

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ И ШУМА

Методические указания
к выполнению практических работ
по дисциплине «Теория физических процессов в окружающей среде»
для студентов направления 20.04.01
«Техносферная безопасность»
очной и заочной форм обучения

Севастополь
СевГУ
2018

УДК 504.75.06(076)

Р е ц е н з е н т:

Л.Б. Шрон – кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технологии машиностроения».

Составители: С.А. Гутник, В.С. Гутник

Исследование эффективности экранирования электромагнитных излучений и шума: метод. указания к выполнению практических работ для студентов направления «Техносферная безопасность» по дисциплине «Теория физических процессов в окружающей среде» / Сост. С.А. Гутник, В.С. Гутник – Севастополь: СевГУ, 2018. – 19 с.

Предназначены для оказания помощи студентам при выполнении практических работ по дисциплине «Теория физических процессов в окружающей среде». Цель работ - закрепление положений теоретического курса и приобретение навыков в исследовании эффективности экранирования электромагнитного излучения и шума методом масштабного моделирования.

УДК 504.75.06(076)

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Техносферная безопасность», протокол № 6 от 22 декабря 2017 г.

Допущено учебно-методическим отделом Политехнического института СевГУ в качестве методических указаний.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Практическая работа № 1.....	4
Практическая работа № 2.....	12
Библиографический список.....	19

ВВЕДЕНИЕ

Процессы распространения в окружающей среде электромагнитных излучений и шума сопровождаются отражением, поглощением и преломлением их энергии на границах раздела сред с разной плотностью, электропроводностью и другими параметрами. На этих физических явлениях основан один из эффективных методов защиты - экранирование.

При исследовании эффективности экранирования в лабораторных условиях применяется метод масштабного моделирования.

В процессе выполнения практических работ обучающиеся должны закрепить теоретические положения по темам "Методы защиты от электромагнитных излучений" и "Методы защиты от шума", освоить методику экспериментальной оценки эффективности экранирования, приобрести навыки для исследований по этому направлению в выпускной квалификационной работе магистра.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭМИ

Цель работы: ознакомиться с экранированием, как методом защиты от ЭМИ, исследовать эффективность электромагнитных экранов.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Экранирование ЭМИ, виды экранов

Инженерно-технические защитные мероприятия строятся на использовании явления экранирования электромагнитных полей непосредственно в местах пребывания человека либо в местах размещения источника излучения.

Электромагнитными экранами называют конструкции, предназначенные для ослабления электромагнитных полей, создаваемых какими-либо источниками в некоторой области пространства.

Защитное экранирование предназначено для ослабления электрических, магнитных и электромагнитных полей. Защитные экраны позволяют значительно уменьшить проникновение или полностью исключить воздействие электромагнитных полей на человека, конструктивные элементы оборудования, электронную аппаратуру, измерительные приборы, кабели, помещения и здания энергетических объектов. Также, благодаря эффективному экранированию электрических и электронных технических средств можно подавить любые электромагнитные помехи, исходящие из них в сеть или в окружающее пространство.

Благодаря экранированию снижаются значения параметров электромагнитного поля: от E_0 и H_0 непосредственно перед экраном до E_1 и H_1 за ним. Физическая сущность защитного экранирования объясняется созданием на поверхности экрана заряда или индуцированного тока, которые являются источниками полей, противодействующих существующим электромагнитным полям. Это равнозначно увеличению пути между приёмником и источником возникающей помехи. На эффективность защитного экранирования влияет ряд факторов:

- частота ЭМИ;
- электропроводимость материала, из которого изготовлен экран;
- магнитная проницаемость материала защитного экрана;
- месторасположение и размеры экрана.

Для качественного экранирования применяются ферромагнитные (сплавы железа) и немагнитные металлы (медь, алюминий). Защитные экраны, изготовленные на основе ферромагнитных материалов, по эффективности

ослабления электрического поля при низких частотах уступают экранам из немагнитных металлов, однако позволяют уменьшать постоянные магнитные поля.

Выбор материала экрана проводится исходя из обеспечения требуемой эффективности экранирования в заданном диапазоне частот при определенных ограничениях. Эти ограничения связаны с массогабаритными характеристиками экрана, его влиянием на экранируемый объект, с механической прочностью и устойчивостью экрана против коррозии, с технологичностью его конструкции и т.д.

Металлические материалы.

Экраны из металлов изготавливаются в виде листов, сеток и фольги (сталь, медь, алюминий, цинк, латунь). Все эти материалы удовлетворяют требованию устойчивости против коррозии при использовании соответствующих защитных покрытий.

Наиболее технологичными являются конструкции экранов из стали, так как при их изготовлении и монтаже можно широко использовать сварку. Толщина стали выбирается исходя из назначения конструкции экрана и условий его сборки, а также из возможности обеспечения сплошных сварных швов при изготовлении.

Сетчатые экраны проще в изготовлении, удобны для сборки и эксплуатации, обеспечивают облегченный тепловой режим радиоэлектронной аппаратуры. Для защиты от коррозии сетки целесообразно покрывать антикоррозийным лаком. К недостаткам сетчатых экранов следует отнести невысокую механическую прочность и меньшую эффективность экранирования по сравнению с листовыми экранами.

Монтаж экранов из фольги достаточно прост, крепление фольги к основе экрана проводится чаще всего с помощью клея.

Диэлектрики.

Сами по себе диэлектрики не могут экранировать электромагнитные поля. Поэтому они чаще всего встречаются в сочетании либо с проводящими включениями, либо с дополнительными металлическими элементами и конструкциями.

Экраны из композиционных материалов представляют собой сложные образования, содержащие в своей основе проводящие или полупроводящие включения, в которых связующим звеном выступают аморфные диэлектрики полимеры, в совокупности образующие упорядоченные цепочечные плоские или объемные структуры.

На практике для улучшения экранирующих свойств диэлектрических экранов без существенного изменения их массы и конструктивных характеристик применяют проводящее покрытие экранов напылением металлов в виде тонких пленок или оклеивание проводящей фольгой.

Для улучшения защитных свойств диэлектрических экранов наряду с применением проводящих покрытий используют армирование диэлектрических экранов тонкой металлической сеткой.

Если у сетки размер ячейки меньше $1/4$ длины волны ЭМИ, то сетчатый экран по своим защитным свойствам близок к однородному металлическому экрану, но с несколько меньшим значением удельной проводимости материала экрана.

Стекла с токопроводящим покрытием.

Такие экраны должны обеспечивать требуемую эффективность экранирования при ухудшении их оптических характеристик не ниже заданных граничных значений. Электрические и оптические свойства стекол с токопроводящим покрытием зависят от природы оксидов, составляющих пленку, условий и методов ее нанесения и свойств самого стекла. Наибольшее распространение получили пленки на основе оксидов олова, индия и золота, так как они обеспечивают наибольшую механическую прочность, химически устойчивы и плотно соединяются со стеклянной подложкой.

Специальные ткани.

Содержат в своей структуре металлические нити, наличие которых приводит к отражению электромагнитных волн. Такие ткани предназначены для защиты от электромагнитного поля в диапазоне сверхвысоких частот. Они могут также быть использованы для изготовления специальных костюмов для индивидуальной биологической защиты.

Токопроводящие краски.

Создаются на основе диэлектрического пленкообразующего материала с добавлением в него проводящих компонентов, пластификатора и отвердителя. В качестве токопроводящих составляющих используются графит, сажа, коллоидное серебро, окиси металлов, порошковая медь, алюминий.

Электропроводный клей.

Создается на основе эпоксидной смолы, заполняемой металлическими порошками (железо, кобальт, никель и др.). Электропроводный клей обладает высокой прочностью на отрыв, высокой удельной электропроводностью, химической стойкостью к влаге и различным агрессивным средам, обеспечивает незначительную усадку после отверждения. Электропроводный клей применяется наряду с пайкой, сваркой и болтовым соединением, а также в целях электромагнитного экранирования.

Радиопоглощающие материалы.

Могут применяться в качестве покрытий различных поверхностей с целью уменьшения отражения от этих поверхностей электромагнитных волн. Принцип действия таких материалов заключается в том, что падающая на них электромагнитная волна преобразуется внутри их структуры в другие виды энергии. При этом имеют место явления рассеяния, поглощения, интерференции, а в ряде покрытий и дифракции электромагнитных волн. В за-

висимости от свойств радиопоглощающие материалы - покрытия могут быть широкодиапазонными и узкодиапазонными.

Структуру широкодиапазонных радиопоглощающих материалов образуют частицы ферромагнетика, введенные в слой изоляционного материала из немагнитного диэлектрика. Узкодиапазонные покрытия изготавливают из различных пластмасс и каучука. Чтобы такие покрытия обладали поглощающими свойствами, в их состав вводят ферромагнетики с примесями сажи или порошка графита в качестве поглотителя.

Радиопоглощающие материалы, используемые в качестве покрытий, могут быть однослойными, многослойными с переменными от слоя к слою параметрами, а также структурно неоднородными, т.е. с включением в состав материала различного рода структур, например дифракционных решеток.

Эффективность таких материалов достаточно высока. Коэффициент отражения большинства современных радиопоглощающих покрытий не превышает единиц процентов.

Эффективность экранирования ЭМИ ($\Delta L_{\text{экp}}$) определяется из выражения:

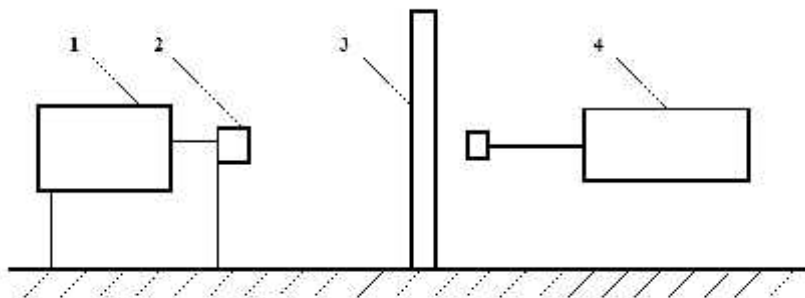
$$\Delta L_{\text{экp}} = 10 \cdot \lg(W/W_{\text{Э}}) \text{ дБ}, \quad (1)$$

где W - плотность потока энергии ЭМП перед экраном, мкВт/см²;

$W_{\text{Э}}$ - плотность потока энергии ЭМП за экраном, мкВт/см².

1.2. Схема экспериментальной установки

На рисунке 1.1 представлена схема экспериментальной установки.



1 - генератор СВЧ ("Луч-2"); 2 - излучатель; 3 - экран; 4 - измеритель ЭМИ ПЗ-31

Рис. 1.1. Схема экспериментальной установки

В качестве источника электромагнитного излучения используется медицинский аппарат для терапии «Луч-2». Для определения плотности потока

энергии используется измеритель ЭМИ ПЗ-31, который предназначен для измерения среднеквадратических значений напряженности электрического и магнитного поля, а также для измерения плотности потока энергии (ППЭ) при проведении контроля уровней ЭМП.

1.3. Указания по эксплуатации передающего устройства Луч-2

Аппарат для терапии «**Луч-2**» представляет собой магнетронный генератор дециметрового диапазона, работающий на фиксированной частоте $2375 \pm 47,5$ МГц ($1 = 12,6$ см). При подготовке аппарата к работе необходимо выполнить следующие операции:

- установить переключатель «**контроль**» в положение «**сеть**»; при этом переключатель «**сеть**» и «**мощность**» должны находиться в положении «**0**»;
- установить переключатель «**сеть**» из положения «**0**» в такое положение, чтобы стрелка индикатора прибора находилась в красном секторе;
- повернуть ручку «**минуты**» по часовой стрелке до упора, а затем повернуть ее против часовой стрелки до цифры «**20**»;
- переключатель «**контроль**» перевести в положение «**мощность**»;
- установить переключатель «**мощность**» в положение, указанное преподавателем.

После проведения необходимых измерений перевести переключатель «**мощность**» и «**сеть**» в положение «**0**».

1.4. Указания по эксплуатации приемного устройства ПЗ-31

Измерителем ПЗ-31 производится измерение напряженности электрического поля в диапазоне частот от 0,03 до 300 МГц, измерение напряженности магнитного поля в диапазоне частот от 0,01 до 30 МГц и ППЭ в диапазоне частот от 0,3 до 40 ГГц.

Для включения измерительного устройства нажать кнопку «**Отмена**» и удерживать ее до звукового сигнала. Управление прибором осуществляется как с помощью клавиатуры, так и посредством ввода управляющих команд с ПЭВМ через интерфейс RS-232.

Настройка параметров работы прибора осуществляется через «**Меню настроек**». Доступ к нему осуществляется длительным нажатием на кнопку «**Время/Настройки**». Выбор параметра настройки осуществляется кнопками «**Вверх**» и «**Вниз**», переход в режим редактирования выбранного параметра – кнопкой «**Ввод**». Редактирование даты и времени осуществляется кнопками: «**Вверх**», «**Вниз**», «**Вправо**», «**Влево**». При этом кнопками «**Вправо**» и «**Влево**» осуществляется движение курсора, а кнопками «**Вверх**» и «**Вниз**» осуществляется выбор цифр от 0 до 9 в позиции над курсором. После окончания редактирования нажмите «**Ввод**». Если данные будут введены некор-

ректно, то на некоторое время будет выведено предупреждающее сообщение, и измеритель опять вернется в режим редактирования даты (времени). Если дата (время) введена правильно, то измеритель сохранит дату (время) и перейдет в режим выбора параметра настроек. Для отмены изменений нажмите **«Отмена»**, и измеритель вернется в режим выбора параметров настройки. Для выхода из "Меню настроек" необходимо с помощью кнопки **"Вниз"** установить параметр настройки **"Выход"** и нажать кнопку **"Ввод"**.

Редактирование остальных параметров осуществляется путем выбора значения параметра из предложенного списка. Выбор элементов списка производится с использованием кнопок **«Вверх»** и **«Вниз»** или **«Вправо»** и **«Влево»**. После окончания редактирования параметра нажмите **«Ввод»**. Для отмены изменений нажмите **«Отмена»**. Измеритель вернется в режим выбора параметра параметров настроек.

Установка частоты осуществляется нажатием кнопки **«Ввод»** в режиме индикации частоты. (для входа в режим индикации частоты необходимо нажать на кнопку **"Частота"**) После ввода требуемой частоты нажмите **«Ввод»**. Для отмены нажмите **«Отмена»**. Если введенная частота выходит за допустимые пределы для используемой АП, то устанавливается ближайшая допустимая величина частоты. При введении частоты контролируемого ЭМП в процессе измерения автоматически учитывается частотный поправочный коэффициент.

Переход в режим измерения плотности потока энергии осуществляется нажатием кнопки **«ППЭ»**. Измеритель позволяет индигировать текущее значение, усредненное и максимальное значения за определенный период. Переход между режимами индикации осуществляется последовательным нажатием кнопки **«ППЭ»**. При этом в левой верхней части экрана отображается надпись **«ППЭ»** - при индикации текущих значений, **«ППЭ aver»** - при индикации усредненных значений, **«ППЭ max»** - при индикации максимальных значений.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Включить аппарат «Луч-2» в режим излучения с выходной мощностью, указанной преподавателем (либо использовать другой источник излучения согласно задания). Включить измеритель ЭМИ ПЗ-31 в режим "ППЭ".

Задание 1. Исследование зависимости ППЭ ЭМП от расстояния и мощности (без экрана)

Произвести измерения ППЭ на расстояниях: 0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 м и на разных мощностях: 5, 10 и 15 Вт. Средние значения ППЭ (мкВт/см^2) занести в табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Результаты измерений по заданию 1

Мощность, Вт	Расстояние от источника, м					
	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6
	ППЭ, мкВт/см ² / L _w , дБ					
5	(W)					
	(L _w)					
10						
15						

Пользуясь формулой (2), рассчитать значения уровня ППЭ в децибелах (L_w) и занести результаты в таблицу 1.1:

$$L_w = 10 \cdot \lg(W/W_0) \text{ дБ}, \quad (2)$$

где W – измеренное значение ППЭ, мкВт/см²;

W₀ – величина, принятая за "нулевой уровень" (0,01 мкВт/см²).

Построить в одной системе координат три графика зависимости L_w от расстояния R для мощностей 5, 10 и 15 Вт.

Задание 2. Исследование ППЭ ЭМП при экранировании источника излучения

Установить перед излучателем на расстоянии 10 см металлический экран указанного преподавателем типа. При мощности источника 10 Вт на расстояниях: 0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 м произвести измерения ППЭ. Значения занести в табл. 1.2.

Таблица 1.2 - Результаты измерений по заданию 2

Мощность, Вт	Расстояние от источника, м					
	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6
	ППЭ, мкВт/см ² / L _w , дБ					
10	(W _э)					
	(L _w)					
	Эффективность экранирования ΔL _{экр} , дБ					
	(ΔL _{экр})					

Произвести расчеты L_w по формуле (2) аналогично заданию 1.

Построить в одной системе координат два графика зависимости L_w от расстояния R (для значений с экраном и без экрана).

Определить эффективность экранирования $\Delta L_{\text{экр}}$ по формуле (1) для всех расстояний, результаты занести в табл. 1.2.

Задание 3. Исследование ППЭ ЭМП при экранировании контрольной точки

Установить перед приемной антенной прибора на расстоянии 5 см металлический экран указанного преподавателем типа. Перемещая экран вместе с прибором при мощности источника 10 Вт на расстояниях: 0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 м произвести измерения ППЭ. Значения занести в табл. 1.3.

Таблица 1.3 - Результаты измерений по заданию 3

Мощность, Вт	Расстояние от источника, м					
	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6
ППЭ, мкВт/см ² / L_w , дБ						
10	($W_{\text{э}}$)					
	(L_w)					
	Эффективность экранирования $\Delta L_{\text{экр}}$, дБ					
	($\Delta L_{\text{экр}}$)					

Произвести расчеты L_w по формуле (2) аналогично заданию 1.

Построить в одной системе координат два графика зависимости L_w от расстояния R (для значений с экраном и без экрана).

Определить эффективность экранирования $\Delta L_{\text{экр}}$ по формуле (1) для всех расстояний, результаты занести в табл. 1.3.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

- 1) Название и цель работы.
- 2) Краткие теоретические сведения.
- 3) Схема установки.
- 4) Таблицы 1.1, 1.2, 1.3 с результатами измерений и расчетов.
- 5) Графики зависимостей по заданиям 1, 2, 3.
- 6) Выводы по результатам проведенных исследований.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Какие существуют способы и методы защиты от ЭМИ?
- 2) Какие физические величины характеризуют ЭМИ?
- 3) Что называют электромагнитными экранами?

- 4) Для чего предназначено защитное экранирование?
- 5) Какие физические явления и процессы лежат в основе экранирования?
- 6) От каких факторов зависит эффективность экранирования?
- 7) Какие материалы применяются в защитных экранах?
- 8) Как определяется эффективность экранирования?
- 9) Какие приборы применяются для контроля ЭМИ?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШУМОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ МЕТОДОМ МАСШТАБНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Цель работы: ознакомиться с основными положениями о шуме и способами защиты от него, исследовать эффективность шумозащитных экранов.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Шум, источники шума, масштабное моделирование

Шум – беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры. Первоначально слово “шум” относилось исключительно к звуковым колебаниям, однако в современной науке оно было распространено и на другие виды колебаний (радио-, электричество) [3].

Классификация источников шума по природе происхождения:

- 1) природные (пение птиц, шелест листьев, травы, плеск волн, и т.д.);
- 2) техногенные (вентиляционные установки, электротехнические приборы и оборудование, аэрогазодинамические установки, транспорт автомобильный, рельсовый и воздушный, промышленные предприятия);
- 3) антропогенные (бытовой, социальный и т.д.) [4].

Основные источники техногенного шума – транспорт (автомобильный, рельсовый и воздушный) и промышленные предприятия. Наибольшее шумовое воздействие на окружающую среду оказывает автотранспорт (80% от общего шума).

Наиболее распространенным источником городского (внешнего) шума является транспорт. Наибольшая транспортная нагрузка приходится на улицы административно-культурных центров городов и магистралей, связывающих жилые районы с промышленными узлами [5].

В настоящее время для изучения распространения шума интенсивно применяются методы масштабного моделирования звуковых процессов.

Это необходимо для построения экспериментальных моделей в лабораторных условиях, при этом размеры модели уменьшают на коэффициент масштабирования.

Масштабная модель – это система той же физической природы, что и оригинал, но отличающаяся от него масштабами. Методологической основой масштабного моделирования является теория подобия, которая предусматривает соблюдение геометрического подобия оригинала и модели и соответствующих масштабов для их параметров. При проектировании масштабные модели могут использоваться для анализа вариантов компоновочных решений по конструкции системы и ее элементов.

При масштабном моделировании необходимо соблюсти условия подобия звуковых колебаний. Следовательно, в ходе исследования акустических характеристик необходимо помнить о том, что при уменьшении масштаба объекта оригинала уменьшается и длина звуковой волны (то есть частота становится выше в соответствии с коэффициентом масштабирования K_m).

Например, если микрофон при натурных измерениях следует располагать на высоте 1,5 м, то при масштабном моделировании его располагают на высоте 0,5 м в соответствии с $K_m = 3$.

1.2. Воздействие шума на организм человека

По характеру нарушения физиологических функций шум разделяется на: шум, который мешает (препятствует языковой связи), раздражающий (вызывает нервное напряжение, снижения работоспособности, переутомление), вредный (нарушает физиологические функции на длительный период и вызывает развитие хронических слуховых заболеваний), травмирующий (нарушает физиологические функции и анатомию организма) [6].

В биологическом отношении шум является стрессовым фактором, способным вызвать срыв приспособительных реакций.

В зависимости от уровня и характера шума, его продолжительности, от собственных особенностей человека шум может оказывать на него различное действие. Причиной этого могут быть: возраст, состояние здоровья, вид труда, физическое и душевное состояние человека, и др. Индивидуальная чувствительность к шуму составляет 4 - 17 % от общей чувствительности организма к внешнему воздействию.

Известно, что ряд таких серьезных заболеваний, как гипертоническая и язвенная болезни, неврозы, желудочно-кишечные, заболевания кожи, патологические изменения, связаны с перенапряжением нервной системы в процессе труда и отдыха [7].

Воздействуя на кору головного мозга, шум оказывает раздражающее действие, ускоряет процесс утомления, ослабляет внимание и замедляет психические реакции.

1.3. Методы и средства защиты от шума

Защита от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам, заключается в применении пассивных и активных мероприятий по снижению транспортного шума [3].

Проектирование шумозащитных сооружений на автомобильных дорогах следует проводить при расчетной перспективной интенсивности движения более 3 тыс. авт./сутки или числе жителей населенного пункта, попадающих в зону акустического дискомфорта, более 200 чел. В остальных случаях в качестве мер по снижению шума транспортных потоков и отдельных автомобилей следует:

- принимать меры по ограничению или запрету движения грузовых автомобилей в пределах населенного пункта в определенное время суток;
- принимать меры по ограничению скорости движения транспортного потока;
- устраивать малозумные дорожные покрытия.

Требуемое снижение уровней шума определяют в результате сопоставления измеренных или расчетных уровней звука с требованиями санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.562-96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки" [4].

При проектировании автомобильной дороги необходимо, в первую очередь, рассмотреть вопрос об увеличении расстояния до застройки. При превышении уровня звука на 15 - 20 дБА для снижения транспортного шума можно использовать специальные шумозащитные сооружения. При превышении до 5 дБА - шумозащитные зеленые насаждения, а также принимать решение об изменении отдельных геометрических элементов дороги [4].

Шумозащитный экран - конструкция, возводимая вдоль крупных проспектов, автомагистралей, железнодорожных путей для уменьшения шума.

Классификация шумозащитных экранов:

1) по типу защиты от шума:

- звукопоглощающие экраны - отражают и поглощают звуковую волну, изготавливаются из многослойных материалов (металлические трехслойные панели со звукопоглощающим материалом и перфорацией);
- звукоотражающие экраны - только отражают звуковую волну, изготавливаются из однослойных отражающих материалов (панели или конструкции из бетона, кирпича, пластика, стекла и пр.);
- комбинированные экраны - выполнены из металлических панелей в сочетании с панелями из акрилового стекла или прозрачного пластика, что увеличивает обзор и улучшает внешний вид экрана;

2) по светопропускаемости:

- прозрачные;
- тонированные;

- непрозрачные;
 - с прозрачными вставками;
- 3) по форме или положению:

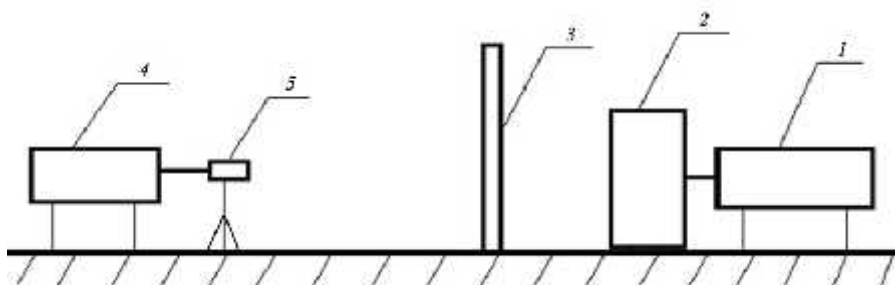
- прямые;
- с козырьком;
- наклонные [4].

Факторы, влияющие на эффективность экрана, используемого для защиты от автодорожного шума, можно условно разделить на три группы: относящиеся к источнику шума, окружающей среде и самому экрану. Наиболее существенными из них являются следующие:

- высота экрана;
- расположение экрана относительно системы «источник - защищаемый объект»;
- конфигурация экрана;
- звукопоглощение материала экрана;
- особенности источника шума (спектральные характеристики источника: чем ближе спектр источника шума к высокочастотному, тем эффективнее шумозащита экраном);
- метеорологические условия и характеристики местности (отражение звука от поверхности земли, растительности или вблизи расположенных сооружений);
- звукоизоляция акустического экрана [3, 4].

1.4. Схема экспериментальной установки

На рис. 2.1 представлена схема экспериментальной установки.



1 - генератор «ГЗ-102»; 2 - акустическая система АС-10; 3 - экран; 4 - измеритель шума «ВШВ-003-М2»; 5 - микрофон.

Рис. 2.1. Схема экспериментальной установки

В качестве источника шума используется генератор сигналов низкочастотный «ГЗ-102» (1), сигнал от которого подается через акустическую систе-

му АС -10 (2). Для измерения уровней звука используется измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2 (4), который предназначен для измерения уровня звука с частотными характеристиками А, В, С; уровня звукового давления в диапазоне частот от 2 Гц до 18 кГц и октавных полосах в диапазоне частот от 2 Гц до 8 кГц в свободном и диффузном полях; средних квадратических значений (в дальнейшем - СКЗ) виброускорения и виброскорости.

1.5. Указания по эксплуатации источника шума ГЗ-102

Генератор сигналов низкочастотный "ГЗ-102" представляет собой источник синусоидальных электрических колебаний звуковой и ультразвуковой частоты с малым коэффициентом гармоник. Диапазон частот генератора от 20 до 20000 Гц. При подготовке аппарата к работе необходимо выполнить следующие операции:

- включите вилку шнура в сеть переменного тока частотой 50 Гц или 400 Гц напряжением 220 В, поставьте тумблер включения сети в положение «СЕТЬ ВКЛ.», при этом должна загореться сигнальная лампа. Для получения большей точности и стабильности частоты приступайте к работе с генератором после 15-минутного времени установления рабочего режима генератора;
- с помощью ручки плавной установки частоты и переключателя «МНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ» установите необходимую частоту выходного сигнала;
- регулировка амплитуды выходного напряжения осуществляется плавно с помощью потенциометра «РЕГ. ВЫХ.».

1.6. Указания по эксплуатации шумомера ВШВ-003-М2

На лабораторном стенде прибор ВШВ-003-М2 подключен к сети 220 В. Включение прибора осуществляется установкой ручки переключателя "РОД РАБОТЫ" в положение "S". В положении "S" (slow - медленный) инерционность прибора увеличена, что приводит к уменьшению влияния случайных кратковременных возмущений. Другие состояния переключателя "РОД РАБОТЫ" в работе не используются.

Измерение уровня шума в октавных полосах частот производится установкой переключателя "ФЛТ, Hz" в положении "ОКТ". Выбор соответствующей октавной полосы осуществляется переключателем "ФЛТ ОКТ". При этом зафиксированная в нажатом состоянии кнопка "kHz, Hz" соответствует шкале частот, обозначенных на переключателе "ФЛТ ОКТ" черным цветом, отжатая кнопка - шкале частот, обозначенных синим цветом.

Переключатели "ДЛТ1, dB" и "ДЛТ2, dB" используются для выбора предела измерения уровня звукового давления (уровня звука). Стрелочный индикатор – для отсчета измеряемой величины и контроля напряжения питания.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Включить генератор сигналов низкочастотный «ГЗ-102» и шумомер ВШВ-003-М2 в рабочие режимы. Установить на приборе «ГЗ-102» частоты, указанные в задании 1 и 2. Принять коэффициент масштабирования $K_m=3$, то есть высота экрана, расстояния, длина волны и другие характеристики модели будут уменьшены в 3 раза.

Задание 1. Исследование зависимости уровня звукового давления от расстояния и частоты (без экрана)

Произвести измерения уровней звукового давления на расстояниях: 1,6; 2; 2,4; 2,8; 3,2; 3,6 м (начальная точка для измерения расстояния - это акустический центр источника шума (далее АЦИ)) на различных частотах: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000 Гц (в табл. 2.1 и 2.2 через дробь указана частота, умноженная на коэффициент масштабирования $K_m=3$). Занести в табл. 2.1 значения уровней звукового давления в дБ.

Таблица 2.1 - Результаты измерений по заданию 1

Расстояние от АЦИ до точки измерения, м		Уровень звукового давления (дБ) на частотах шума (Гц) (октава/модель)					
		63	125	250	500	1000	2000
реальный	в модели	189	375	750	1500	3000	6000
4,8	1,6						
6	2						
7,2	2,4						
8,4	2,8						
9,6	3,2						
10,8	3,6						

Построить в соответствии с таблицей 2.1 два графика зависимостей уровня звукового давления (дБ) от частоты (Гц) и от расстояния (м).

Задание 2. Оценить эффективность шумозащитного экрана при высоте модели экрана равной 87 см (в реальных условиях 2 м 61 см)

Установить шумозащитный экран из панели ДВП (высота шумозащитного экрана равна 87 см с учетом коэффициента масштабирования $K_m=3$) на расстоянии 1,20 м от АЦИ. Перемещая микрофон прибора ВШВ-003-М2, произвести измерения уровня звукового давления (дБ) на расстояниях: 1,6; 2; 2,4; 2,8; 3,2; 3,6 м от АЦИ. Полученные значения занести в табл. 2.2.

Таблица 2.2 - Результаты измерений по заданию 2

Расстояние от АЦИ до точки измерения, м		Уровень звукового давления (дБ) на частотах шума (Гц) (октава/модель)					
		63	125	250	500	1000	2000
реальный	в модели	189	375	750	1500	3000	6000
4,8	1,6						
6	2						
7,2	2,4						
8,4	2,8						
9,6	3,2						
10,8	3,6						

Построить в соответствии с таблицей 2.2 два графика зависимостей уровня звукового давления (дБ) от частоты (Гц) и от расстояния (м).

Оценить полученные результаты и сделать вывод.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

- 1) Название и цель работы.
- 2) Краткие теоретические сведения.
- 3) Схема установки.
- 4) Таблицы 2.1 и 2.2 с результатами измерений.
- 5) Графики зависимостей по заданиям 1 и 2.
- 6) Выводы по результатам проведенных исследований.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Что такое шум?
- 2) Классификация источников шума по природе происхождения.
- 3) Какие вы знаете способы защиты от шума?
- 4) Какие материалы применяются в шумозащитных экранах?
- 5) Каково действие шума на организм человека?
- 6) Какие приборы применяются для контроля шума?
- 7) От каких факторов зависит эффективность шумозащитного экрана?
- 8) Что является методологической основой масштабного моделирования?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 2.2.4.1191-03. «Электромагнитные поля в производственных условиях».
2. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03. «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов».
3. ОДМ 218.2.013-2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам».
4. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
5. Шум на транспорте; пер. с англ. К.Г. Бомштейна / Под ред. В.Е. Тольского, Г.В. Бутакова, Б.Н. Мельникова. – М.: Транспорт, 2005.
6. Основы безопасности жизнедеятельности: учеб. пособие / Под ред. Р.И. Айзмана, С.Г. Кривошекова. - Новосибирск: Сиб. универ. из-во, 2002. - 271 с.
7. Сергеев В.С. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие/ Под ред. И.Г. Безуглова. - М.: ОАО «Издательский дом «Городец», 2004. - 416 с.
8. Попов В.А., Лебедев В.И., Аистов В. «Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения» № ОС-362-р от 21.04. 2003 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ И ШУМА

Методические указания

В авторской редакции

Составители: **Гутник** Сергей Андреевич,
Гутник Валерий Сергеевич