

**Федеральное агентство связи**

**Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение  
высшего профессионального образования**

**ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ**

**ЭЛЕКТРОННАЯ  
БИБЛИОТЕЧНАЯ СИСТЕМА**

**Самара**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ПОВОЛЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ**

Факультет телекоммуникаций и радиотехники  
Кафедра систем связи

Методические указания  
по проведению лабораторных работ по дисциплине  
**«ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»**

**ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО  
ПОИСКОВОГО ПРИБОРА ST-031 «Пиранья»**

**Лабораторная работа №2  
Исследование виброакустического  
канала утечки информации**

для студентов специальности 201800 «Защищённые системы связи»,  
а также для подготовки бакалавров по направлению 075600  
«Информационная безопасность телекоммуникационных систем»

Составители: к.т.н., доц. М.В. Кузнецов  
к.т.н., доц. И.В. Ротенштейн

Рецензент: д.т.н., проф. О.Н. Маслов

Самара, 2008

УДК 534.843

Технические средства обеспечения информационной безопасности:  
Методические указания к лабораторным работам. – Самара: ПГАТИ, 2008.

Утверждено на заседании кафедры систем связи, протокол № 1 от 30.08.2007г.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета академии.

В методических указаниях даются краткие сведения о возможных технических каналах утечки информации, а также о наиболее широко используемых средствах противодействия негласному съёму информации. Рассматриваются функциональные схемы лабораторных установок, принципы измерения и оценки акустических и виброакустических, инфракрасных, низкочастотных магнитных, проводных и побочных электромагнитных излучений и наводок. Изучаются процессы противодействия возможной утечки информации по исследуемым каналам.

Методические указания предназначены для студентов специальности 201800 «Защищенные системы связи», а также для подготовки бакалавров по направлению 075600 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Составители: Кузнецов Михаил Владимирович, к.т.н., доцент  
Ротенштейн Ирина Витальевна, к.т.н., доцент

Рецензент: Маслов Олег Николаевич, д.т.н., профессор

Подписано в печать . Формат  
Бумага писчая. Усл. П.л.  
Тираж 100. Заказ

© Поволжская государственная академия телекоммуникаций и информатики  
© Кузнецов М.В., Ротенштейн И.В.

Для обнаружения технических каналов утечки и устройств негласного съёма информации по этим каналам, а так же оценки эффективности защищённости и противодействия, используется специализированное поисковое оборудование.

## **Описание многофункционального поискового прибора ST 031 «Пиранья»**

### **Назначение и основные возможности**

Многофункциональный поисковый прибор ST 031 «Пиранья» предназначен для проведения мероприятий по обнаружению и локализации специальных технических средств негласного съёма информации, для выявления естественных и искусственно созданных каналов утечки информации, а также для контроля качества защиты информации. Он обеспечивает решение контрольно-поисковых задач только в так называемой «ближней зоне», т.е. в пределах помещения (объекта) или в непосредственной близости к нему.

С использованием прибора ST 031 «Пиранья» возможно решение следующих контрольно-поисковых задач:

1. Выявление факта работы (обнаружение) и локализация местоположения радиоизлучающих специальных технических средств, создающих потенциально опасные, с точки зрения утечки информации, радиоизлучения.

К таким средствам, прежде всего, относят:

- радиомикрофоны;
- телефонные радиоретрансляторы;
- радиостетоскопы;
- скрытые видеокамеры с радиоканалом передачи информации;
- технические средства систем пространственного высокочастотного облучения в радиодиапазоне;
- технические средства передачи изображения с монитора ПЭВМ по радиоканалу;
- радиомаяки систем слежения за перемещением объектов (людей, транспортных средств, грузов и т.п.);
- несанкционированно включенные радиостанции, радиотелефоны и телефоны с радиоудлинителем;
- технические средства обработки информации, работа которых сопровождается возникновением побочных электромагнитных излучений (элементы физической архитектуры ПЭВМ, факсы, ксероксы, некоторые типы телефонных аппаратов и т.п.).

2. Обнаружение и локализация местоположения специальных технических средств, работающих с излучением в инфракрасном диапазоне.

К таким средствам, в первую очередь, относят:

- закладные устройства добывания акустической информации из помещений с её последующей передачей по каналу в инфракрасном диапазоне;
- технические средства систем пространственного облучения в инфракрасном диапазоне.

3. Обнаружение и локализация местоположения специальных технических средств, использующих для добывания и передачи информации проводные линии различного предназначения, а также технических средств обработки информации, создающих наводки информативных сигналов на рядом расположенные проводные линии или стекание этих сигналов в линии сети электропитания.

Таковыми средствами могут быть:

- закладные устройства, использующие для передачи перехваченной информации линии сети переменного тока 220В и способные работать на частотах до 15МГц;
- ПЭВМ и другие технические средства изготовления, размножения и передачи информации;
- технические средства систем линейного высокочастотного навязывания, работающие на частотах свыше 150кГц;
- закладные устройства, использующие для передачи перехваченной информации абонентские телефонные линии, линии систем пожарной и охранной сигнализации с несущей частотой свыше 20кГц.

4. Обнаружение и локализация местоположения источников электромагнитных полей с преобладанием (наличием) магнитной составляющей поля, трасс прокладки скрытой (необозначенной) электропроводки. потенциально пригодной для установки закладных устройств, а также исследование технических средств, обрабатывающих речевую информацию.

К числу таких источников и технических средств принято относить:

- выходные трансформаторы усилителей звуковой частоты;
- динамические громкоговорители акустических систем;
- электродвигатели магнитофонов и диктофонов;

5. Выявление наиболее уязвимых мест, с точки зрения возникновения виброакустических каналов утечки информации, а также оценка эффективности систем виброакустической защиты помещений.

6. Выявление наиболее уязвимых мест, с точки зрения возникновения каналов утечки акустической информации, а также оценка эффективности звукоизоляции помещений.

## Режимы работы прибора

Системотехническая и программная основа, заложенная в конструкцию и алгоритмы функционирования прибора, позволяет применять его в следующих основных режимах.

- высокочастотного детектора-частотомера;
- сканирующего анализатора проводных линий;
- детектора инфракрасных излучений;
- детектора низкочастотных магнитных полей;
- виброакустического приёмника;
- акустического приёмника.

Перевод прибора ST 031 «Пиранья» в любой из режимов осуществляется автоматически при подключении дополнительных внешних устройств (антенн, адаптера, датчиков, микрофона) к высокочастотному разъёму «RF ANT» или 7-ми штырьковому разъёму «PROBES».

Одновременно прибор может работать только в одном из перечисленных основных режимов. С подключением того или иного дополнительного внешнего устройства происходит инициализация соответствующего ему режима с выводом на экран дисплея сообщений вида: «RADIO-FREQUENCY CHANNEL»; «WIRE LINES ANALYSIS»; «INFRARED CHANNEL»; «VIBRO-ACOUSTIC CHANNEL»; «ACOUSTIC CHANNEL».

При отсутствии подключённых дополнительных внешних устройств (разъёмы «RF ANT» и «PROBES» свободны) с включением питания в приборе инициализируется режим высокочастотного детектора-частотомера, о чём свидетельствует сообщение на экране дисплея «RADIO-FREQUENCY CHANNEL».

## Описание комплекта прибора

Прибор выполнен в носимом варианте. Для его переноски и хранения используется специальная сумка-упаковка.

1. Основной блок управления, обработки и индикации.
2. Адаптер сканирующего анализатора проводных линий с устройством ослабления сигналов и светодиодными индикаторами наличия напряжения в проверяемой линии.
3. Насадки к адаптеру (типа «Игла»).
4. Насадки к адаптеру (типа «220»).
5. Насадки к адаптеру (типа «Крокодил»).
6. Головные телефоны.
7. Магнитная антенна детектора низкочастотных магнитных полей с устройством для обеспечения дифференциального режима работы.
8. Высокочастотная антенна детектора-частотомера.



**Комплектация прибора ST 031 «Пирания»**

9. Соединительный кабель для подключения магнитной антенны и инфракрасного датчика.
10. Выносной микрофон акустического приемника.
11. Инфракрасный датчик детектора инфракрасных излучений.
12. Выносной датчик виброакустического приемника.
13. Телескопическая антенна детектора-частотомера.
14. Переходник к телескопической антенне.
15. Наплечный ремень основного блока.
16. Подставка для основного блока.
17. Блок питания.
18. Батареи типа АА (4шт).

## Лабораторная работа №2

### Исследование виброакустического канала утечки информации

**Цель работы:** Исследовать эффективность пассивного и активного противодействия утечки речевой информации по виброакустическому каналу.

Лабораторная работа №2 включает: знакомство с многофункциональным поисковым прибором ST-031 «Пиранья» в области виброакустических измерений, знакомство с пассивным защитным экранированием и системой постановки маскирующей помехи «Соната-2АВ».

#### **Теоретические основы**

Для снижения разборчивости речи необходимо стремиться уменьшить отношение «уровень речевого сигнала/уровень шума» (сигнал/шум) в местах возможного размещения датчиков аппаратуры акустической разведки. Уменьшение отношения сигнал/шум возможно путем или уменьшения (ослабления) уровня речевого сигнала (*пассивные методы защиты*), или увеличения уровня шума (создания акустических и вибрационных помех) (*активные методы защиты*).

Порог слышимости – наиболее тихий звук, который еще способен слышать человек на частоте  $F = 1000$  Гц, соответствует звуковому давлению  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup>.

Громкость зависит от силы звука и его частоты, измеряется пропорционально логарифму силы звука и потому выражается количеством децибел, на которое данный звук превышает по интенсивности звук, принятый за порог слышимости. Единица измерения громкости – фон.

Уровень звукового давления - отношение величины звукового давления  $P$  к нулевому уровню, за который принято звуковое давление  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup>, выраженное в децибелах (дБ).

Уровень силы звука – отношение силы данного звука  $I$  к нулевому (стандартному) уровню, за который принята сила звука  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>, выраженное в децибелах (дБ).

Уровни звукового давления и силы звука, выраженные в децибелах, совпадают по величине:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{дБ} \quad (1.1)$$

где  $I, P$  - величины интенсивности, давления и скорости звуковых колебаний, действующих на органы слуха человека;

$I_0, P_0$  - значение тех же параметров на пороге слышимости.

Уровень акустического сигнала, берётся относительно напряжения, равного 0,1 мВ, что будет соответствовать 0 дБ.



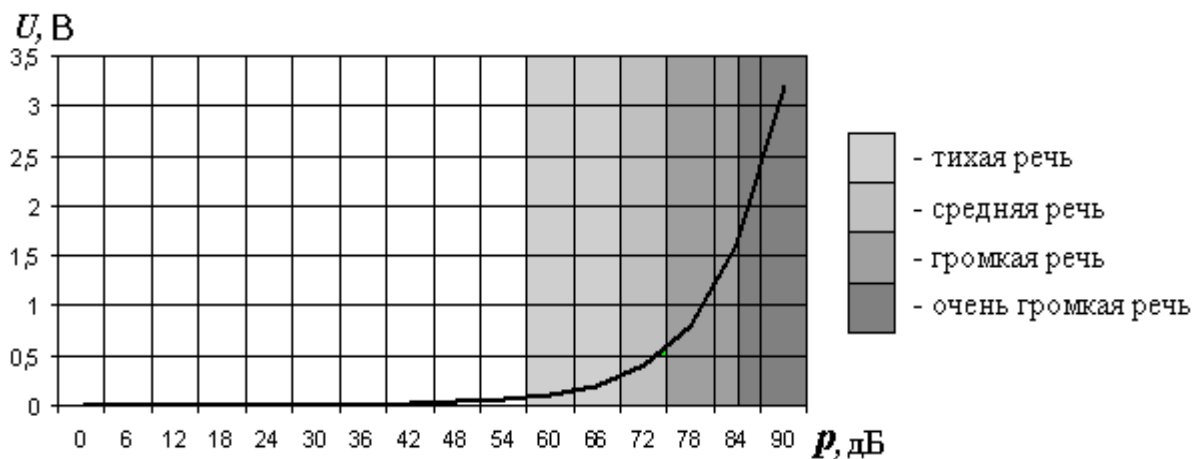


Рисунок 1.1 Перевод уровней акустического сигнала в напряжение.

Для теории связи понятие «защищённость» относится к качеству принимаемого сигнала и чем она выше, тем больше разница между минимальным уровнем сигнала и уровнем шума в канале связи

$$A_z = p_{s.min} - p_{ш} \quad (1.2)$$

Для сокрытия информации понятие «защищённость» имеет полностью противоположное значение. Под увеличением защищённости информации подразумевается снижение разборчивости речевого сигнала, то есть уменьшение разницы между уровнем сигнала и фоновым шумом.

Поэтому следует строго различать диаметрально противоположные понятия «защищённость сигнала» (в канале связи) и «защищённость информации» (переданной посредством речевого сообщения).

Для противодействия возможной утечки информации по акустическим и виброакустическим каналам применяют пассивные и активные средства защиты.

К пассивным средствам защиты относятся звукоизолирующие и рефракционные перегородки, а также звукопоглощающие покрытия.

К активным средствам защиты относятся устройства постановки маскирующей помехи. Эти устройства вырабатывают шумоподобный сигнал, который совпадает по спектру с речевым и перекрывает его.

Виброакустическая маскировка заключается в создании маскирующих акустических и вибрационных помех предполагаемым средствам разведки. Акустическая маскировка эффективна для защиты речевой информации от утечки по всем каналам, вибрационная – только по виброакустическому.

### ***Режим виброакустического приёмника***

В этом режиме прибор ST-031 обеспечивает приём от внешнего виброакустического датчика и отображение параметров низкочастотных сигналов в диапазоне от 300 до 6000Гц.

Количественная оценка состояния защиты осуществляется на основе анализа автоматически выводимой на экран дисплея осциллограммы, отображающей форму принятого сигнала и текущее значение его амплитуды.

Качественная оценка состояния защиты основана на непосредственном прослушивании принятого низкочастотного сигнала и анализе его громкости и тембровых характеристик. Для этого используется либо встроенный громкоговоритель, либо головные телефоны.

### ***Содержание отчета***

Итогом работы является обработка серии измерений, снятых при различных условиях для тестовых частот и выводы об эффективности различных мер защиты речевой информации.

В отчете необходимо привести:

- цель работы;
- схемы измерений;
- таблицы значений измеренных величин и графики АЧХ для каждой серии измерений;
- расчет защищённости сигнала;
- выводы по выполненным исследованиям.

### **Описание лабораторной установки.**

Для проведения лабораторной работы понадобятся: прибор ST-031 с датчиком 12; генератор звуковых частот ГНЧ-3; устройство постановки маскирующей помехи «Соната-2 АВ» с комплектом вибро-излучателей; стол с макетами звукоизолирующих ограждающих перегородок; звукоизолирующая камера.

В лабораторной работе рассматриваются особенности практического использования прибора для оценки эффективности звукоизоляции различных ограждающих перегородок и постановки активной защиты посредством виброакустической маскирующей помехи.

## 1. Тестовая проверка и порядок управления прибором ST- 031

### 1.1. Порядок управления в режиме виброакустического приёмника.

1.1.1. Подключить выносной виброакустический датчик к разъёму «PROBES» на верхней панели прибора.

1.1.2. Включить питание прибора.

1.1.3. Осциллографический контроль параметров принимаемого сигнала по виброакустическому каналу включается автоматически.

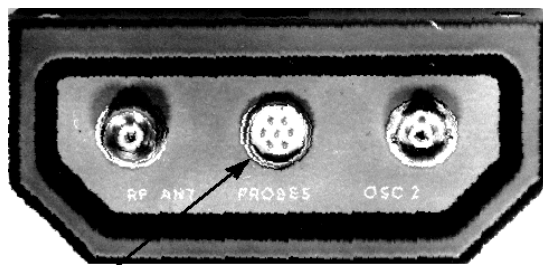


Рисунок 1.2

Визуально по амплитуде и характеру сигнала на осциллограмме и «на слух» по его разборчивости и качеству во встроенном громкоговорителе или головных телефонах оценить уровень и тембровые характеристики преобразованного звукового сигнала.

1.1.4. Нажать кнопку «RUN/STOP» и остановить (при необходимости) динамические измерения. Повторным нажатием этой кнопки возобновить вывод на экран динамически изменяющейся осциллограммы.

1.1.5. Нажать кнопку «MUTE» и последующими нажатиями кнопок «+» и «-» установить необходимую громкость сигнала, выводимого либо на встроенный громкоговоритель, либо на головные телефоны.

1.1.6. Нажать кнопку «SA» и перейти (при необходимости) к анализу спектра сигнала, принятого по виброакустическому каналу.



Рисунок 1.3

1.1.7. В случае сбоев в работе нажать кнопку «RESET» и осуществить перезапуск прибора.

## 2. Определение звукоизоляции ограждающей поверхности

В данной работе производится оценка звукоизоляции ограждающей поверхности, в качестве которой используются специальные перегородки, устанавливаемые на макетном столе внутри звукоизолирующей камеры. Для оценки звукоизоляционных свойств ограждающих перегородок тестовый источник звука располагается на расстоянии 1 метра от обследуемой поверхности. Датчик располагается в центре с другой стороны поверхности, как показано на рисунке 2.1.

Качественно «на слух» (с помощью головных телефонов) определите громкость принимаемого сигнала. Количественно по спектрограмме с помощью курсорных измерений определите уровень сигнала, соответствующий  $L_{ср}$ . Оцените снижение уровня звукового сигнала при его распространении в тракте «источник сигнала – ограждающая перегородка – приёмник аппаратуры речевой разведки (датчик аппаратуры контроля)» за счёт свойств ограждающих поверхностей по формуле:

$$a_{ограждi} = L_{с.i} - L_{ср.i}, \text{ дБ} \quad (2.1)$$

Произведите измерения во всех октавных полосах. Осциллограмму и спектрограмму для одной частоты занесите в отчёт и визуально оцените наличие наименее ослабленных составляющих спектра. Это даёт возможность принять обоснованное решение о необходимости дополнительной защиты, в том числе и активной, и выбор характеристик средств защиты.

2.1. Подключить внешний виброакустический датчик (12) к разъёму «PROBES».

2.2. Разместить акустический излучатель источника звука и ограждающую перегородку с вибродатчиком прибора ST-031 на фиксированном расстоянии 1,0 метр (рисунок 2.1) внутри звукоизолирующей камеры.

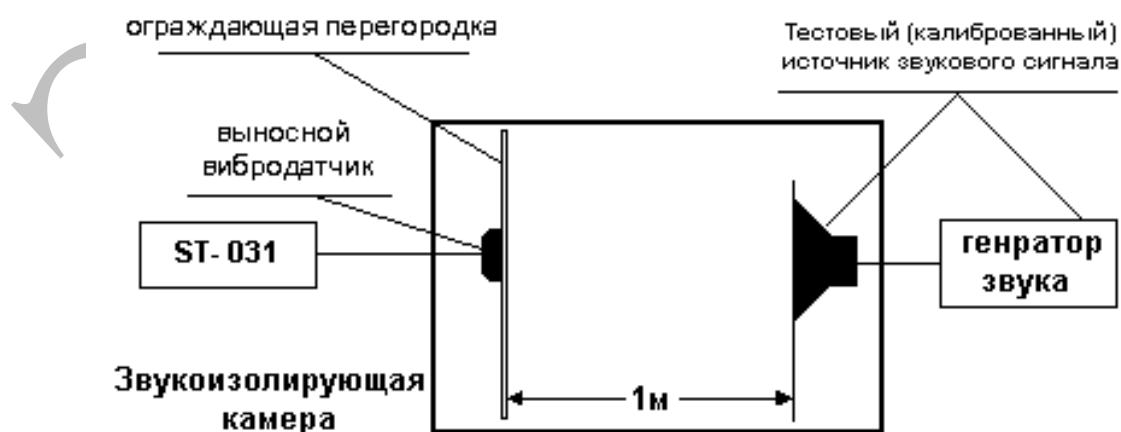


Рисунок 2.1 Схема калибровки индикаторов уровня звукового сигнала прибора ST-031

2.3. Включите источник тестового сигнала (генератор) на частоте 1000 Гц и установите уровень звука, соответствующий громкой речи (76 дБ → 0,7В). Установите соответствие между этим уровнем и показаниями прибора ST-031 в режимах осциллографа и анализатора спектра. Для этого нажать кнопку прибора «OSC» и просмотреть осциллограмму. Зарисовать в отчёт.

2.4. Перейти в режим спектроанализатора. Нажать кнопки «SA» и «SET». Выбрать из меню нажатием кнопок «▲» и «▼» значение «3 – Line average ON/OFF» в положение «ON» (кнопками «▶» и «ENTER»). Включается функция линейного усреднения гармоник спектра. Полученную спектрограмму занесите в отчёт.

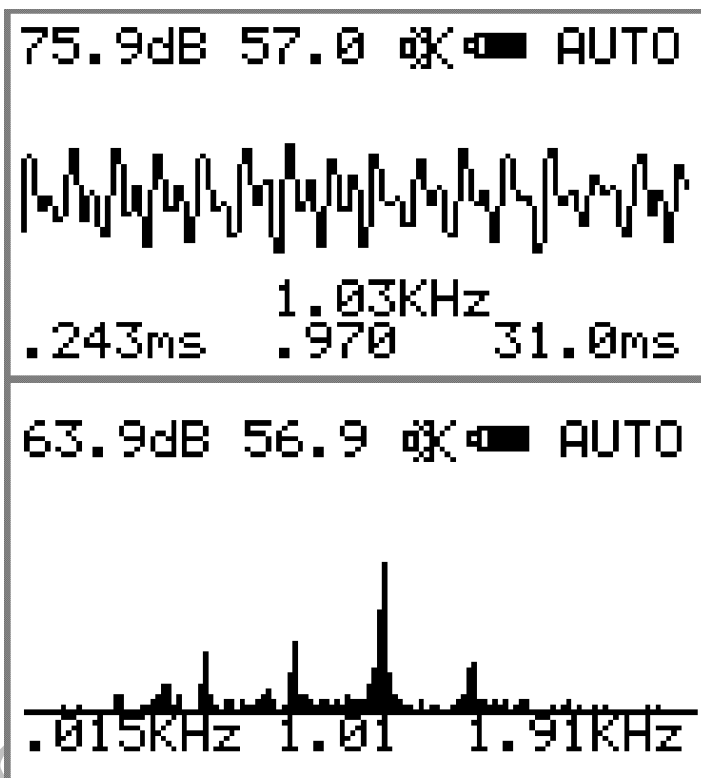


Рисунок 2.2

2.5. Нажать кнопки «RUN/STOP». Спектрограмма на экране «замирает», а в его правом верхнем углу появляется надпись «STOP». На экран выводится вертикальный маркер, перемещение которого вдоль горизонтальной оси осуществляется под управлением кнопок «◀» и «▶». Измеренные значения частоты и амплитуды составляющих спектра, соответствующие положению маркера, отображаются в средней части нижней и верхней строк экрана, соответственно. Амплитуда сигнала на заданной частоте будет указываться в вольтах. Для перевода измерения в [дБ] относительно 0,1 мВ в режиме «SA» нажать «SET» и «8».

2.6. С помощью источника тестовых сигналов необходимо последовательно задавать частоты, соответствующие средним октавным полосам. Так как прибор ST-031 обеспечивает приём на внешний выносной виброакустический датчик и отображение параметров акустических сигналов в диапазоне от 300 до 6000 Гц, то весь этот диапазон можно разделить на 5 октавных полос.

Аналогичные измерения уровня тестового сигнала  $L_c$  и фонового шума  $L_{ф.ш.}$  провести для всех необходимых частот, и определить разность  $A_{zi}$  по формуле (2.1).

2.7. Измеренные значения занести в Таблицу 2.1.

2.8. Произвести все аналогичные измерения для других ограждающих перегородок. Измеренные значения занести в Таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты определения звукоизоляции ограждения

частота, [Гц]		310	625	1250	2500	5000
Гипсокартон	$L_{ф.ш.i}$ , [дБ]					
	$L_{ср.i}$ , [дБ]					
	$A_{zi}$ , [дБ]					
Стекло	$L_{ф.ш.i}$ , [дБ]					
	$L_{ср.i}$ , [дБ]					
	$A_{zi}$ , [дБ]					
Потолочная панель	$L_{ф.ш.i}$ , [дБ]					
	$L_{ср.i}$ , [дБ]					
	$A_{zi}$ , [дБ]					

2.9. По результатам измерений (таблице 2.1) построить сводный график зависимостей АЧХ звукоизоляции различных ограждающих поверхностей и их защищённости (без фонового шума).

### 3 Сравнительная оценка эффективности системы активной и пассивной защиты помещения

Параметры измерений для пассивной защиты ограждающих перегородок можно взять из пункта 2.8.

#### Определение уровней шумов системы активной защиты (зашумления) $L_{шi}$ .

3.1.1. Подключить соответствующие ограждающей поверхности виброизлучатели АИ-45 системы акустической защиты «Соната» к каналу 1 и включить данный прибор. Расположить АИ-45 рядом с источником тестового сигнала (он должен быть выключен) и провести измерения уровней шумов, соответствующих номеру 9 на шкале прибора. Произвести действия аналогично рассмотренным в п.2 для указанных октавных частот. Результаты измерений  $L_{ш1} \dots L_{ш5}$  занесите в таблицу 3.1.

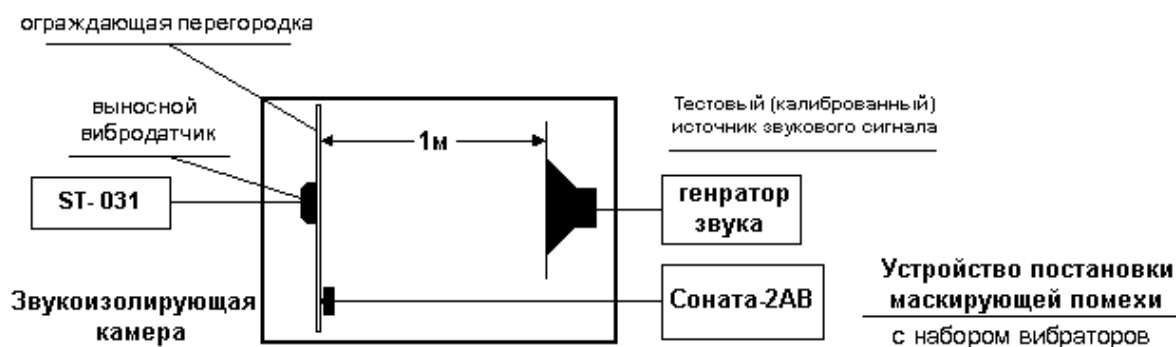


Рисунок 3.1 Вариант оценки звукоизоляции ограждающей перегородки при использовании активной защиты

3.1.2. Рассчитайте для каждой октавной полосы отношение «уровень речевого сигнала/уровень шума» по формуле:

$$q_i = L_C - L_{\text{ш}i}, \text{ (дБ)} \quad (3.1)$$

Таблица 3.1 – Результаты определения отношений “сигнал/шум” в октавных полосах

частота, [Гц]		310	625	1250	2500	5000
Гипсокартон	$L_{Ci}$ , [дБ]					
	$L_{\text{ш}i}$ , [дБ]					
	$q_i$ , [дБ]					
Стекло	$L_{Ci}$ , [дБ]					
	$L_{\text{ш}i}$ , [дБ]					
	$q_i$ , [дБ]					
Потолочная панель	$L_{Ci}$ , [дБ]					
	$L_{\text{ш}i}$ , [дБ]					
	$q_i$ , [дБ]					

3.1.3. По результатам измерений (таблице 3.1) построить сводный график зависимостей АЧХ звукоизоляции различных ограждающих поверхностей при использовании активной виброакустической защиты и их защищённости.

#### 4. Выводы.

На основании проведённых измерений и расчётов постройте по таблицам совместный график АЧХ защищённости аудио информации при пассивной и активной виброакустической защите и сделайте вывод об эффективности этих систем.

## 5. Контрольные вопросы.

1. Решение каких контрольно-поисковых задач возможно с использованием прибора ST-031 «Пиранья»?
2. Какие основные режимы измерения прибора ST-031 вы знаете?
3. Относительно какого напряжения берётся уровень акустического сигнала соответствующий 0 дБ?
4. Какой уровень акустического сигнала соответствует громкой речи?
5. В каком диапазоне частот обеспечивает приём сигнала на внешний виброакустический датчик прибор ST-031?
6. В чём различие акустического и виброакустического сигнала?
7. В чём достоинства и недостатки пассивных средств защиты?
8. В чём достоинства и недостатки активных средств защиты?
9. Какими датчиками комплектуется прибор ST-031 для аудио и виброконтроля, их принцип работы и характеристики?
10. В каком виде возможен вывод информации на встроенный дисплей прибора ST-031 в режиме акустического приёмника?
11. Что такое «октавные полосы» и как они определяются?
12. В чём разница между «защищённостью сигнала» (в канале связи) и «защищённостью информации» (переданной посредством речевого сообщения)?

## Список литературы.

1. Защита от утечки информации по техническим каналам: Учебное пособие для вузов / Г.А. Бузов, С.В. Калинин, А.В. Кондратьев – М.: Горячая линия - Телеком, 2005. 416с.
2. Защита информации в системах мобильной связи: Учебное пособие для вузов / А.А. Чекалин, А.В. Заряев, С.В. Скрыль и др. – М.: Горячая линия - Телеком, 2005. 171с.
3. Многоканальные телекоммуникационные системы: Учебник для вузов / В.Н. Гордиенко, М.С. Тверецкий. – М.: Горячая линия - Телеком, 2005. 416с.
4. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей / Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н. и др. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. 510 с.
5. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / Под ред. В.И. Иванова. – М.: Горячая линия - Телеком, 2003. 232с.
6. Телекоммуникационные системы и сети - современные технологии. Том 1: Учебное пособие для вузов / Б.И. Крук, В.Н. Попантопуло, В.П. Шувалов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2003. 647с.