1 — эквивалентная площадь звукопоглощения до проведения акустической обработки помещения, м^2 , и может быть определена по времени реверберации помещения (T , с): $A = V/T$, где V — объем помещения, м^3 ; α_1 — средний коэффициент звукопоглощения.

$B_2 = A_2 \times (1 - \alpha_2)$, где $(\alpha_2 = A_2 / S_n)$, A_2 — эквивалентная площадь звукопоглощения после его акустической обработки. $A_2 = \Delta A + A_1$, где ΔA — дополнительное поглощение, вносимое акустической обработкой ($\Delta A = \alpha_{\text{обл}} \cdot S_{\text{обл}}$);

α_2 — средний коэффициент звукопоглощения после обработки помещения.

Основными методами борьбы с аэродинамическими шумами является применение глушителей, вставляемых в сечения истечения газов, и звукоизоляция источников, поскольку меры по их снижению в источнике образования малоэффективны.

Для снижения шума аэродинамических установок и систем (вентиляционные установки, газотурбины, компрессоры и др.) применяются поглощающие (абсорбционные), отражающие (реактивные) и комбинированные глушители.

Наиболее простым абсорбционным, глушителем является трубчатый глушитель, представляющий собой отрезок перфорированной трубы круглого или прямоугольного сечения (по форме газопровода), облицованного звукопоглощающим материалом (супертонкое стекловолокно, капроновое волокно и др.) и укрытого металлическим кожухом (рис. 2.1).

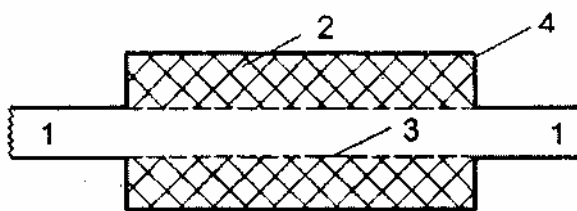


Рис. 2.1. Трубчатый абсорбционный глушитель: 1 - аэродинамическая труба; 2 - звукопоглощающий материал; 3 - перфорированный трубопровод; 4 - металлический кожух

В глушителях реактивного типа шум на выходе снижается за счет отражения энергии звуковых волн в системе расширительных и резонансных камер, соединенных между собой последовательно с воздухопроводом (рис. 2.2).

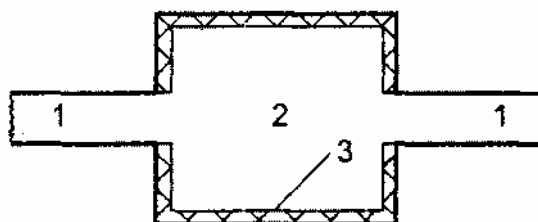


Рис. 2.2. Камерный реактивный глушитель: 1 - воздухопровод; 2 - расширительная камера; 3 - звукопоглощающая облицовка

Внутренние поверхности этих камер могут облицовываться звукопоглощающим материалом, тогда в низкочастотной части звуковой волны они работают как отражатели, а в высокочастотной — как поглотители звуковой энергии.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Описание экспериментальной установки

Лабораторная установка для исследования шума и оценки эффективности различных методов его снижения состоит из двух одинаковых по размерам камер, имитирующих производственное помещение (рис.2.3).

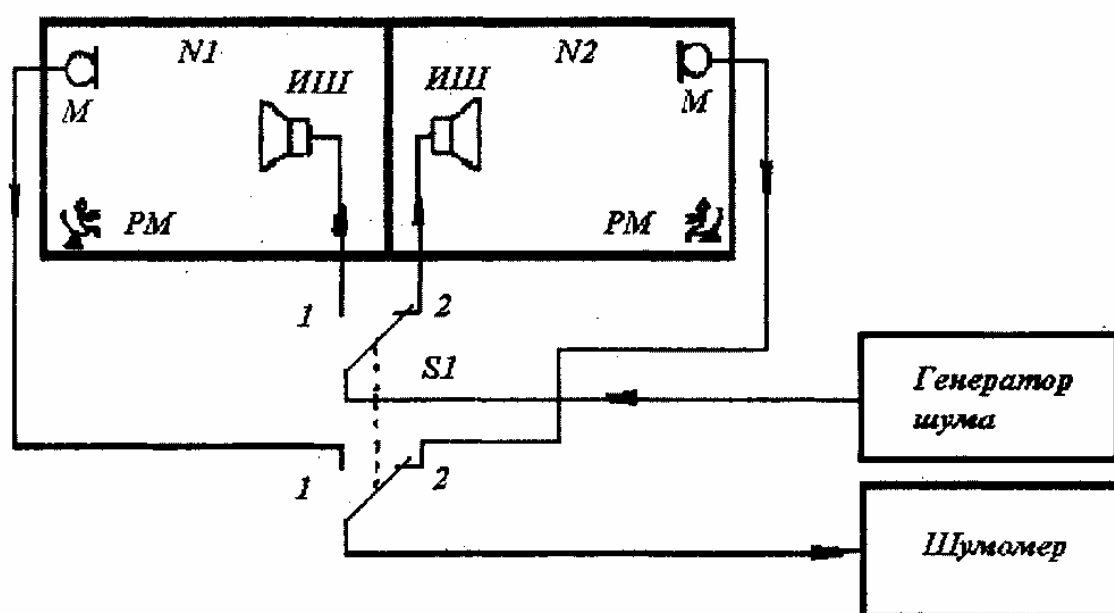


Рис.2.3. Общая схема лабораторной установки

В качестве источника шума в этих камерах используются динамики, которые воспроизводят с магнитофона запись постоянного производственного шума или широкополосный шум от генератора.

Для измерения характеристик шума до и после применения средств по его снижению в камерах, где расположено рабочее оборудование, установлены микрофоны, соединенные с шумомером.

Камера 1 предназначена для исследования эффективности шумопоглощения при акустической обработке производственных помещений, поэтому ее внутренние поверхности покрыты звукопоглощающим материалом, а камера 2 - для гигиенической оценки шумового режима на рабочем месте и исследования

Электрический сигнал шума с генератора через тумблер 81 поступает к динамику первой и второй камеры. Динамик преобразует электрические сигналы в акустические, которые распространяются в камере в сторону рабочего места (РМ). На РМ установлен микрофон, с которого электрический сигнал шума через тумблер 81 поступает на вход шумомера для измерения.

1. С разрешения преподавателя включить в сеть лабораторную установку (рис.2.1) и произвести измерение октавных уровней звукового давления (ОУЗД) на среднегеометрических частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц и уровня звука в дБА без применения средств шумоглушения. Результаты измерений занести в табл. 2.1.

Результаты акустических измерений и расчетов

[illegible]

Окончание табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	ОУЗД и УЗ после установки звукоизолирующего кожуха (L_K)										
5	Эффективность кожуха ($\Delta L_K = L_\Phi - L_K$)										
6	После установки звукоизолирующей перегородки ($L_{ПЕР}$)										
7	Эффективность перегородки ($\Delta L_{ПЕР} = L_\Phi - L_{ПЕР}$)										
8	После установки акустического экрана ($L_{ЭКР}$)										
9	Эффективность экрана ($\Delta L_{ЭКР} = L_\Phi - L_{ЭКР}$)										
10	После звукопоглощающей облицовки стен ($L_{ОБЛ}$)										
11	Эффективность облицовки ($\Delta L_{ОБЛ} = L_\Phi - L_{ОБЛ}$)										

2. Из табл. 2.2 выбрать и занести в табл. 2.1 допустимые уровни звука и ОУЗД на рабочих местах, учитывая по табл. 2.3 производственные условия для каждого студента в бригаде.

Таблица 2.2

Допустимые октавные уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах в производственных помещениях

№ п/п	Рабочие места производственных помещений	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со следующими среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука и эквивалентные уровни звука, дБА
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Научная деятельность, программирование, конструирование и проектирование, преподавание и обучение в лабораториях для теоретических работ и обработки данных	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Помещения управления (рабочие комнаты)	79	70	68	58	55	52	50	49	60
3	Помещения и участки точной сборки, машинописные бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, помещения для размещения шумных агрегатов	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятия	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Таблица 2.3

Производственные условия на рабочих местах
в производственных помещениях

Порядковый номер студента в бригаде	Вид помещения и тип выполняемых работ
1	Помещения (участки) точной сборки
2	Помещения для размещения шумных агрегатов вычислительных машин
3	Помещения для теоретических работ и обработки экспериментальных данных
4	Кабины наблюдения и дистанционного управления речевой связью по телефону
5	Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях

3. Произвести гигиеническую оценку акустических условий труда сопоставлением измеренных и допустимых уровней шума. Записать в табл. 2.1 значение требуемого снижения УЗД в октавных полосах частот и требуемого снижения уровня звука (L_{TP}).

4. Произвести необходимые измерения для оценки эффективности исследуемых методов и средств защиты от шума согласно п. 4-11 (табл. 2.1).

5. Сделать вывод о наиболее эффективном методе снижения шума в рабочей зоне (на рабочем месте) и подобрать приемлемый метод для нормализации шумового режима в соответствии с видом помещения и выполняемых работ.

6. Исследовать эффективность абсорбционных (поглощающих), реактивных (отражающих) и комбинированных аэродинамических

4	На выходе поглощающего глушителя N_2 : $\varnothing$ перфор. 3мм; % перфор. 10- 15. Поглот. -капроновое волокно, L_3									
5	Эффективность поглощающего глушителя N_2 : $\mathcal{E} = 10\lg L_1 / L_3$,дБ									

Окончание табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	На выходе реактивного глушителя – резонансной камеры $f_o \approx 200$ Гц, (L_4)									
7	Эффективность резонансной камеры с $f_o \approx 200$ Гц, $\mathcal{E} = 10\lg L_1 / L_4$,дБ									
8	На выходе комбинированного глушителя (резонансная камера с $f_o \approx 200$ Гц, облицованная изнутри пористым поролоном), L_5									
9	Эффективность комбинированного глушителя $\mathcal{Y} = 10\lg L_1 / L_5$,дБ									
10	Наиболее эффективный глушитель (с учетом звукового диапазона)	Вывод:								

7. По проделанной работе подготовить письменный отчет, в котором представить:

7.1. Наименование и цель работы.

7.2. Таблицы с результатами измерений и расчетов.

7.3. Сравнительный анализ изученных в данной работе средств и методов шумоглушения и выводы об их эффективности.

7.4. Рекомендуемый метод и средство снижения шума до допустимых уровней в помещении согласно индивидуальному заданию.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите возможные последствия воздействия шума на организм человека.

2. Назовите основные характеристики шумов и объясните их физическую сущность.

3. Укажите особенности формирования звукового поля в открытом пространстве и в помещении.

4. Укажите особенности взаимодействия звуковой волны с преградой на пути ее распространения.

5. Объясните принцип нормирования шумов.

6. Как осуществляется гигиеническая оценка акустических условий труда?

7. Чем определяется эффективность звукоизоляции?

8. В чем сущность звукопоглощения?

9. Какие технические средства применяются для измерения и анализа шумов?

ЛИТЕРАТУРА

1. СН 9-86 РБ98. Шум на рабочих местах. Предельно допустимые уровни.

2. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Под ред. Е.А. Юдина. – М: Машиностроение, 1985.