

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет

Кафедра электротехники
и возобновляемых источников энергии

621.311.24(075.8)
К434

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ И МЕТОДОВ БОРЬБЫ С НИМ

Методические указания
по научно-исследовательской практике

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2013

УДК 621.311.24(075.8)
К434

Одобрено
учебно-методической комиссией
энергетического факультета

К434 Исследование шума ветроэнергетической установки и методов борьбы с ним: Методические указания по научно-исследовательской практике/ сост.: И.М. Кирпичникова, Е.В.Соломин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 13 с.

Методические указания предназначены для преподавателей и магистрантов энергетического факультета, обучающихся по направлению 14040068 – «Электротехника и электроэнергетика».

Методические указания состоят из разделов, поясняющих теорию шума, его основных параметров и методов борьбы с ним. Приведены технические характеристики приборов, последовательность и методики проведения измерений.

УДК 621.311.24(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цель работы	4
1. Краткие теоретические сведения.....	4
2. Порядок выполнения работы	6
3. Последовательность проведения измерений.....	10
Выводы.....	12
Вопросы для самоконтроля	13
Библиографический список.....	13

Цель работы

- ознакомиться с приборами для измерений акустического шума;
- изучить методику измерения и нормирования производственного шума на рабочих местах;
- произвести оценку эффективности звукозащитных экранов и выбрать подходящий вариант;
- произвести расчет уровня шума.

1. Краткие теоретические сведения

Шум – один из видов звука. В промышленной акустике под термином «шум» понимают любой нежелательный в данных условиях звуковой процесс, т. е. всякий меняющийся и раздражающий звук есть шум. Физическая природа шума обусловлена колебательными движениями частиц упругой среды, распространяющимися в виде волн. Как физиологическое явление, шум определяется ощущением, воспринимаемым органом слуха при воздействии звуковых волн в диапазоне от 16 до 20000 Гц. Колебания ниже 16 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не воспринимаются человеческим ухом.

Звуковая волна характеризуется следующими параметрами: звуковым давлением, длиной волны, частотой, амплитудой колебания и скоростью звука.

Звуковое давление P – это дополнительно возникающее в упругой среде переменное давление при прохождении через нее звуковых волн. Единица измерения давления – паскаль, Па.

Длина волны λ – это расстояние, измеренное вдоль направления распространения, между ближайшими точками звукового поля, в которых фазы колебаний одинаковые.

Частотой f называется число колебаний в единицу Гц; а время, в течение которого совершается полное колебание, – периодом T , с.

Скорость звука c связана с длиной волны и частотой следующей зависимостью:

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

где c – скорость звука, м/с; λ – длина волны, м; f – частота колебаний, Гц.

Под интенсивностью звука (шума) понимают количество звуковой энергии, проходящей через единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения звуковой волны, Вт/м².

Соотношение между интенсивностью звука и давлением звука P имеет вид

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

где P – звуковое давление, Па; ρ – плотность среды, кг/м³; c – скорость звука, м/с.

Характерной особенностью абсолютных значений звукового давления, интенсивности звука является большой диапазон, в пределах которого они могут изменяться. Поэтому для удобства вычислений принято оценивать звуковое

давление, или интенсивность звука не в абсолютных, а в относительных единицах (белах, децибелах) по отношению к пороговым значениям. Измеренные таким образом величины называются уровнями.

Бел B – это десятичный логарифм отношения интенсивности звука в данной точке к пороговому значению:

$$B = \lg \frac{I}{I_0} \quad , \quad (3)$$

где I – интенсивность звука в данной точке, Вт/м²; I_0 – пороговое значение уровня интенсивности, $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Ухо человека способно фиксировать изменение силы звука на 0,1 Б, и эта величина получила название децибел, дБ.

Тогда уровни интенсивности или звукового давления L , дБ, определяется по формуле

$$L = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} = 10 \cdot \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \cdot \lg \frac{P}{P_0} \quad , \quad (4)$$

где P_0 – пороговое значение звукового давления, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Как сложный звук шум может быть разделен на простые составляющие его тоны с указанием их интенсивности и частоты. Графическое изображение состава шума называется спектром и является важнейшей его характеристикой. В зависимости от характера шума его спектр может быть линейчатым (дискретным), непрерывным (сплошным) и смешанным (дискретно-непрерывным). На предприятиях железнодорожного транспорта большинство источников шума имеет смешанный или сплошной спектр.

За среднюю частоту полосы обычно принимают среднегеометрическую.

При анализе шума весь диапазон частот разбивают на отдельные полосы. Октавная полоса – это полоса частот, в которой верхняя граничная частота f_g в 2 раза больше нижней f_n . В зависимости от частоты характер шума может быть низко-, средне- и высокочастотным. Низкочастотный шум имеет спектр с максимумом звукового давления в области частот ниже 300 Гц, среднечастотный – 300–800 Гц и высокочастотный – выше 800 Гц.

Уровни звукового давления не учитывают чувствительности слухового аппарата человека к звукам различной частоты и поэтому не дают правильного представления о громкости звука, т. е. о его физиологической характеристике. Ухо человека обладает наибольшей чувствительностью на средних и высоких частотах и наименьшей – на низких.

Звуки, одинаковые по уровню, но разные по частоте, воспринимаются на слух неодинаково громкими. Для учета различия в чувствительности слухового аппарата к звукам разной частоты, введено понятие уровня громкости звука, измеряемого в фонах. Под уровнем громкости данного звука понимают уровень

звукового давления равногромкого с ним на слух звука частотой 1000 Гц. Зависимость ощущения громкости простых звуков от уровня звукового давления и частоты иллюстрируется в виде кривых равной громкости. Каждая из этих кривых соответствует различным по частоте и уровню, но одинаковым по громкости звукам. Для оценки субъективного восприятия громкости звука введена специальная единица – сон. За единицу громкости 1 сон условно принят уровень громкости 40 фон.

Уровни шума на рабочих местах и на территории промышленных предприятий и селитебной территории городов и других населенных пунктов регламентируются следующими нормативными документами: ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и СНиП II-12-77 «Защита от шума». ГОСТ 12.1.003-83 устанавливает предельно допустимые уровни звукового давления на рабочих местах в зависимости от вида трудовой деятельности в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 800 Гц. СНиП II-12-77 устанавливает предельно допустимые уровни звукового давления для территорий, непосредственно прилегающих к жилым домам (в двух метрах от ограждающих конструкций). Нормативной характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является интегральный критерий – эквивалентный (по энергии) уровень звука, дБА, измеряемый по характеристике «А» шумомера.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума – это уровень шума, который при ежедневной работе (кроме выходных дней), но не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдельные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Допустимый уровень шума – это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

Для контроля фактических уровней шума на рабочих местах, оценки шумового режима в производственных помещениях и разработки рекомендаций по снижению шума его параметры измеряют специальными приборами – шумомерами. Шумомер позволяет определить уровень звукового давления, дБ, и поэтому эта величина используется для оценки воздействия шума на человека.

Защита от шума осуществляется различными способами.

ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты шума. Классификация» дает определение и общую классификацию методов и способов защиты. Так, средства защиты от шума по отношению к источнику подразделяются на методы, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта. Наиболее распространенным способом защиты от шума является метод, основанный на поглощении и отражении звука, который рассматривается в настоящей лабораторной работе.

2. Порядок выполнения работы

Ознакомьтесь с лабораторной установкой.

Для измерения параметров шума используется прибор VOLTcraft (Германия).

Инструкция по эксплуатации прибора VOLTcraft

Прибор для измерения уровня шума с аналоговым дисплеем в dB предназначен для измерения всевозможных звуковых волн с интенсивностью до 126 dB(A). Он применяется в строительстве, замерах акустической аппаратуры, свойств звукоизоляции и простых измерениях шума окружающей среды.

Прибор (рис.1) оборудован сверхчувствительным микрофоном, расположенным на конце прибора и преобразующим звуковые волны в напряжение электрического тока. Индикация возможна в различных режимах – dB(A) – аналоговый режим и dB(C) – цифровой режим. Дисплей может быть настроен на определенный уровень звука с помощью регулирующего колеса.



Рис. 1. Прибор VOLTcraft для измерения шума: 1 – капсула микрофона; 2 – переключатель демпфера (глушителя) звуковых колебаний; 3 – колесо регулирования и вкл/выкл прибора; 4 – выбор фильтра; 5 – аналоговый дисплей; 6 – отсек батареи; 7 – калибровочный потенциометр; 8 – адаптер для треноги; 9 – гнездо выхода.

Тест батареи

Установите колесо демпфера 3 в позицию Batt. При хорошем заряде батареи стрелка должна попасть на красное поле Batt-Test аналогового дисплея 5. В противном случае необходимо заменить батарею.

Выбор фильтра

Весовой фильтр выбирается переключателем 4.

В позиции А прибор измеряет шум, слышимый человеческим ухом. Как правило, в этом диапазоне измеряют обычный шум (автомобили, станки и т.д.).

В позиции С измеряют акустические сигналы и звуки физических тел (звуковые динамики и т.п.).

Частотный диапазон фильтров показан на рис. 2.

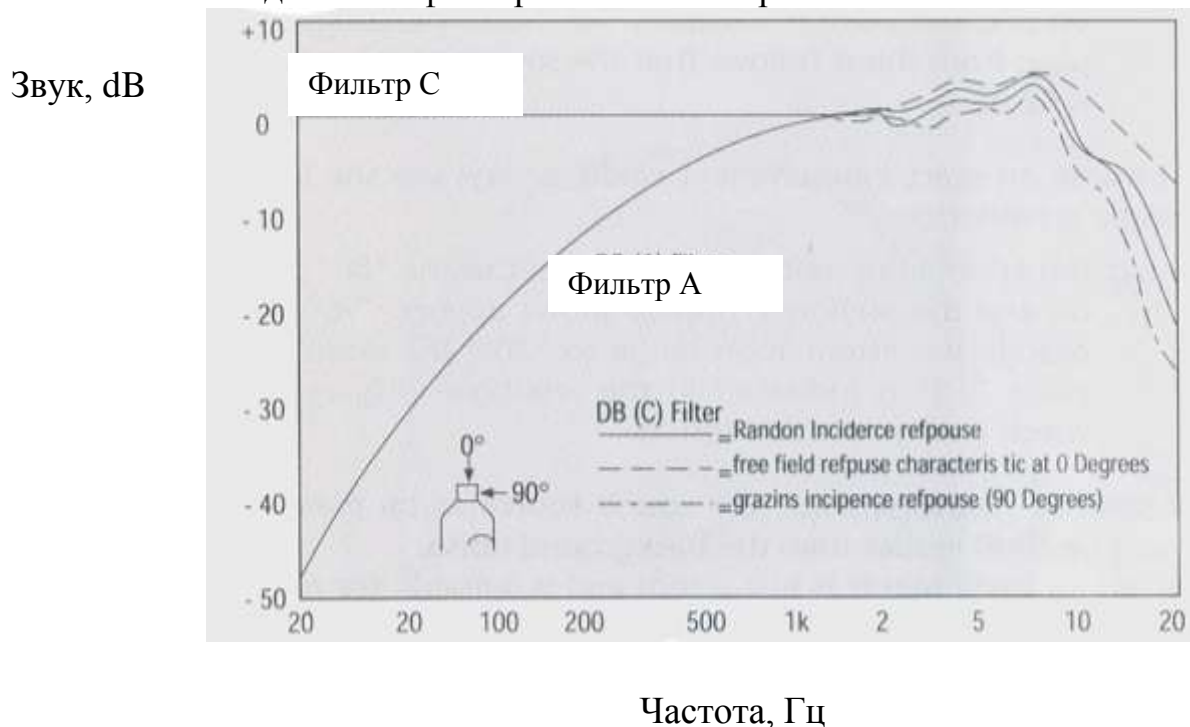


Рис. 2. Частотный диапазон фильтров А и С

Переключатель демпфера (глушителя) звуковых колебаний

Переключатель 2 можно выставить в одну из двух позиций.

Если шум измеряется кратковременно или должен быть измерен максимальный шум, поставьте переключатель в позицию FAST (быстро). Если измеряется средний шум, поставьте переключатель в позицию SLOW (медленно).

Колесико регулирования и вкл/выкл прибора

В начале процесса измерений выставьте колесико регулирования 3 на самый высокий уровень «120» дВ и постепенно снижайте уровень до получения визуального эффекта движения стрелки под воздействием шума.

Измерение производится следующим образом:

Например, колесо находится в позиции «80», а стрелка отклонилась на +2 на аналоговом дисплее 5. Тогда интенсивность звука составляет $80+2=82$ дВ(А).

Для достижения лучшего результата всегда выставляйте колесо регулирования на минимально возможный уровень.

Например, если колесо находится в позиции «80», а стрелка указывает на -6, лучше переключить колесо на позицию «70» и повторить измерения, чтобы

стрелка ушла в плюсовые значения. Т.о. +3 в этом случае будет означать 73 dB(A).

При измерениях необходимо, чтобы уровень шума был минимум на 10 dB(A) выше уровня окружающего фона.

Возможные ошибки

Если шум доносится только с одной стороны, не заслоняйте источник своим телом, оно может экранировать звуковые волны. Более того, ваше тело может отражать звук, создавая ошибку в измерениях. Нахождение на одной линии «шум-прибор-тело» также увеличивает ошибку измерений. Лучшим вариантом будет как показано на рис. 3.

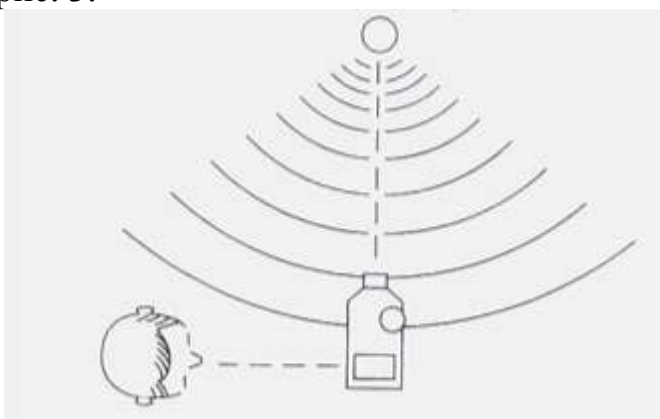


Рис. 3. Позиция исследователя при измерении шума

Характеристики встроенного микрофона показаны на рис.4.

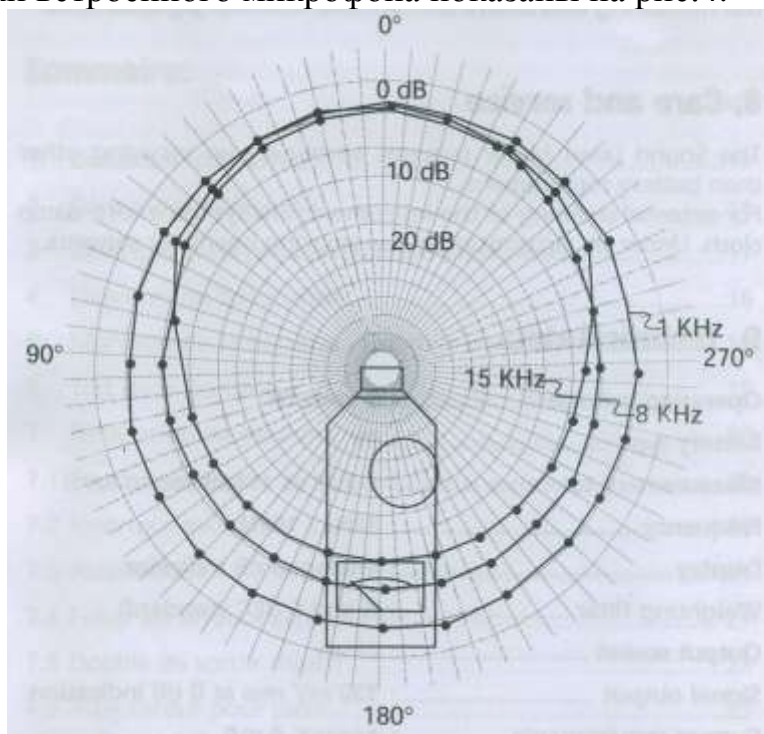


Рис. 4. Характеристики встроенного микрофона

Анализатор или записывающее устройство может быть подключено к разъему выхода. Выходной сигнал 330 mV rms на индикации 0 dB.

Прибор может располагаться на треноге 8.

Технические характеристики прибора VOLTCRAFT приведены в табл.1.

Таблица 1

Технические характеристики прибора VOLTCRAFT

Параметр	Значение
Напряжение прибора	9 В
Тип батареи	9 В
Погрешность измерений	+/- 2 dB на уровне шума 114 dB
Частота	32 Гц – 10 кГц
Дисплей	Аналоговый, dB(A) децибелы акустические
Весовой фильтр	A и C (стандарт IEC)
Выход	Стандартный
Выходной сигнал	330 mV rms на индикации 0 dB(A)
Ток	6 mA
Размеры	61x45x160 (мм)
Вес	230 г с учетом батареи

3. Последовательность проведения измерений

Практические замеры шума

Включить генератор звука. Включить прибор и отрегулировать его в соответствии с инструкцией.

Колесо регулятора выставить в максимальное положение 120 dB и постепенно снижать его переключением на более низкий уровень. Измерить уровень шума и записать его в таблицу.

Снизить уровень источника шума, провести измерения и данные занести в таблицу.

Повысить уровень источника шума, провести измерения и данные занести в таблицу.

Закрывать своим телом источник звука, провести измерения и данные занести в таблицу.

Расположить прибор между собой и источником шума, провести измерения и данные занести в таблицу 2.

Результаты измерений шума

Обычный уровень шума	dB (дБ)
Сниженный уровень шума	dB (дБ)
Повышенный уровень шума	dB (дБ)
Закрытый шум	dB (дБ)
Прибор между исследователем и источником шума	dB (дБ)

Замеры звукового давления и расчеты

Произвести аналогичные замеры уровней звукового давления L , дБ, при установке различных звукозащитных экранов. Результаты измерений занести в произвольную таблицу.

Определить эффективность звукозащитных экранов по формуле

$$\Delta L = L - L_i \quad , \quad (5)$$

где ΔL – эффективность звукозащитных экранов.

Определить по ГОСТ 12.1.003-83 (по заданию преподавателя) нормируемые уровни звукового давления L_n . Результаты занести в таблицу.

Полученные спектры шума представить в виде графической зависимости (пример приведен на рис.5) и сравнить с нормативным спектром шума. Шум считается допустимым, если измеренные уровни звукового давления во всех октавных полосах частот нормируемого диапазона не превышают значений, определяемых соответствующим предельным спектром. При необходимости установить требуемое снижение уровня звукового давления до санитарных норм.

В расчетной части работы по заданию преподавателя произвести оценку уровня звука в расчетной точке селитебной зоны, который создается источником шума.

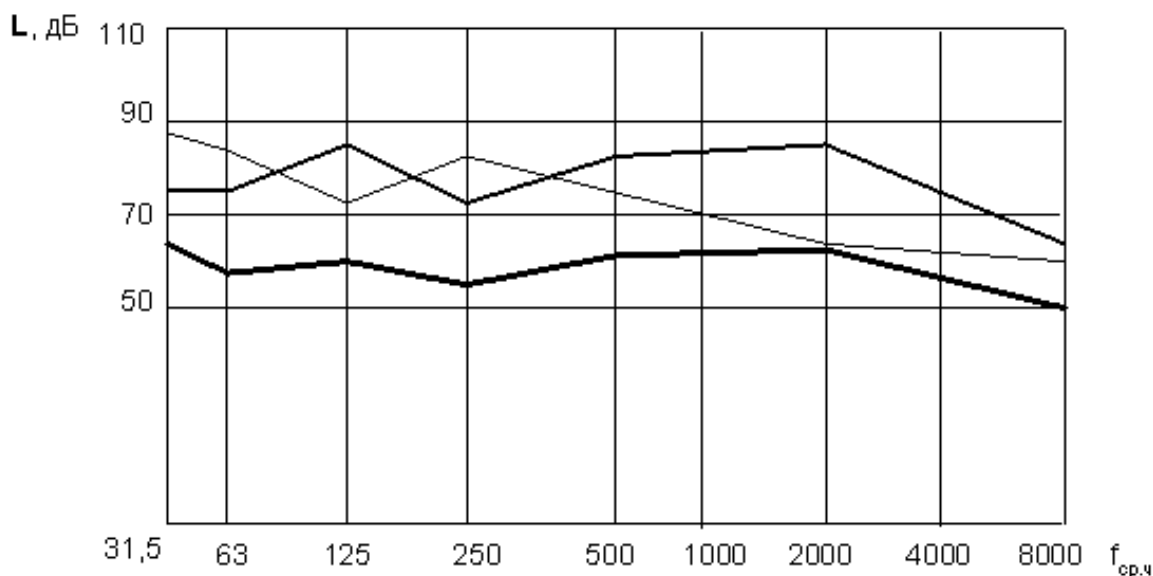


Рис. 5. Спектр шума

Уровень звука в расчетной точке на территории защищаемого от шума объекта вычисляется по формуле

$$L_{A_{тер}} = L_A - \Delta L_{A_{расст}} - \Delta L_{A_{зел}}, \quad (6)$$

где L_A – уровень звукового давления, создаваемого источником шума, дБ(А); $\Delta L_{A_{расст}}$ – снижение уровня звука в зависимости от расстояния между источником шума и расчетной точкой, дБ(А) (по рис. 6); $\Delta L_{A_{зел}}$ – снижение уровня звука полосами зеленых насаждений, дБ(А).

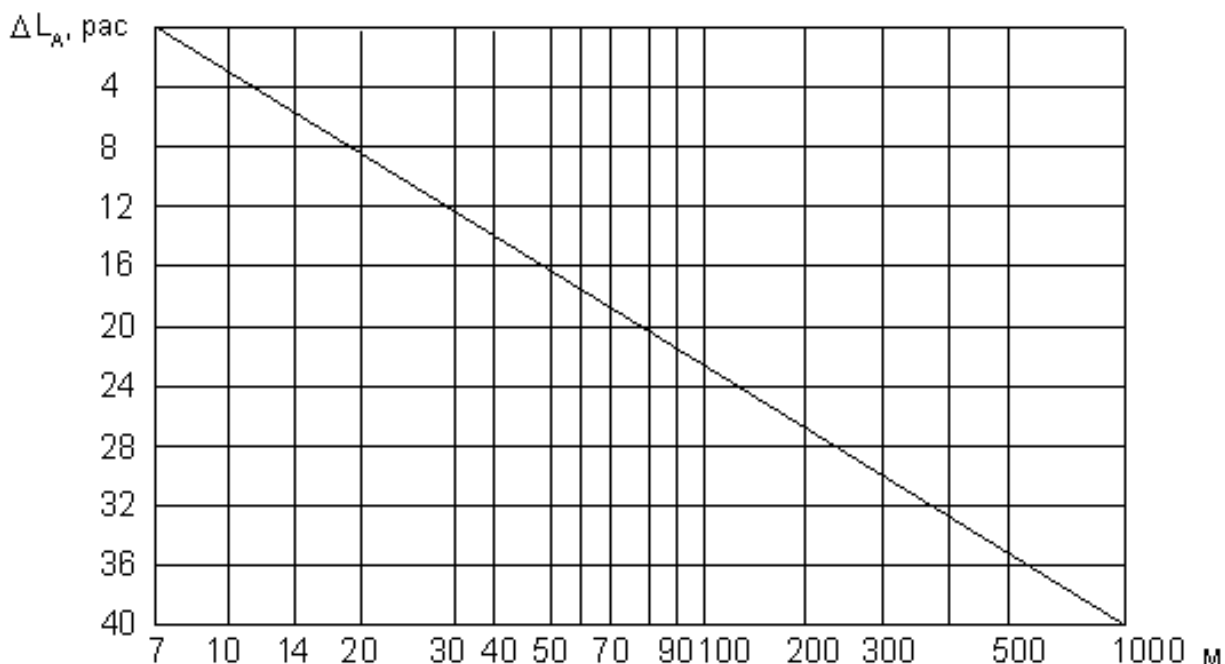


Рис. 6. Снижение уровня звукового давления в зависимости от расстояния

Требуемое снижение уровня шума в расчетной точке для выполнения санитарных норм в селитебной зоне определяется по формуле

$$\Delta L_{A_{треб}} = L_{A_{тер}} - L_{A_{норм}}, \quad (7)$$

где $L_{A_{норм}}$ – нормируемое значение уровня звукового давления, дБ(А).

Выводы

По полученным данным сделать выводы по работе, в которых:

- произвести анализ измерения уровней шума по частотному диапазону с указанием превышения норм;
- выявить наиболее эффективный звукозащитный экран;
- указать класс условий труда в зависимости от уровня шума на рабочем месте (табл.3).

Класс условий труда в зависимости от уровня шума рабочих мест

Фактор	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный (экстремальный)
		I степени	II степени	III степени	IV степени	
Шум (эквивалентный уровень звука), дБА	ПДУ	10	25	40	50	>50

Составить отчет по лабораторной работе.

Вопросы для самоконтроля

1. Раскройте понятие «шум» и его физическую природу.
2. Что такое инфразвук и ультразвук?
3. Назовите параметры шума и единицы измерения.
4. Укажите основные источники шума на железнодорожном транспорте. Каково воздействие на организм человека?
5. Раскройте понятие громкости звука. Назовите единицы измерения.
6. Объясните, что такое звуковое давление и уровень звукового давления. Назовите единицы измерения.
7. Назовите приборы для измерения уровня шума на рабочих местах.
8. Перечислите средства и методы защиты от шума, их классификация.
9. Как определить эффективность звукозащитных экранов?
10. Какой экран является наиболее эффективным и почему?

Библиографический список

1. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: 1996.
2. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. Введ. 01.07.84. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
3. СНиП II-12-77. Защита от шума /Утв. Гос. ком. СССР по делам строительства 14.06.77. Введ.01.07.88. – М.: Стройиздат, 1977.
4. Борьба с шумом на производстве /под ред. Е.Я. Юдина. – М.: Машиностроение, 1985.
5. Охрана труда на железнодорожном транспорте: справочная книга /под ред. В.С. Крутякова. – М.: Транспорт, 1988.
6. Пчелинцев, В.А. Охрана труда в строительстве / В.А. Пчелинцев, Д.В. Коптев, Г.Г. Орлов. – М.: Высшая школа, 1991.
7. Бобин, Е.В. Борьба с шумом и вибрацией на железнодорожном транспорте / Е.В. Бобин. – 3-е изд., перераб. и доп.– М.: Транспорт, 1973.
8. Безопасность жизнедеятельности /под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1999.