

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ И СПОСОБОВ ОСЛАБЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА

Цель работы: ознакомление с основными понятиями о производственном шуме, методами его санитарно-гигиенического нормирования, методами измерения и нормирования шумовых характеристик машин, методами снижения шума на рабочих местах, изучение приборов и методик их применения, изучение нормативных документов по шуму и борьбе с ним.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К РАБОТЕ

Шум представляет собой сочетание звуков, различных по частоте и интенсивности в частотном диапазоне 16-20000 Гц, не несущих полезной информации. В каждой точке пространства, в котором распространяются звуковые волны, давление и скорость движения частиц воздуха изменяются во времени. При колебаниях частиц воздуха, вызванных прохождением звуковой волны, возникает избыточное (относительно атмосферного) давление, называемое звуковым давлением P , Па. Энергия, переносимая звуковой волной в единицу времени через единицу поверхности, характеризуется интенсивностью звука I , Вт/м². Для простейшего случая плоской волны

$$I = \frac{P^2}{\rho c} \quad (1)$$

где P - звуковое давление, Па; ρ - плотность воздуха, кг/м³; c - скорость звука в воздухе, м/с.

Интенсивность звука и звуковое давление принято выражать в относительных единицах, называемых соответственно уровнем интенсивности звука и уровнем звукового давления. Размерность относительных единиц децибел (дБ). Уровень звукового давления численно равен уровню интенсивности и может быть определен как

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0} \quad (2)$$

где I_0 и P_0 - соответственно минимальные (порог слышимости) значения интенсивности звука и звукового давления частотой 1000 Гц, воспринимаемые человеком ($I_0 = 10^{-12}$ Вт/м², $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па).

Максимальные значения уровней, которые воспринимаются человеком с ощущением боли в ушах, (порог болевого ощущения) составляют 140 дБ что соответствуют $I = 10^2$ Вт/м² или $P = 2 \cdot 10^2$ Па.

Распределение энергии звуковых колебаний по диапазону частот (спектр шума) принято оценивать по значениям уровней интенсивности в октавных или третьоктавных полосах частот. Под октавой понимается полоса частот, в которой верхняя граничная частота f_B в два раза больше нижней граничной частоты f_H . Для удобства каждую октавную полосу обозначают одной величиной – среднегеометрической частотой

$$f_i = \sqrt{f_B \cdot f_H} \quad (3)$$

При одновременной работе N источников шума с различными уровнями интенсивности звука L_i суммарный уровень L_Σ определяется согласно принципу энергетического суммирования по формуле

$$L_\Sigma = 10 \lg \sum_1^N 10^{0.1 L_i} = 10 \left(\lg \sum_1^N I_i - \lg I_0 \right) \quad (4)$$

Если источники имеют одинаковые уровни интенсивности L_i , то эта формула приводится к виду

$$L_\Sigma = L_i + 10 \lg N \quad (5)$$

Чувствительность уха зависит от частоты и уровня звукового давления. Международная электротехническая комиссия утвердила в качестве стандартной частотную характеристику «А», приближающуюся к частотной характеристике чувствительности человеческого уха.

Уровень звука L_A связан с уровнем звукового давления в октавных полосах частот формулой

$$L_A = 10 \lg \left[\sum_1^9 10^{0.1 (L_j - \Delta_{Aj})} \right] \quad (6)$$

где Δ_{Aj} - корректирующая поправка для j -й полосы, j - номер октавной полосы.

Суммирование ведется по всем октавным полосам. Показания шумомера, полученные с использованием характеристики «А», называют уровнем звука с единицей измерения дБА (или просто дБА).

Кроме скорректированной частотной характеристики «А» применяются также частотные характеристики В и С.

Уровни звукового давления L_j и уровень звука L_A позволяют оценить степень опасности шума для людей.

Нормирование допустимого для человека шума ведется на основе ГОСТ 12.1.003-83 [1] в зависимости от спектра шума, характера его изменения во времени, вида производственной деятельности человека и т.д.

По характеру спектра шума подразделяются на *широкополосные и тональные*.

Широкополосными называются шумы, которые имеют спектр шириной более одной октавы.

Тональные шумы – это шумы, в спектре которых имеются выраженные дискретные тона.

Шум может считаться тональным, если его уровень в некоторой октавной полосе частот превышает уровень в соседних октавных полосах на 10 дБ и более.

По изменению во времени шумы разделяются на *постоянные и непостоянные*. Непостоянные шумы в свою очередь делятся на *колеблющиеся, прерывистые и импульсные*.

Постоянные шумы, уровень звука которых за рабочую смену изменяется не более чем на 5 дБА при измерении на временной характеристике "медленно" шумомера.

Непостоянные шумы – это шумы, выходящие за границы указанных ограничений.

В свою очередь непостоянные шумы делятся на *колеблющиеся, прерывистые и импульсные*.

Колеблющиеся во времени – шумы, уровень звука которых непрерывно изменяется во времени на 5 дБА и более при измерениях на временной характеристике "медленно".

Прерывистыми называются шумы, уровень звука которых резко изменяется, причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет не менее 1 с;

Импульсные шумы состоят из одного или нескольких звуковых сигналов каждый длительностью менее 1 с, а уровни звука, измеренные в дБА при временных характеристиках "импульс" и "медленно" шумомера, отличаются более, чем на 7 дБ.

Характеристикой постоянного шума, позволяющей произвести его санитарно-гигиеническую оценку, являются уровни звукового давления L_j , дБ, измеренные в октавных полосах, или уровни звука L_A , дБА, измеренные на временной характеристике "медленно" шумомера.

Характеристикой любого непостоянного шума является интегральный критерий - эквивалентный по энергии уровень звука. Эквивалентный по энергии уровень звука $L_{AЭ}$, дБА (или уровень звукового давления в октавной полосе частот $L_{jЭ}$, дБ) численно равен уровню постоянного широкополосного шума, который оказывает на человека равное (эквивалентное) действие. Расчет эквивалентного уровня звука производят по формуле

$$L_{AЭ} = 10 \lg \sum_{i=1}^k n_i 10^{0,1L_{Ai}} - 10 \lg N_{Э} , \quad (7)$$

где n_i - число отсчетов значений уровня звука в интервале i ; L_{Ai} - среднее значение уровня звука i -го интервала, дБ; $N_{Э}$ - общее число отсчетов; k - число интервалов.

При измерении непостоянных шумов в соответствии с ГОСТ 20445-75 отсчеты уровней звука следует производить с интервалом 5 – 6 с. Продолжительность измерений в одной точке должна быть не менее 30 мин, а количество отсчетов 360.

Измерения шума на рабочих местах должны производиться не реже одного раза в шесть месяцев. Минимальное количество точек измерения в рабочей зоне – три. Для постоянных шумов измерения следует производить не менее трех раз в каждой точке. Микрофон располагается на высоте 1,5 м от уровня пола (если работа выполняется стоя) или на высоте головы человека. Он должен быть направлен в сторону источника шума и удален не менее, чем на 0,5 м от человека, производящего измерения.

В условиях производства в большинстве случаев технически невозможно ослабить шум до очень малых уровней, поэтому при нормировании исходят не из оптимальных, а из допустимых условий, т.е. таких, при которых действие шума на человека проявляются незначительно.

Гигиеническое нормирование шума основано на задании предельно допустимых уровней звукового давления в октавных полосах частот (предельных спектров). Предельные спектры обозначают сокращением ПС с цифровым индексом, соответствующим уровню звукового давления в децибелах в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц, через который проходит данный спектр. Так, например ПС – 80 обозначает предельный спектр, проходящий на частоте 1000 Гц через 80 дБ.

Нормы допустимого шума на рабочих местах регламентированы ГОСТ 12.1.003-83. Выдержки из этого стандарта приведены в Приложении I.

Для тонального и импульсного шума допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука следует принимать на 5 дБ меньше значений для широкополосных шумов, принятых для тех же условий работы.

Максимальный уровень звука, колеблющегося во времени, и прерывистого шума на рабочих местах не должен превышать 110 дБА при измерениях на характеристике "медленно", а максимальный уровень звука импульсного шума на рабочих местах не должен превышать 125 дБА при измерениях на характеристике шумомера "импульс".

Запрещается даже кратковременное пребывание людей в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе частот.

Шумовая характеристика машины – это технический показатель машины при строго регламентированных режимах ее работы в условиях испытаний. Основной шумовой характеристикой машины в соответствии с ГОСТ 12.1.023 – 80 являются уровни звуковой мощности L_{Pj} в октавных полосах частот или скорректированный уровень звуковой мощности L_{PA}

$$L_{PA} = 10 \lg \sum_{j=1}^9 10^{0,1(L_{Pj} - \Delta_{Aj})}, \quad (8)$$

где Δ_{Aj} – корректирующая поправка, соответствующая частотной характеристике A, дБ.

В научно-технической документации на машины должны быть указаны предельно-допустимые значения шумовых характеристик (ПДШХ). Эти

значения устанавливают исходя из требований обеспечения на рабочих местах допустимых уровней шума в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 при учете одновременной работы нескольких машин в помещении при их групповой установке в типовых условиях эксплуатации. Если источник шума соответствует ПДШХ, то это означает, что при типовых условиях установки и эксплуатации шум вблизи него не будет превышать допустимых уровней.

ПДШХ задают в виде спектра, представляющего собой совокупность предельно-допустимых уровней звуковой мощности $L_{pн}$ в октавных полосах частот, либо в виде предельно допустимого значения скорректированного уровня звуковой мощности $L_{pАн}$. Значения ПДШХ вычисляют по формуле

$$L_{pн} = L_{н} + 10 \lg \frac{S}{S_0} - \Delta_y, \quad (9)$$

где $L_{н}$ – предельно допустимый уровень звука или уровень звукового давления; S – площадь измерительной поверхности в виде полусферы радиусом R , в центре которой находится источник шума; $S_0 = 1 \text{ м}^2$; Δ_y – поправка на групповую установку машин в типовых условиях эксплуатации.
 $S = 2\pi R^2$

Когда значение шумовых характеристик машин, соответствующих лучшим мировым достижениям аналогичной техники, превышает значение, обеспечивающее на рабочих местах уровни звука, удовлетворяющие ГОСТ 12.1.003-83, то стандартами или техническими условиями на машины допускается устанавливать на ограниченный срок технически достижимые шумовые характеристики (ТДШХ). В этих случаях для выполнения требований ГОСТ 12.1.003-83 следует применять дополнительные средства и методы защиты от шума (коллективные или индивидуальные). ТДШХ должны быть обоснованы результатами измерения шумовых характеристик, данными об уровнях звуковой мощности лучших машин, выпускаемых за рубежом, анализом способов и средств снижения шума, используемых в машине, мероприятиями по снижению шума до допустимых уровней.

ТДШХ определяется либо по формуле (8), либо по формуле (9) с подстановкой реального измеренного значения уровня звукового давления взамен нормативного, взятого из ГОСТ 12.1.003-83.

Для измерения шумовых характеристик может быть использован один из пяти методов:

- точный метод в реверберационной камере по ГОСТ 12.1.025-81;
- точный метод в заглушенной камере по ГОСТ 12.1.024-81;
- технический метод в реверберационном помещении по ГОСТ 12.1.027-80;
- технический метод в свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью по ГОСТ 12.1.028-80;
- ориентировочный метод по ГОСТ 12.1.026-80.

В лабораторной работе измерение шумовых характеристик ведется либо точным методом в заглушенной камере, либо техническим методом в свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью, либо ориентировочным методом.

Точный метод в заглушенной камере по ГОСТ 12.1.024-81 распространяется на все источники шума, создающие в воздушной среде все виды шумов, как по частотному составу, так и по временным характеристикам. Объем заглушенной камеры должен быть не менее, чем в 200 раз больше объема источника шума и не менее 100 м³.

При расчете L_{pj} и L_{pa} по точному методу учитывается влияние атмосферного давления и температуры воздуха на затухание звука в воздухе, для чего вводится поправка.

Технический метод в свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью по ГОСТ 12.1.026-80 распространяется на все виды шума. Максимальный размер источника шума равен 15 м. Измерения могут производиться на открытых площадках, в заглушенных камерах, в помещениях. При проведении измерений техническим методом в помещении или в заглушенной камере необходимо в результаты расчетов вносить поправку K_j , учитывающую влияние отраженного звука.

Ориентировочный метод по ГОСТ 12.1.028-80 распространяется на все виды шумов. Метод следует применять, если точный или технический методы не могут быть применены или их применение не вызвано технической необходимостью. Измерения производятся на открытых площадках или в помещениях, где установлено оборудование.

Оценка шумовых характеристик источника шума каждым из описанных методов включает следующие операции:

- измерение уровней звукового давления (или уровней звука) в точках, равномерно распределенных по измерительной поверхности;
- определение истинных значений уровней звукового давления L_{ji} , дБ (или уровней звука L_{Ai} , дБА) в i точках;
- вычисление средних по измерительной поверхности уровней звукового давления L_{jm} , дБ (или уровней звука L_{Am} , дБ);
- вычисление значений шумовых характеристик;
- сравнение шумовых характеристик с ПДШХ.

Определение уровней L_{ji} и L_{Ai} производятся шумомером в 10 точках, лежащих на полусферической поверхности, в центре которой находится источник шума. Схема расположения точек на измерительной поверхности приведена в справочных материалах к лабораторной работе.

Вычисление шумовых характеристик источника производится по формулам, приведенным в табл.1, а значений ПДШХ – по формуле (9) с учетом поправки Δ_y на групповую установку машин.

В тех случаях, когда шумовая характеристика машин не удовлетворяет требованиям ПДШХ, необходимо провести дополнительные мероприятия по снижению шума, излучаемого источником.

Классификация средств и методов защиты от шума приведена в ГОСТ 12.1.029-80. Все средства и методы по отношению к защищаемому объекту делятся на средства индивидуальной и коллективной защиты.

Средства индивидуальной защиты применяются в тех случаях, когда технически невозможно или экономически нецелесообразно применять средства коллективной защиты. Средства коллективной защиты по отношению к источнику возбуждения шума делятся на снижающие шум в источнике и снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта.

Снижение шума в источнике его возникновения может осуществляться уменьшением сил, вызывающие акустические колебания, увеличением внутреннего механического импеданса машины за счет увеличения массы станин и фундаментов, внутренней виброизоляции за счет применения упругих элементов в конструкции машины, уменьшением площади излучающей поверхности.

В тех случаях, когда современное состояние техники не позволяет снизить шум в источнике до допустимых пределов, дальнейшая борьба с ним ведется с помощью мер, препятствующих распространению шума. К числу таких мер относятся звукоизоляция и звукопоглощение. Все применяемые виды звукоизоляции могут быть представлены тремя схемами:

1. звукоизоляция самого источника (звукоизолирующая оболочка машины);
2. звукоизолирующая перегородка между шумным и защищаемым помещениями;
3. звукоизолирующая оболочка вокруг человека или его рабочего места (звукоизолирующая кабина).

При падении звуковой волны на преграду энергия частично отражается, частично проникает в преграду и поглощается в ней, превращаясь в тепло, а частично излучается по другую сторону преграды. При звукоизоляции используется как отражение звуковой волны, так и ее поглощение в материале преграды.

Звукоизолирующая способность преграды или кожуха оценивается коэффициентом τ , равным отношением интенсивности звука $I_{\text{пад}}$ в падающей на преграду волне к интенсивности $I_{\text{прош}}$ в волне, прошедшей преграду, $\tau = I_1/I_2$. С коэффициентом τ связана звукоизоляция преграды или кожуха, равная $R=10\lg\tau$, и измеряемая в децибелах.

Для увеличения звукоизоляции кожухи, перегородки обклеивают слоем звукопоглощающего материала, выбираемого или рассчитываемого в соответствии со спектральным составом шума.

Способность материалов поглощать энергию звуковой волны оценивается коэффициентом звукопоглощения

$$\alpha = \frac{I_{\text{погл}}}{I_{\text{пад}}}, \quad (10)$$

где $I_{\text{погл}}$ - интенсивность звука, поглощенного материалом; $I_{\text{пад}}$ - интенсивность звука падающей волны.

Звукоизоляция машины, заключенной в кожух с нанесенным на него звукопоглощающим материалом, может быть оценена как

$$R_M = R + 10 \lg \alpha \quad (11)$$

Первый член в этой формуле представляет собой величину снижения шума, обусловленную звукоизолирующим действием самого кожуха, а второй - характеризует накопление звуковой энергии внутри кожуха. Наилучшая звукоизоляция достигается при максимальном отношении α/τ .

Звукоизоляция основной преграды зависит от частоты звука и массы единицы ее поверхности как

$$R_j = 20 \lg \left(\pi f_j m_n \cdot \frac{1}{\rho_B C_B} \right), \quad (12)$$

где $m_n = \rho_n \cdot d$ - масса единицы поверхности преграды, кг/м²; ρ_n - удельная плотность материала преграды, кг/м³; d - толщина преграды, м; ρ_B - удельная плотность воздуха, кг/м³; C_B - скорость звука в воздухе, м/с; f_j - среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц.

Выражение (12) применимо для тонкостенных преград до частот 3-4 кГц. Значения ρ_B и C_B зависят от температуры, t^0 , °C и от атмосферного давления P_c , Па, и определяются следующим образом:

$$\rho_B = \frac{1,293}{1,01} \cdot P_c \cdot 10^{-5} \cdot \frac{273}{273 + t^0}, \quad (13)$$

$$C_0 = 331,45 \sqrt{\frac{273 + t^0}{273}}, \quad (14)$$

При расчете звукоизолирующей преграды необходимо определить ее толщину, обеспечивающую допустимое по ГОСТ 12.1.003-83 значение уровня шума. Расчет проводится по формуле

$$d = \frac{\rho_B C_0}{\pi f_j \rho} \cdot 10^{\frac{R_{jT} + 3}{20}}, \quad (15)$$

где R_{jT} - требуемое значение звукоизоляции преграды в j -й октавной полосе частот.

Коэффициент звукопоглощения различных материалов зависит от частоты звука и определяется экспериментальным путем в реверберационных камерах. Процесс реверберации-- многократного

отражения звуковой волны от стен помещения, определяющий гулкость помещения,-- характеризуется временем реверберации T_p , т.е. временем, необходимым для уменьшения уровня звукового давления на 60 дБ после прекращения действия источника звука.

Коэффициент звукопоглощения α определяется как отношение эквивалентной площади звукопоглощения A_j к площади внутренней поверхности помещения S_v , т.е.

$$\alpha_j = \frac{A_j}{S_v} \quad (16)$$

Для кожуха, не обработанного звукопоглощающим материалом:

$$\alpha = \frac{S_M}{S_K}, \quad (17)$$

где S_M -- площадь поверхности машины; S_K -- площадь поверхности кожуха.

Аналитические зависимости для определения шумовых характеристик

Определяемый параметр	Метод определения		
	точный	технический	ориентировочный
Среднее по измерительной поверхности значение уровня звукового давления L_{jm} , дБ	$10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum 10^{0.1 L_{ji}} \right)$	$10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum 10^{0.1 L_{ji}} \right) - K_j$	
Поправка на звукоотражение, K_j , дБ	0	$10 \lg \left(1 + \frac{4S}{A} \right)$	$10 \lg \left(1 + \frac{4S}{A} \right) \left(1 - \frac{A}{S_v} \right)^{-1}$
Уровень звуковой мощности L_{pjN} , дБ	$L_{jm} + 10 \lg \frac{S}{S_0} + C$	$L_{jm} + 10 \lg \frac{S}{S_0}$	
Поправка, дБ, на давление и температуру воздуха,	$-10 \lg \left(1.023 \cdot 10^{-5} P_c \sqrt{\frac{273}{273 + t}} \right)$	0	0

- Примечания:
1. Площадь измерительной поверхности $S = 2\pi R^2$, где R — радиус полусферы, м.
 2. A — эквивалентная площадь звукопоглощения измерительной камеры или помещения, м.
 3. S_v — площадь внутренней поверхности помещения, в котором проводятся измерения, м².
 4. P_c -- атмосферное давление, Па.
 5. t — температура воздуха, °С.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ИНСТРУКЦИЯ ПО РАБОТЕ С НИМ

2.1. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка для исследования шума состоит из звукоизолирующей камеры 2 (рис.1), магнитофона 3 с выносной акустической системой из двух колонок 1 и 4, первого шумомера 5, второго шумомера 7, октавных фильтров 6, 8.

Акустическая звукоизолирующая камера 2 изготовлена из дерева, оклеенного с внутренней стороны звукопоглощающим материалом ВТ-4. Специальной выдвижной рамкой, в которую вкладывается исследуемый звукоизолирующий материал, камера разделена на две части, в одной из которых размещена колонка 1 акустической системы магнитофона и микрофон шумомера 5, а в другой-- микрофон шумомера 7.

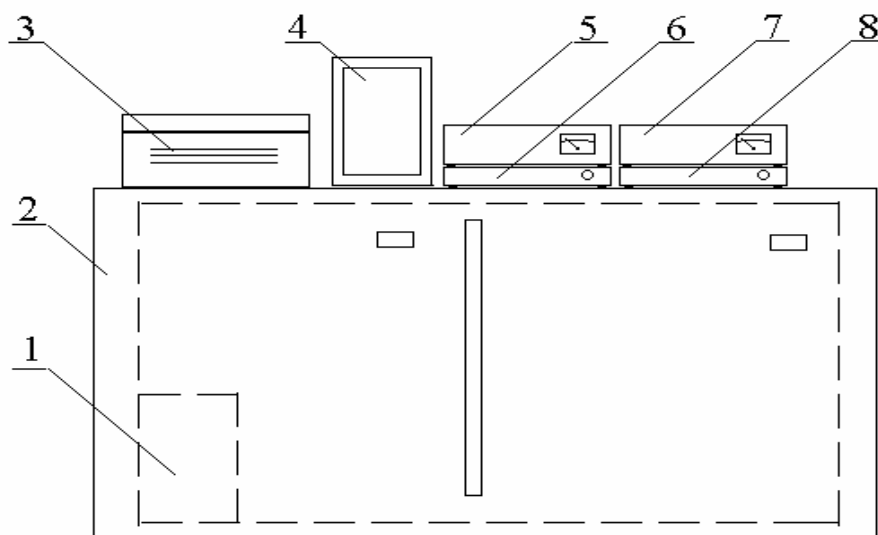


Рис. 1 Схема расположения приборов лабораторной установки

2.2. Магнитофон

Магнитофон используется с отдельной записью информации по каналам. Канал шума предназначен для записи исследуемого шума, другой канал используется для записи комментариев к исследуемому шуму. Магнитофон укомплектован двухканальной акустической системой с колонками типа 10АС403, причем колонка, воспроизводящая сигнал канала

шума, установлена в акустической камере, а колонка 4, воспроизводящая комментарии, находится вне камеры.

Все органы управления магнитофоном расположены на его лицевой панели. При выполнении лабораторной работы магнитофон используется в режиме воспроизведения и его настройка осуществляется ручками, расположенными на лицевой панели (рис.2).

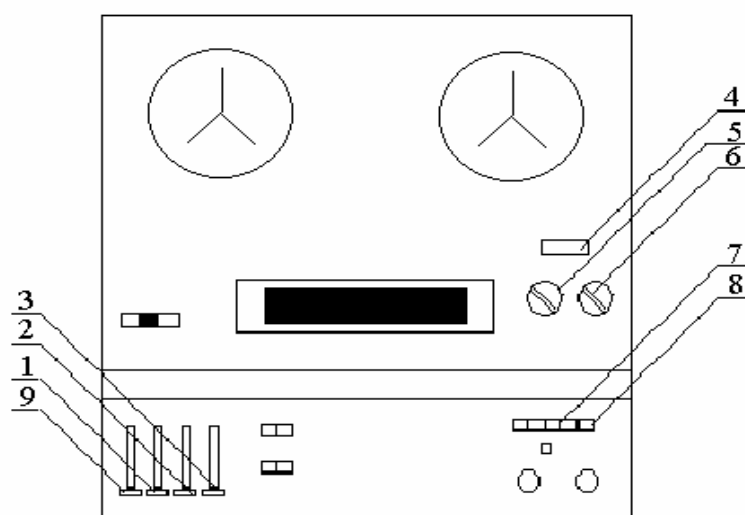


Рис. 2. Расположение органов управления магнитофоном

Ручкой переключателя скорости движения ленты 5 можно включить магнитофон, повернув ее из положения "0" (выключено) в положение "9,53см/с" или "19,05см/с". Перемотка ленты вправо ($\Rightarrow \Rightarrow$) или влево ($\Leftarrow \Leftarrow$) осуществляется ручкой 6. Пуск и остановка лентопротяжного механизма осуществляется нажатием соответственно кнопок 8 и 7. Регулировка громкости в канале шума осуществляется ручкой 3 (правая из ручек регулировки громкости), а регулировка громкости в другом канале осуществляется ручкой 2. Регулировка тембра высокой частоты и тембра низкой частоты осуществляется соответственно ручками 1(ВЧ) и 9(НЧ). Метраж магнитной ленты от начала отсчитывается по счетчику 4. Все записи выполнены на скорости 9,53 см/с. Во избежание повреждения записи пользоваться другими органами управления запрещается.

2.3. Шумомер

Точный импульсный шумомер типа PS202 (ГДР) предназначен для определения уровня постоянного, переменного и импульсного шума, а при работе с внешними фильтрами типа OF101 позволяет производить

спектральный анализ шумов. Внешний вид шумомера с фильтрами приведен на рис.3, а частотные характеристики шумомера – на рис.4.

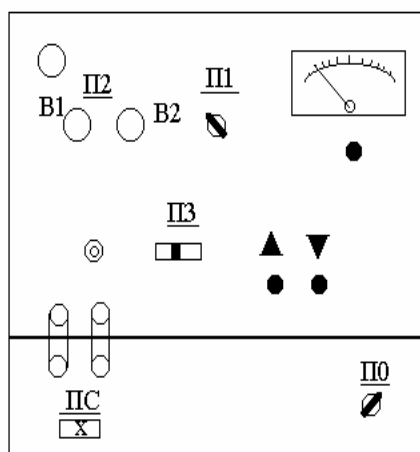


Рис. 3 Расположение органов управления шумомера и октавного фильтра

Основные технические характеристики шумомера

Полоса воспроизводимых частот:

электрическая

от 20 до 40000 Гц

акустическая с микрофоном МК102 и предусилителем

от 20 до 20000 Гц

Измеряемые уровни шума:

без частотной коррекции

от 35 до 140 дБ

с частотной характеристикой А

от 24 до 140 дБ

Частотные характеристики:

А,В,С, линейно (lin)

Временные характеристики: "быстро" (F), "медленно" (S), "импульс" (I).

Прибор имеет индикатор перегрузки измерительного тракта, размещенный на шкале стрелочного индикатора. Перегрузка индицируется при превышении установленного диапазона более чем на 12дБ.

Функциональная схема шумомера приведена на рис.5.

Шумомер работает следующим образом. Акустический сигнал в виде звукового давления преобразуется конденсаторным микрофоном в электрический сигнал, который с помощью предварительного усилителя, находящегося в одном корпусе с микрофоном, усиливается и через соединительный кабель подается на вход первого регулируемого усилителя. Сигнал с выхода первого усилителя через переключатель рода работы поступает на вход второго регулируемого усилителя либо непосредственно, либо через внутренние фильтры частотной коррекции (А,В,С,), либо через

внешний фильтр. На выходе второго регулируемого усилителя установлен квадратичный детектор с переключаемой постоянной времени, обеспечивающей измерение в режиме "быстро", "медленно", "импульс". Сигнал с выхода детектора поступает на стрелочный индикатор, рабочая шкала которого, обозначенная знаком Δ , проградуирована в децибелах. Для подключения внешних устройств в шумомере предусмотрен специальный разъем.

Все органы управления шумомером расположены на лицевой панели (рис.4). Для включения прибора служит переключатель рода работы П1. Положение переключателя "О" (крайнее левое) соответствует выключенному прибору.

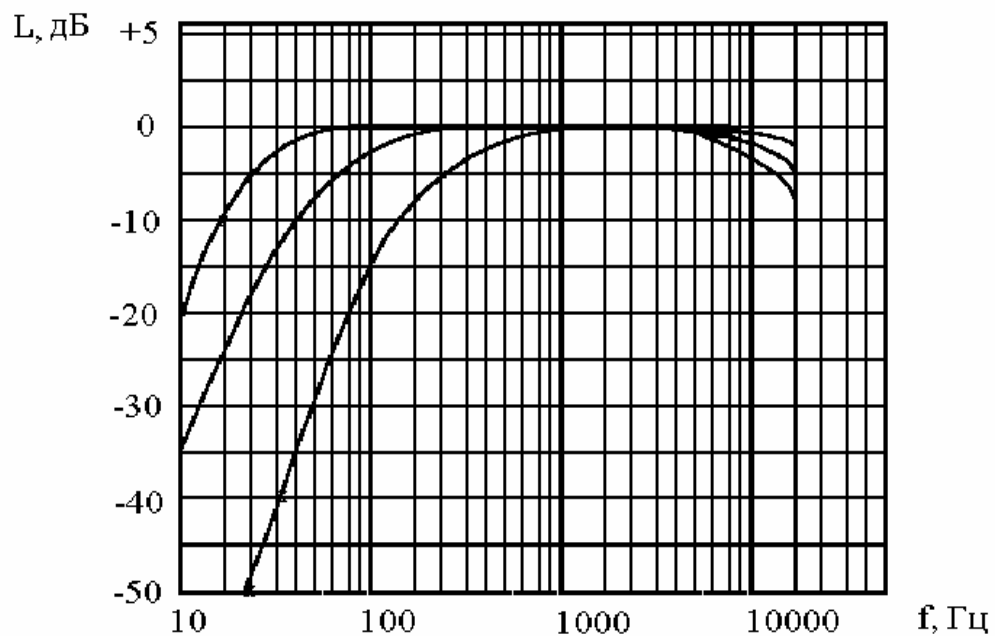


Рис. 4. Частотные характеристики шумомера

Переключателем П1 могут быть установлены следующие режимы:
 с постоянной времени "быстро" (F) и фильтрами частотной коррекции А,В,С, линейно (lin) и внешним фильтром (ext);
 с постоянной времени "импульс" (I) и фильтрами частотной коррекции А,В,С и внешним фильтром (ext);
 с постоянной времени "медленно" (S) и фильтрами частотной коррекции А,В,С, линейно (lin) и внешним фильтром (ext);
 режим калибровки шумомера, обозначенный знаком ∇ .

Для установки диапазона уровня измеряемого шума служат ручки В1 и В2 переключателя П2, работающие совместно и изменяющие коэффициент усиления первого (ручка В1) и второго (ручка В2) регулируемых усилителей. Величина установленного диапазона измерения определяется цифрой в

окошечке переключателя П2. Крайнее левое положение ручки В1 переключателя П2, обозначенное знаком Δ , предназначено для электрической калибровки шумомера и производить измерения при этом положении ручки В1 нельзя. Переключатель "контроль питания – контроль нуля" П3 предназначен для проверки исправности батарей при автономном питании и для установки нуля прибора на шкале Δ при его калибровке. В режиме измерения переключатель П3 должен находиться в среднем положении.

При подготовке к работе установите ручки В1 и В2 переключателя диапазона П2 в крайнее левое положение. Ручку переключателя П1 установите в положение "0" (крайнее левое). Подключите прибор к сети. Поверните ручку переключателя П1 вправо. При этом через некоторое время начнет мерцать индикатор включения прибора. После возвращения стрелки индикатора в исходное положение прибор готов к работе.

Установку диапазона уровня измеряемого шума после включения прибора производите ручкой В1 переключателя П2 поворотом ее вправо до отклонения стрелки индикатора в диапазоне от 0 до +10 дБ. Если ручкой В1 требуемый диапазон установить невозможно, то воспользуйтесь ручкой В2, поворачивая ее вправо. Если загорается индикатор перегрузки, то для получения точных результатов измерения перегрузку необходимо устранить поворотом ручки В2 влево. Если поворотом ручки В2 влево до упора перегрузку устранить не удастся, то поворачивайте ручку В1 влево до достижения необходимого значения диапазона.

Действительное значение уровня шумов равно

$$L = M_{П2} + M_{и}, \quad (18)$$

где $M_{П2}$ – значение диапазона измерения (цифра в окошке переключателя П2); $M_{и}$ – показания стрелочного индикатора на шкале дБ (Δ).

2.4. Октавный фильтр

Октавный фильтр OF101 используется в составе установки совместно с шумомером PSI202 для спектрального анализа шумов. Октавным фильтром называется такой фильтр, у которого верхняя частота полосы пропускания f_v , определенная по уровню «0,7», в два раза больше нижней частоты f_n (см. рис.4).

Фильтр OF101 позволяет проводить анализ в октавных полосах со средними геометрическими частотами 31,6, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000. При этом фильтр вносит в измерительный тракт шумомера дополнительное затухание в 10 дБ. Управление фильтром осуществляется двумя переключателями ПС ПО. Переключатель сопротивления нагрузки ПС должен быть установлен в крайнее левое положение. Переключатель полосы пропускания фильтра, обозначенный ПО или "средняя частота", позволяет выбрать требуемую полосу пропускания.

При проведении спектрального анализа шумов с помощью октавного фильтра необходимо переключатель шумомера П1 установить

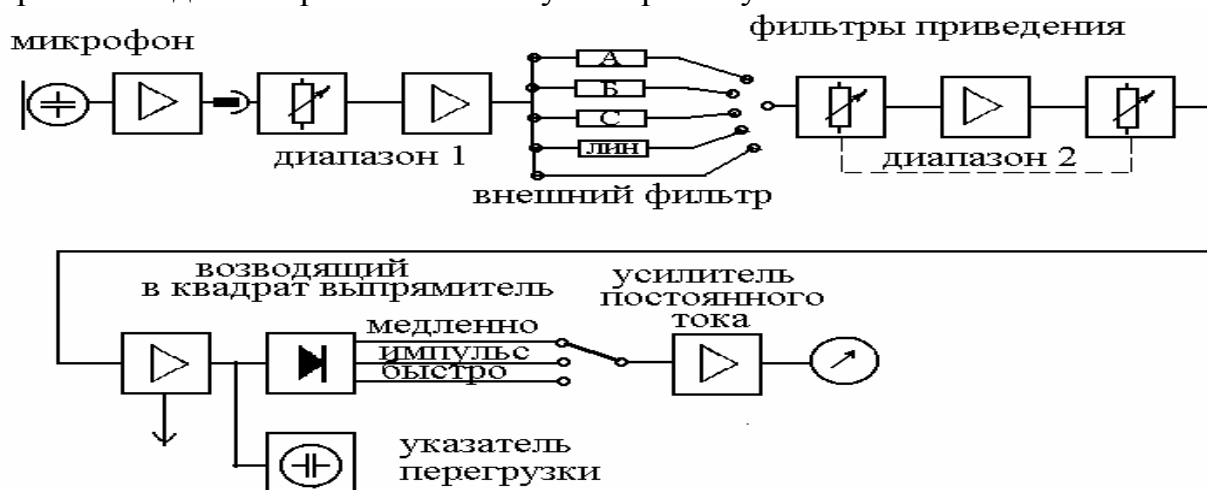


Рис. 5 Функциональная схема шумомера

в положение "линейно" (lin) с одной из требуемых постоянных времени. Согласно правилам работы с шумомером следует выбрать необходимый диапазон измерения, после чего переключатель П1 должен быть установлен в положение "внешний фильтр" (ext) с той же постоянной времени. Переключатель октавного фильтра ПО позволяет выбрать заданную полосу пропускания фильтра f_j . Поворотом вправо ручки В2 шумомера необходимо подобрать такое значение диапазона измерения ($M_{П}$), при котором стрелка индикатора отклоняется от 0 до 10 дБ.

Внимание!!! Положение ручки в1 шумомера при этом изменять нельзя.

По стрелочному индикатору шумомера PSI202 можно отсчитать показания. Действительное значение уровня звукового давления в октавной полосе частот составляет

$$L_j = M_{П2} + M_i + 10, \quad (19)$$

где $M_{П2}$ -- значение диапазона измерения, установленного переключателем П2 шумомера; M_i -- показания стрелочного индикатора.

Добавка в 10 дБ компенсирует затухание, вносимое октавным фильтром.

3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

В состав лабораторного оборудования входят электрические звуковоспроизводящие и измерительные приборы, поэтому при выполнении работы следует руководствоваться ГОСТ 12.3.019-80 "Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности".

В лабораторной установке используются стандартные приборы производства России и Германии, удовлетворяющие требованиям безопасности.

При выполнении лабораторной работы необходимо:

поддерживать на рабочем месте чистоту и порядок, соблюдать осторожность и быть внимательным;

немедленно отключить всю аппаратуру от питающей сети при появлении запаха гари, дыма, огня, необычного шума, при искрении оборудования;

при возникновении пожара на лабораторной установке следует немедленно отключить электропитание данной лаборатории, после чего применять для тушения пожара огнетушитель и воду из пожарного крана.

ВНИМАНИЕ!!! Ближайший огнетушитель и кран с пожарным рукавом находится у входа в лабораторию на лестничной площадке. Там же на электрощите расположен выключатель электропитания.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Применяя методы и приборы, рассмотренные выше, требуется исследовать шум на рабочих местах в производственном помещении, измерить эквивалентный уровень шума, определить шумовые характеристики машины, рассчитать основные параметры звукоизолирующего кожуха и преграды. Экспериментальные и расчетные данные должны служить основой для разработки рекомендаций. В результате выполнения рекомендаций шум на рабочих местах должен быть снижен до нормативного значения, т.е. до уровня, соответствующего требованиям ГОСТ 12.1.003-83 для конкретного вида трудовой деятельности.

4.1. Формирование исходных данных

В лабораторной работе необходимо выполнить (по заданию преподавателя) одно из следующих видов измерений:

- определение эквивалентного уровня шума;
- определение шумовых характеристик машины;
- определение звукоизолирующей способности кожуха или преграды.

Перед началом работы у преподавателя необходимо получить номер варианта, в котором приведены исходные данные для расчета (см. приложение 2) Полный набор исходных данных для вариантов выполнения лабораторной работы составляет следующие величины.

1. Нормативные для данного вида трудовой деятельности значения уровней звукового давления L_{jn} , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами f_j , Гц, задаваемые в виде предельных спектров (ПС).

2. Радиус измерительной поверхности R , м.

3. Поправка на групповую установку машин Δ_y , дБ.

4. Площадь внутренней поверхности помещения S_v , m^2 .

5. Среднее звукопоглощение в помещении или камере A_m , m^2 .

6. Средний коэффициент звукопоглощения α_m .

7. Материал звукоизолирующего кожуха или преграды, его плотность ρ_n , кг/м³.

8. Атмосферное давление P_c , Па, и температура воздуха в помещении t , °С. Температуру и атмосферное давление воздуха в помещении измерьте и запишите в протокол. Термометр находится на столе данной лабораторной работы, а барометр – на столе лабораторной работы № 1 (Исследование параметров микроклимата).

Предполагается, что магнитофон воспроизводит шум реальной машины, а также все остальные виды шумов без частотных и нелинейных искажений. Уровень помех при записи во всех случаях ниже уровня записываемого шума не менее чем на 20 – 25 дБ.

Воспроизведение отдельных записей шума сопровождается комментариями, записанными по второму каналу магнитофона и поясняющими очередность выполнения измерений, характер записей, положение микрофона на измерительной поверхности. Предполагается, что температура и атмосферное давление в момент воспроизведения равны значениям этих параметров в момент записи.

4.2. Проведение измерений

4.2.1. Измерение шума в производственном помещении.

Классифицируйте шум по спектральным и временным характеристикам. Для этого определите в октавных полосах 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц значения уровней звукового давления L_j и запишите их в протокол. Определите уровень шума L_A , путем проведения измерения шума на скорректированной частотной характеристике «А». Запишите наибольшее, наименьшее и среднее значение уровня шума за период наблюдения (не менее 10 минут). На основании полученных данных выделите характерные классификационные признаки и запишите их в протокол. Например, шум может быть классифицирован как «постоянный тональный», или «импульсный широкополосный», или др.

4.2.2. Измерение эквивалентного уровня шума $L_{AЭ}$.

Если в результате классификации шума в производственном помещении он определен как «непостоянный», то диапазон измерения шума оценивается по результатам предыдущего исследования. Если шум классифицирован как «тональный непостоянный», то измеряется уровень звукового давления в той октавной полосе, где наблюдается максимум спектра. В некоторых вариантах фонограмм ожидаемый диапазон измерения уровней шума сообщается при объявлении о начале воспроизведения записи. При этом предполагается, что запись произведена в других условиях, чем в предыдущем пункте исследований.

Весь диапазон разбивается на K ($K > 5$) интервалов, причем значение уровня звука L_{Ai} , соответствующее середине интервала, должно быть кратно

5 (т.е. 60, 65, 70 и т.д.), а верхняя и нижняя границы интервалов должны отстоять от среднего значения на ± 2 дБ соответственно (например, 58 – 62 дБ).

Запишите границы интервалов и средние значения каждого интервала в протокол. Отметку каждого отсчета в виде черточки заносите в строку таблицы протокола, предназначенную для данного интервала уровня звука.

Запишите показания шумомера с интервалом 5 – 6 с в течение времени Т. Затем определите максимальное и минимальное значения полученных результатов и заполните соответствующую таблицу.

4.2.3. Измерение шумовых характеристик машин.

Подготовьте в протоколе измерений таблицу 2. Установите на магнитофон пленку с записью шума машины. На пленке записан шум машины при перемещении микрофона по 10 точкам измерительной поверхности радиуса R. Каждая точка в таблице 3 обозначена своим номером с индексом «i». В каждой точке проведите измерение уровней звукового давления в октавных полосах со средними геометрическими частотами 125, 500, 1000 Гц и на скорректированной частотной характеристике «А» шумомера. Время воспроизведения шума в каждой точке составляет 2 минуты.

Включите магнитофон. В комментариях напоминает, в каком частотном диапазоне необходимо проводить измерения. Затем объявляется номер координаты точки установки микрофона на измерительной поверхности и воспроизводится шум, записанный в этой точке. Для измерения шума в заданной точке измерительной поверхности нужно выполнить следующие операции: установить переключатель П1 в положение »ВНЕШНИЙ», а переключатель ПО октавного фильтра установить последовательно в положение 125, 500, 1000(1к) Гц. Ручками В1 и В2 установить такой диапазон измерения, при котором стрелка индикатора шумомера будет находиться правее нулевой отметки прибора, но не более 10 дБ. Показания окна переключателя П2 суммировать с показаниями стрелочного индикатора и занести полученную сумму в протокол. Установить переключатель П1 шумомера в положение «А», ручками В1 и В2 установить нужный диапазон измерения, произвести отсчет и занести его в графу «А» протокола. Аналогично произвести измерения для остальных точек измерительной поверхности. Полученные результаты измерений обработать на ЭВМ.

Таблица 2

Номер индекса «i» точки измерения	L_i , дБ при f_i , Гц			L_{iA} , дБА
	125	500	1000	«A»
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

4.2.4. Измерение звукоизолирующей способности кожуха или преграды.

При измерении звукоизолирующей способности кожуха сначала воспроизводится шум машины, а затем шум той же машины, закрытой звукоизолирующим кожухом, причем координаты микрофона на измерительной поверхности не изменяются. Измерение уровней звука L_A и уровней звукового давления при заданных ранее значениях f_j проводятся только первым шумомером и его октавным фильтром. Полученные значения занести в протокол, обозначая L_{1A} (1) – уровень звука, измеренный первым шумомером при отсутствии на машине звукоизолирующего кожуха, L_{1A} (2) – то же при наличии кожуха. Аналогично L_{1j} (1), L_{1j} (2) обозначаются уровни звукового давления. При исследовании звукоизолирующих свойств преграды измерения проводятся обоими шумомерами. Фонограмма в этом случае воспроизводит постоянный по уровню и спектру шум. Запишите в протокол показания шумомера L_{1j} (1), L_{1A} (1), L_{2j} (1), L_{2A} (1), полученные при измерении без звукоизолирующей преграды между микрофонами шумомеров. Установите преграду и запишите в протокол показания шумомеров L_{1j} (2), L_{1A} (2), L_{2j} (2), L_{2A} (2) после установки звукоизолирующей преграды, перегородивающей всю звукоизолированную камеру на две части равных объемов. Звукоизолирующая преграда крепится в выдвижную рамку винтами.

Аналогично исследуют влияние звукоизолирующего покрытия на звукоизоляцию, измеряя уровни звука и звукового давления сначала с преградой без звукопоглощающего покрытия, а потом – с такой же преградой, но оклеенной звукопоглощающим материалом.

4.3. Выполнение расчетов, разработка рекомендаций

Результаты измерения шума в производственном помещении сравните с требованиями ГОСТ 12.1.003-83. В случае, если шум постоянный, найдите разность между измеренными L_j , L_A и нормативными L_{jn} , L_{An} значениями. Занесите полученные результаты в протокол.

Изобразите графически зависимость величины $(L_j - L_n)$ от f_j . Если разности будут положительными при каких-либо значениях f_j , то необходимо разработать рекомендации по снижению шума и записать их в протокол.

Рассчитайте $L_{AЭ}$ по формуле (1) и сравните его с нормативным значением.

Рассчитайте шумовые характеристики машины. Для этого рассчитайте поправку K_j и оцените возможность использования заданного в варианте метода измерения ШХ машины. Если препятствий для использования метода не имеется, то воспользуйтесь соответствующими формулами табл.1 и исходными данными из заданного варианта выполнения работы (Приложение 1). Рассчитайте K_j , K_m и занесите их в протокол. Определите усредненные по всем стандартным точкам измерительной поверхности значения уровня звука L_{Am} и уровней звукового давления L_{jm} . Результаты расчетов занесите в протокол. Рассчитайте по формуле (9) значения ПДШХ, обозначаемые L_{Pjn} , L_{PAn} , и уровни звуковой мощности машины L_{Pjn} , L_{PAn} . Найдите разность между измеренными и допустимыми значениями, изобразите ее графически как функцию от f_j . Сделайте выводы о пригодности машины к эксплуатации без дополнительных мер по снижению шума.

Рассчитайте ослабление шума кожухом $\Delta L_K = L_2(1) - L_2(2)$ или преградой $\Delta L_n = L_1(2) - L_2(2) - L_1(1) + L_2(1)$, используя экспериментально полученные значения уровней звука и уровней звукового давления в октавных полосах. Вычислите требуемое ослабление шума δL_T как разность между нормативными значениями уровней звука и звукового давления в октавных полосах, полученными после применения звукоизоляции, т.е. $\delta L_n = L_{jn} - L_{2j}$ (2) для кожуха и $\delta L_n = L_{jn} - L_{2j}$ (2) для преграды. Для отрицательных значений δL_T определите требуемую собственную звукоизоляцию кожуха $R_{jT} = |\delta L_T| - 10 \lg \alpha_j + 5$. Для кожуха, не покрытого изнутри звукопоглощающим материалом, коэффициент звукопоглощения α определяется по формуле (8). Если указан материал звукопоглощающего покрытия кожуха, то значения α_j , α_m выбираются из справочных таблиц для каждой октавной полосы. При расчете R_T для преграды значения α определяются как отношение площади преграды к звукопоглощению изолируемого от шума помещения, т.е. $\alpha_j = \frac{S_n}{A_j}$; $\alpha_m = \frac{S_n}{A_m}$. Площадь преграды равна площади окна рамки. Значения A_j и A_m определяются по

таблицам справочного материала при заданных значениях V и S_v . Используя закон масс для звукоизоляции, определите по формуле (4) теоретическое значение собственной звукоизолирующей способности преграды и сравните его с экспериментальным значением $R_{jц} = \Delta L_j - 10 \lg \alpha_j$ и требуемыми значениями. При расчете по закону масс помните, что он справедлив лишь для ограниченного диапазона частот. Применяемые в лабораторной работе сплошные тонкостенные преграды подчиняются закону масс в диапазоне от 100 Гц до 4 кГц, поэтому для более высоких частот можно считать значение $R_{jт}$ равным значению, полученному при $f_j = 4000$ Гц. Для ориентировочных расчетов можно применять формулу $R_{AT} = 13,5 \lg(\rho_n d) + 13$ дБ, которая оценивает звукоизоляцию по всему спектру шума с учетом частотной коррекции «А». Используя закон масс, вычислите по формуле (5) требуемую толщину преграды, приведя плотность воздуха и скорость звука в воздухе к условиям измерения.

По аналогичной методике можно, используя R_{jn} , вместо R_T определить приблизительное значение толщины материала звукопоглощающего кожуха. Зависимость требуемой толщины материала кожуха или преграды от частоты изобразите графически. Заключение об эффективности исследуемого кожуха или преграды и результаты вычислений занесите в протокол.

4.4. Отчет по лабораторной работе

Отчет представляет собой протокол измерений, в который занесены результаты измерений и расчетов, рекомендации и выводы по всем пунктам лабораторной работы и необходимые графические зависимости.

ВНИМАНИЕ!!! Все расчеты рекомендуется производить с использованием ЭВМ, находящейся в лаборатории и имеющей соответствующее программное обеспечение.

5. Библиографический список

1. Боголепов Н.И. Промышленная звукоизоляция. Л.: Судостроение, 1986. 368 с.
2. Лопашев Д.З., Осипов Г.Л., Федосеева Е.Н. Методы измерения и нормирования шумовых характеристик. М.: Издательство стандартов, 1983. 232 с.
4. Система стандартов безопасности труда. ГОСТ 12.0.001–82 –12.1.044–84. М.: Издательство стандартов, 1986. 447 с

Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах при
широкополосном шуме

Вид трудовой деятельности, ¹ рабочие места	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									Уровни звука и эквива- лентные
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	уровни звука,
	Уровни звукового давления, дБ									дБА
1. Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность: —рабочие места в помещениях дирекции, проектно - конструкторских бюро, расчетчиков, программистов ЭВМ, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных	86	71	61	54	49	45	42	40	39	50
2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно —управленческая деятельность, измерительная и аналитическая работа в лаборатории: _ -- рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях.	93	79	70	68	63	55	52	50	49	60

Вид трудовой деятельности, ¹ рабочие места	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									Уровни звука и эквива- лентные
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	уровни звука,
	Уровни звукового давления, дБ									дБА
3. Работа, выполняемая с частыми контрольными указаниями и акустическими сигналами, работа, требующая постоянного слухового контроля, операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа: — рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и диспетчерского управления с речевой связью по телефону, машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на ЭВМ	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производством: - рабочие места за пультами и в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов ЭВМ	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в п. 1-4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий.	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Варианты исходных данных
для выполнения лабораторной работы

Вариант- Т-	Параметры помещения и условия измерения						Параметры элементов защиты от шума			
	ПС, дБ	Δ_y , дБ	V, м ³	S _V , м ²	R, м	Метод измерения	A _м , м ² , (помещение, камера)	α_m кожух	ρ_n , кг/м ² ,	α_m преграда
1.	45	0	216	252	1	Точный	–	0,30	7800	–
2.	55	10	216	252	2	ТХ	200	–	7200	0,30
3.	75	6	324	360	3	О	100	–	8000	0,90
4	45	0	324	360	1	Точный	–	0,50	7800	–
5	55	10	324	360	2	ТХ	250	–	8000	0,35
6	80	3	432	432	5	О	54	–	7400	0,70
7	60	0	324	360	1,2	Точный	–	0,70	7800	–
8	55	6	432	468	3	ТХ	198	–	7700	0,70
9	75	6	648	648	3	О	160	–	7400	0,40
10	75	0	648	504	1	Точный	–	0,5–	7400	–
11	75	10	648	612	2	ТХ	250	–	7200	0,60
12	75	3	648	504	3	О	200		8700	0,35

Примечание: ТХ - технический метод; О - ориентировочный метод.