

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 08.09.2021 16:32:07  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждения высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра информационной безопасности

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О. Е. Локтионова  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.



**ПОКАЗАТЕЛЬ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ РЕЧЕВОЙ РАЗВЕДКЕ**

Методические рекомендации по выполнению лабораторной  
работы №10  
для студентов укрупненной группы специальностей и направ-  
лений подготовки 10.00.00 «Информационная безопасность»

УДК 621.(076.1)

Составитель: А.Л. Ханис

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Информационная безопасность» М.А. Ефремов

**Показатель противодействия акустической речевой разведке [Текст] : методические рекомендации по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.Л. Ханис. – Курск, 2017. – 27 с.: ил. 12, табл. 3. – Библиогр.: с. 27.**

Содержат сведения по вопросам изучения методов исследования противодействия акустической речевой разведке. Указывается порядок выполнения лабораторной работы, правила оформления отчета.

Методические рекомендации соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальности.

Предназначены для студентов укрупненной группы специальностей и направлений подготовки 10.00.00 «Информационная безопасность».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 24.11.17. Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 1,57. Уч.-изд. л. 1,42. Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно. 2152

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## **Введение**

Основой одного из формализованных методов оценки качества передачи речи является формантная теория разборчивости речи, согласно которой качество восприятия речи определяется ее формантной (а также слоговой, словесной, фразовой) разборчивостью.

Формантная теория разборчивости речи разработана на основе результатов лабораторных исследований. Она представляет собой инструмент, с помощью которого разборчивость элементов речи может быть или измерена, или же вычислена, по известным параметрам тракта передачи речи, и затем использоваться как численная объективная мера качества передачи речи. Стиль изложения последующего материала отражает направленность изучения предмета по защите информации. Оценка качества передачи речевых сообщений будет адекватна, с обратным знаком, оценке степени защищенности объекта информатизации от утечки ведущихся разговоров по вибрационным и акустическим каналам. Тракты передачи речи в нашем случае суть каналы утечки информации. Типичны такие тракты передачи речи: человек – воздушная среда, ограждающие конструкции, инженерные коммуникации (системы вентиляции, отопления и т.п.) – несанкционированный получатель.

В теоретической части работы рассмотрены основные элементы структуры речи и свойства слуха человека. Описаны, в сравнении, возможности слуха реализовать способности подслушивать непосредственно и с использованием технических средств перехвата информации.

В практической части работы изложена методика инструментальной проверки уровня защищенности помещений на объектах информатизации от утечки речевой информации (ведущихся разговоров) по акустическим и вибрационным каналам. Приведены технические характеристики и описан порядок обращения для типового оборудования, используемого при проведении названных проверок.

### **1. Цель работы**

1. Понять возможность практических приложений основных положений формантной теории разборчивости речи при проведении работ по оценке защищенности объектов информатизации от утечки речевой информации по акустическим и вибрационным каналам.

2. Освоить методику инструментальной оценки защищенности помещений от утечки речевой информации по акустическим и вибрационным каналам и научиться пользоваться измерительной аппаратурой с целью последующего практического применения полученных знаний при построении комплексных систем защиты объектов информатизации.

## 2. Теоретическая часть

### 2.1. Структура речевого сигнала

В качестве иллюстрации на рис. 1 показана объемная модель речевого сигнала.

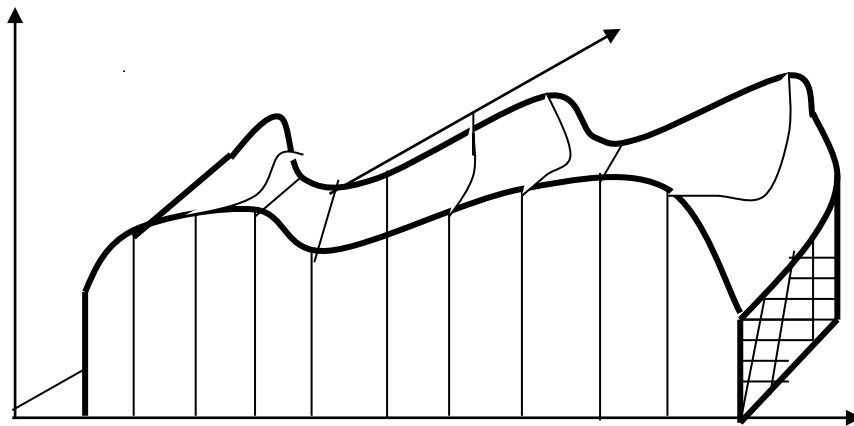


Рис. 1. Объемная модель речевого сигнала

По объемной модели можно представить, что амплитудный состав речи, т.е. распределение энергии речи по уровням в зависимости от частоты, в динамике постоянно колеблется, однако если наблюдать речь в течение длительного времени, то можно определить довольно устойчивое (статистическое) значение этого уровня.



Уровень речи $V_{pi}$ для интегрального уровня 76 дБ	59	72	72	67	62	59	55
Уровень речи, $V_{pi}$ для интегрального уровня 70 дБ	53	66	66	61	56	53	49
Уровень речи, $V_{pi}$ для интегрального уровня 64 дБ	47	60	60	55	50	47	43

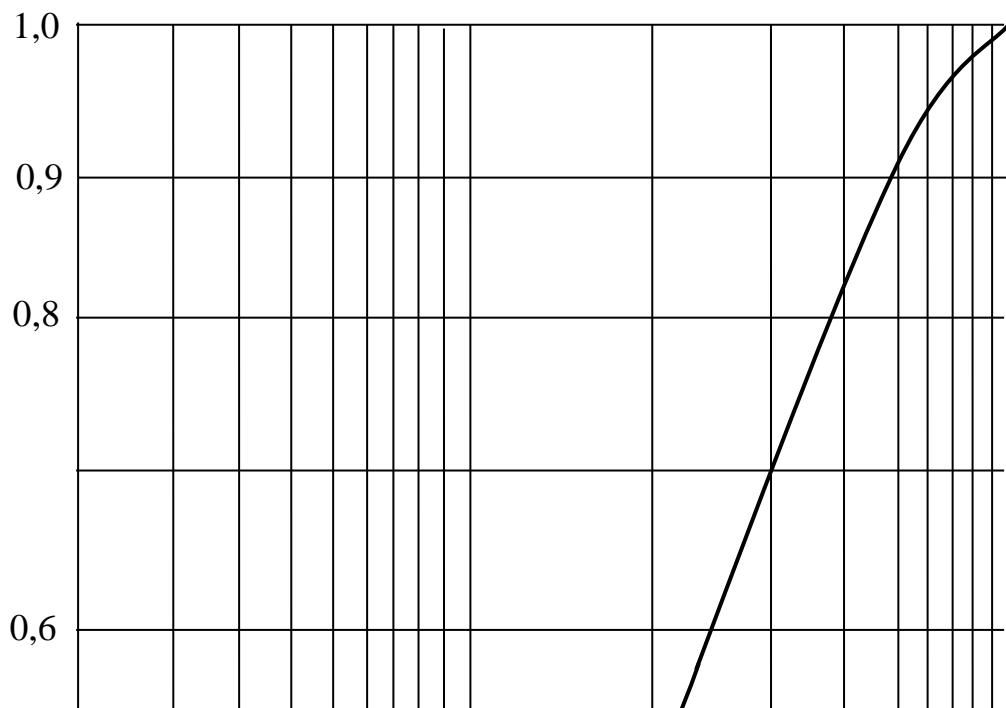
Одной из важных характеристик речи является ее формантный спектр. Области концентрации энергии в частотном диапазоне, получающиеся при произнесении какого либо звука речи, и носят название формант. Каждый звук речи имеет несколько формант. Форманты полностью заполняют весь частотный диапазон речи. В зависимости от статистической частоты повторения звука речи, различается частота встречаемости формант в различных участках речевого диапазона.

Формантная структура звука мало зависит от особенностей голоса, но определяется языковыми конструкциями языка. Для русского языка, например, характерно наличие трех ярко выраженных формантных областей, для английского языка двух и т.п.

Поскольку форманты значительно мощнее других составляющих, то они-то главным образом и воздействуют на ухо слушающего, формируя звучание того или иного звука, а разборчивость передаваемой речи зависит, прежде всего, от того, какая часть формант дошла до уха слушающего без искажений.

Формантное распределение  $k = \varphi(f)$ , характеризующее частоту встречаемости формант в различных участках речевого диапазона, позволяет определять границы и средние частоты равноартикуляционных (равноразборчивых) полос, необходимые для расчета разборчивости.

Сопоставляя значения разборчивости формант  $A$  и частоты  $f$  при одинаковых значениях разборчивости слогов, получено приведенное на рис. 3 формантное распределение по всему речевому диапазону в интегральной форме.



Весовые коэффициенты  $i$ -ой дискретной полосы частот вычисляются по формуле:

$$k_i = k_{\text{в}} - k_{\text{н}}, \quad (2.1)$$

где  $k_{\text{в}}$  и  $k_{\text{н}}$  – весовые коэффициенты для верхней и нижней граничных частот рассматриваемой полосы спектра.

Поскольку, согласно формантной теории разборчивости речи, понятность речи определяется только формантами, представляет интерес выделить и построить их спектр отдельно. На рис. 4 приведена усредненная кривая спектра формант русской речи для интегрального уровня звукового давления 94 дБ (1 Па), пунктиром обозначена кривая спектра речи в целом. Как видно из графиков, спектры речи и формант не тождественны.



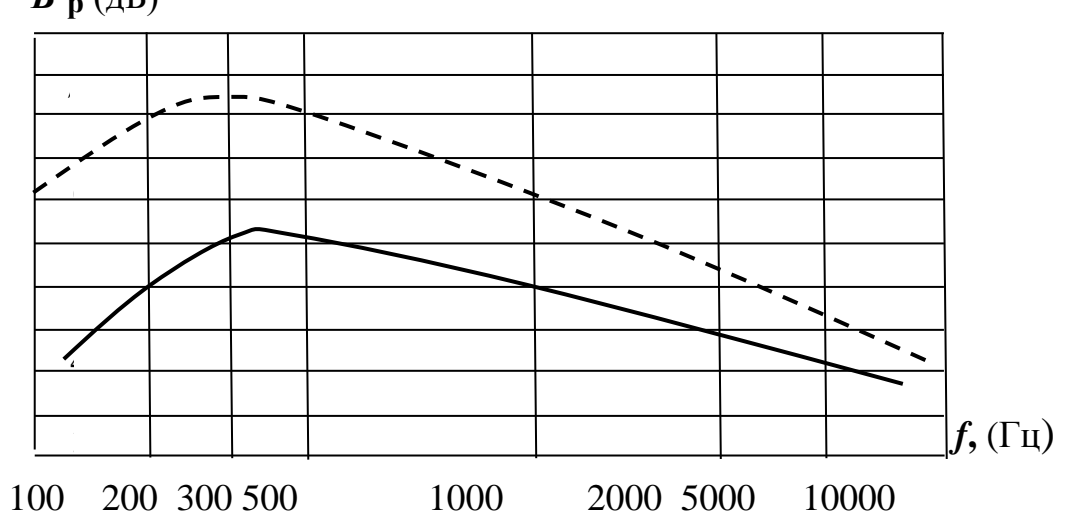


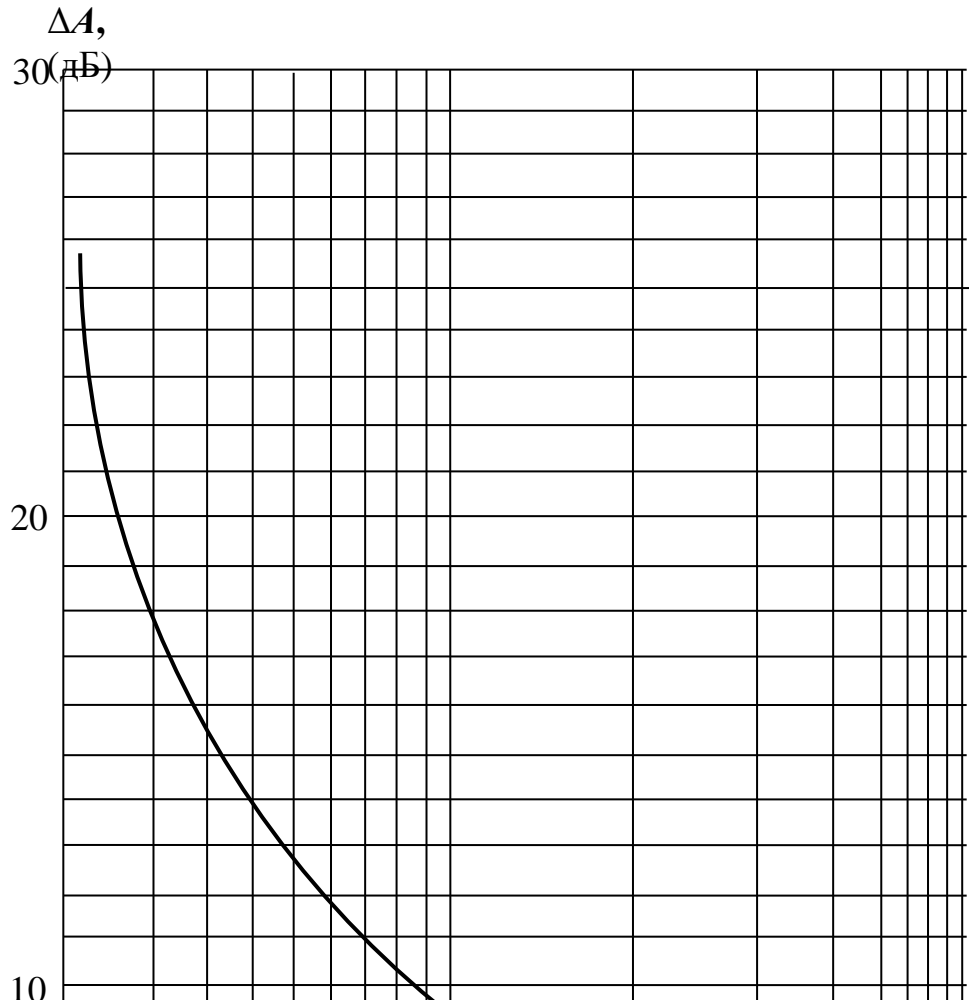
Рис. 4. Формантный спектр русской речи

Разность между уровнем речи в целом и уровнем формант  $B_p - B'_p$  представлена на рис. 5 в виде частотной зависимости  $\Delta A = \varphi(f)$ , характеризующей энергетическую избыточность поддиапазонов.

Формантный параметр  $i$ -ой полосы частот  $\Delta A_i$  находится из графика по соответствующему значению среднегеометрической частоты данной полосы. Значение среднегеометрической частоты любой полосы определяется по формуле:

$$f_{\text{ср}} = \sqrt{f_{\text{в}} f_{\text{н}}}, \quad (2.2)$$

где  $f_{\text{в}}$  и  $f_{\text{н}}$  значения верхней и нижней частот соответственно, ограничивающих данную полосу.

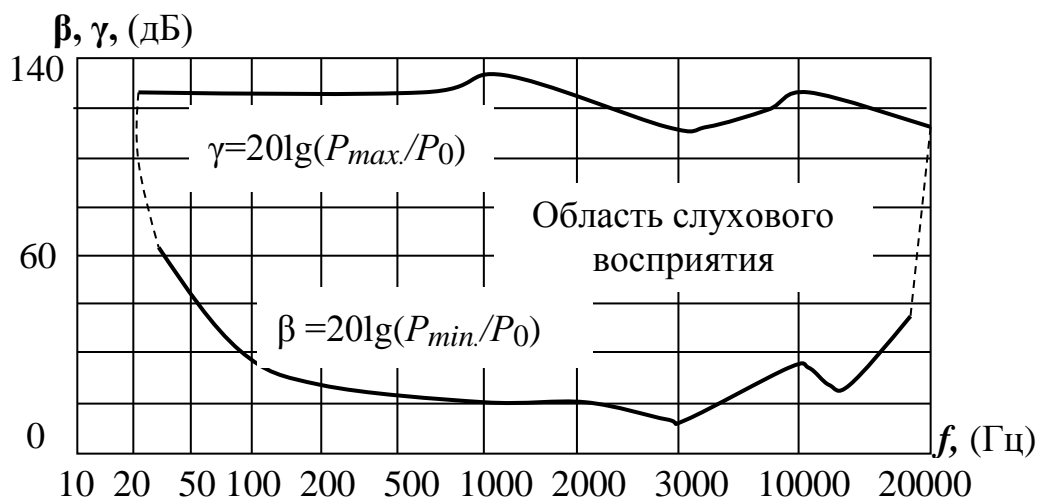


## 2.2. Возможности и свойства слуха

Минимальное звуковое давление (или интенсивность звука), ниже которого ухо не воспринимает звук, характеризует остроту слуха и зависит от частоты.

Существует также максимальное для каждой частоты звуковое давление, выше которого ухо теряет ощущение звука и воспринимает колебания как болевые раздражения.

На рис. 6 область слухового восприятия человека обозначена некоторыми среднестатистическими (усредненными) кривыми порога слышимости  $\beta$  и болевого ощущения  $\gamma$ .



При реализации задачи скрытного перехвата акустической информации, в подавляющем большинстве реальных условий, необходимо использование миниатюрных акустических датчиков и малогабаритных подслушивающих устройств.

Из чувствительных, в миниатюрном исполнении, микрофонов, на сегодняшний день это микрофоны конденсаторные и электретные. Для большинства названных микрофонов чувствительность составляет 1...2,0 мВ/Па. Отсюда, например, при уровне звукового давления в 20 дБ (для чувствительности это, по абсолютному значению, в десять раз хуже порога слышимости слухового аппарата человека) напряжение электрического сигнала на выходе такого микрофона не будет превышать:

$$U_c \leq (1...2,0 \text{ мВ/Па}) \left( 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot 10^{\frac{20}{20}} \right) = 0,2...0,4 \text{ мкВ.}$$

Такие уровни электрического сигнала находятся на грани возможностей для регистрации большинством типов даже измерительной, высокочувствительной аппаратуры.

Самые высокочувствительные и малошумящие студийные и измерительные микрофоны имеют максимальную чувствительность до 50 мВ/Па и эквивалентные уровню звукового давления собственные шумы 5...10 дБ. Это достигается увеличением площади мембраны, приближением малошумящего, изготовленного на электровакуумных лампах, усилителя непосредственно к микрофонному капсюлю. Капсюль и усилитель размещаются в одном корпусе, выполненном из материала с высоким коэффициентом экранирования.

Таким образом, в условиях адаптации слухового аппарата к уровню речевого сигнала (громкость разговора остается постоянной) и отсутствии оказывающих маскирующее действие шумовых сигналов, возможности по чувствительности слухового аппарата вполне сопоставимы и даже существенно выше возможностей прослушивания этих же разговоров с помощью электронных средств.

Несомненным преимуществом при использовании электроники является то, что прослушивание может вестись в более комфортных для уха условиях (без необходимости напрягать слух при слабых уровнях перехватываемых сигналов). А также высокая объ-

ектовая адаптация, т.е. возможность реализации при приеме информации тех каналов утечки акустического и структурного (распространяющегося в твердых средах) звука, которые физически не доступны человеку для непосредственного подслушивания.

Свойство уха изменять свою чувствительность, приспособляясь к громкости воспринимаемого звука, называется адаптацией слуха. Само по себе свойство адаптации слуха является положительной особенностью, так как обеспечивает оптимальное взаимодействие организма с окружающей средой. При слушании тихих звуков порог слышимости опускается и слух обостряется. При приеме очень громких звуков происходит повышение порога слышимости, т.е. как бы загробление слуха, что также повышает комфортность восприятия звуков, за счет уменьшения степени раздражающего воздействия на нервные окончания слухового аппарата. Однако, процесс адаптации слуха происходит не мгновенно, а с некоторым запаздыванием во времени. В результате чего, при достаточно резких и частых изменениях уровня громкости разговоров, часть информативного речевого сигнала принимаемого органами слуха может теряться.

В электронных подслушивающих устройствах негативный эффект адаптации слуха исключается с использованием схем автоматической регулировки уровня (АРУ).

Если одновременно с передаваемым полезным звуком на ухо действует посторонний мешающий звук (помеха), то, при некоторых соотношениях уровней и частоты воспринимаемых звуков, мешающий звук может полностью или частично заглушить полезный звук. Полезный звук называется при этом маскируемым, а посторонний маскирующим.

Маскировка звука напрямую связана с адаптацией слуха, а эффект маскировки, в первую очередь, определяется уровнем маскирующего звука.

**В современных подслушивающих системах применяются различные, достаточно эффективные методы шумочистки сигналов. Причем очистка от шума может осуществляться как в реальном времени (в момент подслушивания), так и при последующей обработке записанных разговоров в лабораторных условиях.**

Из вышеизложенного материала очевидно следующее. В условиях высокой динамической нестабильности (изменения уровней) речевого сигнала, а также при наличии маскирующих шумов, несомненными, принципиально не реализуемыми слуховым аппаратом человека, достоинствами при перехвате речевой информации техническими средствами являются возможности обеспечить автоматическую регулировку усиления перехватываемых сигналов и фильтровать маскирующие помехи.

Если громкость звука величина субъективная, то под уровнем ощущения звука понимается величина превышения уровня звука над порогом слышимости. Так, если некоторый звук является чистым тоном на частоте  $f$ , уровень которого равен  $L_f$ , а пороговый уровень чувствительности на этой частоте равен  $\beta_f$ , то уровень ощущения этого звука находится по формуле:

$$E_f = L_f - \beta_f.$$

Если, например, требуется определить эффективный уровень ощущения некоего звука для сплошного спектра, спектральный уровень которого равен  $L_n$ , используется формула:

$$E_n = L_n - \beta_n + \delta,$$

где  $\delta$  – величина учитывающая интеграцию слуховых возбуждений, составляющими звука сплошного спектра.

В условиях присутствия шумов уровень ощущения звука в  $i$ -ой полосе частот будет определяться соотношением:

$$E_i = L_{\text{сигн.}i} - L_{\text{шума } i}, \quad (2.3)$$

где  $L_{\text{сигн.}i}$  и  $L_{\text{шума } i}$  – уровень полезного звука и уровень шума в  $i$ -ой полосе частот соответственно.

Эффективный уровень ощущения формант определяется значением эффективного уровня ощущения звука за вычетом энергетической избыточности сигнала на соответствующей частоте (в соответствующей полосе):

$$E_{\text{ф.}i} = E_i - \Delta A_i, \text{ или } E_{\text{ф}i} = L_{\text{сигн.}i} - L_{\text{шума } i} - \Delta A_i. \quad (2.4)$$

Если передача речи происходит в условиях присутствия маскирующих шумов, то слушающий человек воспринимает не все форманты. Указанные потери учитываются коэффициентом восприятия  $w_i$ , физический смысл которого может быть истолкован как доля от общего числа формант в полосе частот, которая в данных условиях приема доходит до уха слушающего с уровнем выше порогового. Зависимость  $w = f(E_{\text{ф}})$  изображена на рис. 7.

Разборчивость формант в  $i$ -ой полосе частот (индекс артикуляции речи в полосе частот), естественным образом, зависит

от коэффициента их восприятия и весового коэффициента  $i$ -ой полосы и определяется по формуле:

$$A_i = w_i k_i. \quad (2.5)$$

Формантная разборчивость (интегральный индекс артикуляции речи) находится, в соответствии со свойством аддитивности восприятия формант, по формуле:

$$A = \sum_{i=1}^n A_i. \quad (2.6)$$

Все описанные выше величины могут быть элементарно измерены, то есть, оценены объективно. Зависимость словесной разборчивости от формантной отображается кривой  $W = f(A)$  на рис. 8.

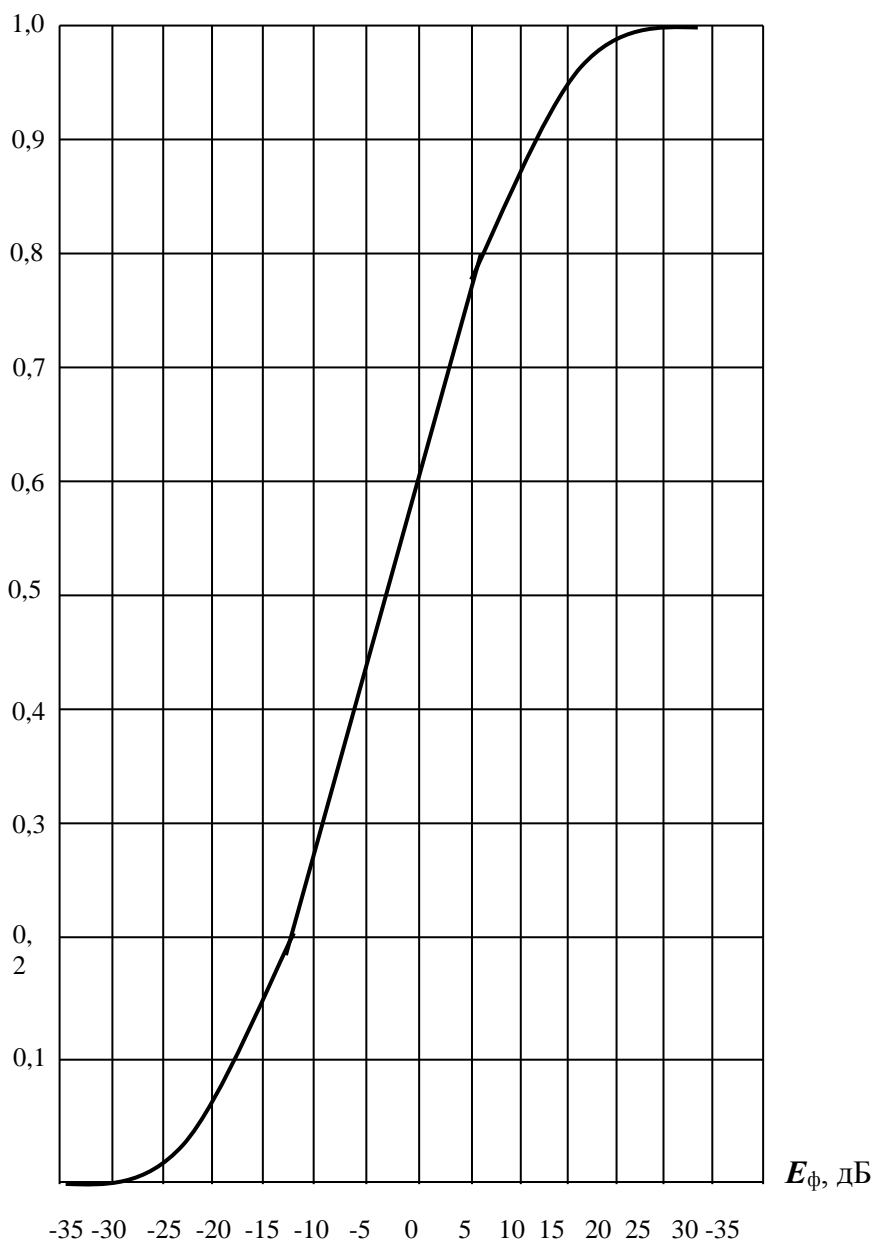


Рис. 7. Усредненная зависимость коэффициента восприятия от эффективного уровня ощущения

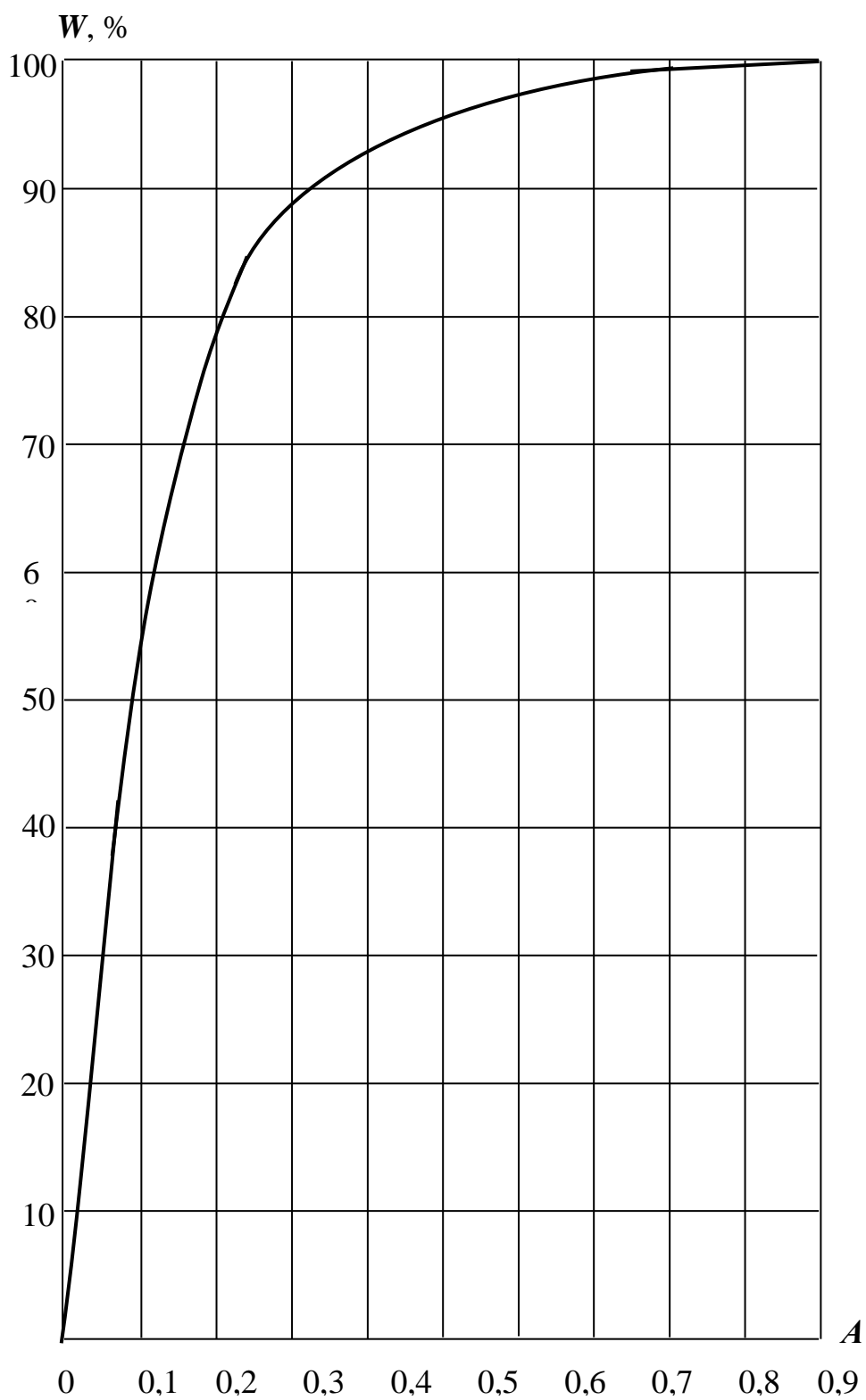


Рис. 8. Зависимость словесной разборчивости от разборчивости формантной

## **2.3. Заключение**

Итак, известно, что способности слухового восприятия информативной части разговоров человеком зависят не только от уровня звука речи, с учетом предельной чувствительности слухового аппарата или подслушивающих устройств, но и от отношения уровня звука речи к присутствующей акустической помехе (шуму). Степень смыслового усвоения человеком принимаемой речи, после аналитической обработки поступающих сигналов мозгом, напрямую связана с ее разборчивостью. В процессе экспериментальных исследований специалистами по защите информации было установлено, что при словесной разборчивости менее 60...70% невозможно составление подробной справки о содержании перехваченного разговора, а при словесной разборчивости менее 40...50% – краткой справки аннотации. При словесной разборчивости менее 20...30% значительно затруднено установление даже предмета ведущегося разговора, а при словесной разборчивости менее 10% это практически невозможно даже при использовании современной техники фильтрации помех.

Разборчивость речи, достигаемая на каком либо тракте, не зависимо от психофизиологических особенностей различных людей, характеризуется некоторыми среднестатистическими величинами и может быть не только измерена, но и вычислена аналитически, если известны акустические параметры этого тракта. Поэтому в основу методов оценки защищенности помещений от утечки ведущихся в них разговоров и были положены известные из формантной теории разборчивости речи зависимости между ощущением звука речи в различных участках речевого диапазона и ее разборчивостью в целом.

## **3. Порядок выполнения работы**

Выполнение работы включает в себя подготовительный этап, собственно проведение измерений и обработку результатов измерений.

На подготовительном этапе необходимо:



1. Изучить состав, основные технические характеристики используемого оборудования и порядок обращения с ним, вычислить необходимые поправочные и исходные коэффициенты;

2. Изучить исследуемый объект (помещение), в результате чего выбрать место установки излучателя акустического тестового сигнала и контрольную точку;

3. Организовать рабочее место (собрать измерительную установку), подготовить (составить) необходимые для сведения последующих результатов измерений и расчетов таблицы.

При проведении измерений следует:

1. Калибровать тестовый сигнал озвучивания, вычислить необходимые поправки;

2. В выбранной контрольной точке провести измерения уровней звука и уровней шума в каждой  $i$ -ой полосе.

Обработка результатов измерений сводится к расчету, по исходным данным и измеренным величинам, словесной разборчивости на выходе предполагаемого канала утечки информации и, соответственно, оценке уровня защищенности помещения от утечки информации по акустическому или вибрационному каналу.

### **3.1. Подготовительный этап**

3.1.1. *Состав и основные технические характеристики используемого оборудования, исходные данные для измерений.*

В состав оборудования входят:

- формирователь тестового сигнала (генератор синусоидальных сигналов низкой частоты ГЗ-109 );

- акустический излучатель (звуковая колонка мощностью 1-5 Вт);

- измеритель (шумомер *PSI 102* с октавным фильтром *OF 101*);

- акустический датчик (микрофон МК-102).

Ниже приведены основные технические характеристики приборов, используемых при проведении лабораторной работы.

**Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-109.** Предназначен для регулирования, испытания и ремонта различных радиотехнических устройств в лабораторных и производственных условиях, в телевидении, радиовещании, акустике, технике связи. Внешний вид генератора приведен на рис. 9.



Рис. 9. Внешний вид генератора ГЗ-109

Диапазон генерируемых частот генератора от 20 Гц до 200 кГц перекрывается четырьмя поддиапазонами с плавной перестройкой внутри поддиапазонов:

- I поддиапазон (x1) – от 20 до 200 Гц;
- II поддиапазон (x10) – свыше 200 Гц до 2 кГц;
- III поддиапазон (x10<sup>2</sup>) – свыше 2 до 20 кГц;
- IV поддиапазон (x10<sup>3</sup>) – свыше 20 до 200 кГц.

Назначение основных органов управления:

- "МНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ" – для переключения диапазонов;
- шкала частот "Hz" – для плавной установки частоты в пределах каждого поддиапазона;
- "НАГРУЗКА Ω" – для переключения нагрузок генератора;
- ручка аттенюатора 60 дБ, "15 mV" – "15 V" – для ступенчатой регулировки выходного сигнала;
- ручка потенциометра – для плавной установки уровня выходного сигнала;
- "СЕТЬ" – включение/выключение питания прибора.

Точный импульсный шумомер *PSI 202* с октавным фильтром *OF 101* и микрофоном *МК-102*. Предназначены для точных измерений уровней различных акустических сигналов и акустики помещений. Октавный фильтр служит для того, чтобы из смеси ча-

стот выделять всякий раз ширину одной октавы. Внешний вид шумомера с октавным фильтром и микрофоном приведен на рис. 10.



Рис. 10. Внешний вид шумомера *PSI 202* с октавным фильтром *OF 101* и микрофоном *МК-102*

При использовании микрофонов типа *МК-102* измеритель *PSI 202* обеспечивает измерение акустических сигналов в диапазоне частот 20 Гц...40кГц., в диапазоне звуковых давлений 17...140 дБ.

Назначение основных органов управления измерителя:

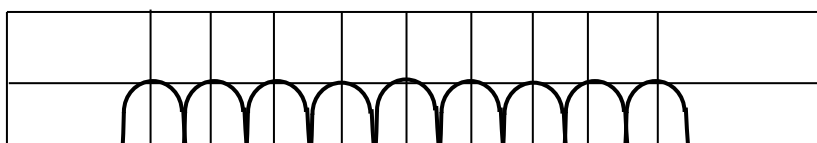
– «*BEREICH 1*» – переключатель диапазонов измерений с шагом 20 дБ;

– «*BEREICH 2*» – переключатель диапазонов измерений с шагом 10 дБ;

– «*Betriebsart*» – переключатель режимов работы (включение питания, с внутренними и внешним фильтрами, режим измерения быстрый и медленный);

– «*MITTELFREQUENZ*» (на октавном фильтре) – установка желаемого октавного диапазона по среднегеометрической октавной частоте.

Амплитудно-частотные характеристики октавного фильтра *OF 101* изображены на рис. 11.



### *3.1.2. Выбор места установки акустического излучателя и контрольных точек.*

Акустический излучатель можно установить на рабочем столе пользователя с характерной для обычной ситуации направленностью распространения акустических сигналов (речи).

Когда направления распространения речи однозначно предсказаны быть не могут самые корректные, субъективно независимые, выводы о защищенности помещения можно сделать, если обеспечивать оптимальный для перехвата уровень тестового сигнала на входе каждого предполагаемого канала утечки, и место установки акустического излучателя в таком случае принципиального значения не имеет.

Контрольную точку следует выбрать с внешней стороны ограждающих конструкций, в месте наиболее вероятном для возможного прослушивания помещения, или установки датчиков аппаратуры акустической разведки. Места с предположительно меньшей звукоизоляцией находятся напротив щелей и отверстий в строительных конструкциях, напротив стыков конструктивных элементов и пустот, напротив вентиляционных каналов, сетевых розеток, на трубах отопления и вентиляционных желобах и т.п. В случае двойного остекления окон вибрационные измерения необходимо проводить отдельно по каждому полотну.

### 3.1.3. Организация рабочего места, подготовка измерительных таблиц.

1. В соответствии со схемой на рис. 12 собрать измерительную установку.

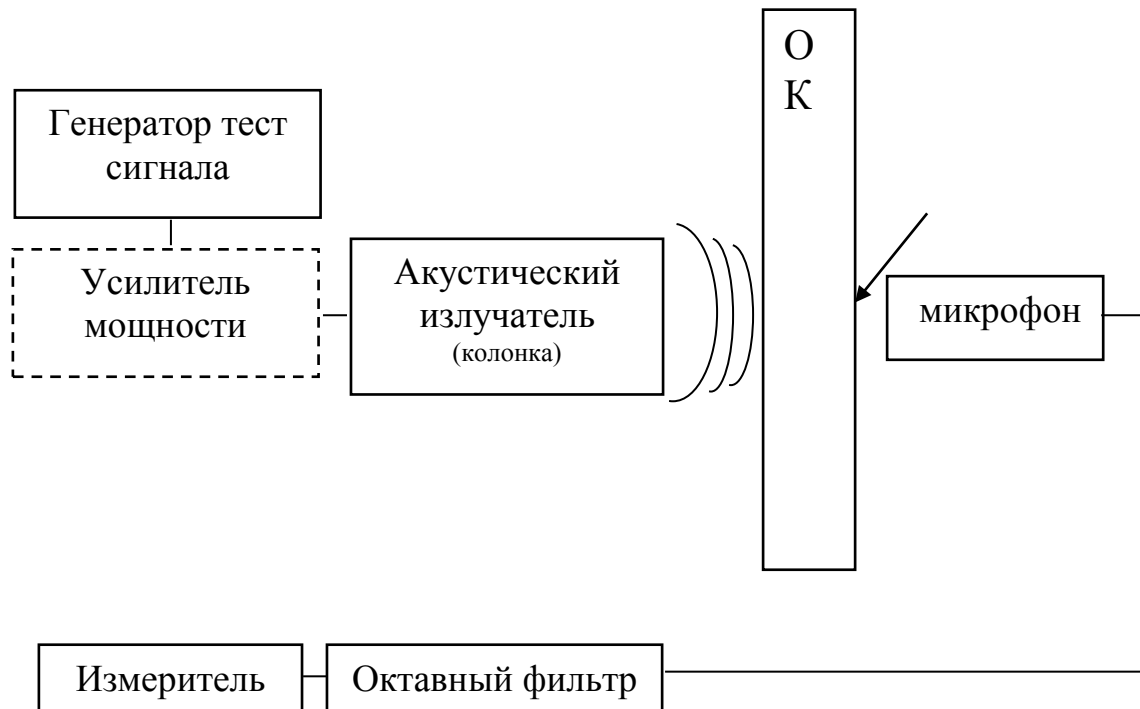


Рис. 12. Схема измерительной установки при проверке защищенности помещений от утечки речевой информации

Усилитель мощности использовать в случаях, когда, по предварительной оценке, тестовый сигнал озвучивания за пределами ограждающих конструкций уверенно не регистрируется (большой объем помещения, хорошая звукоизоляция и т.п.).

К звуковой колонке подключить генератор тестового сигнала. В выбранной за ограждающей конструкцией (ОК) контрольной точке (КТ) установить акустический датчик (микрофон).

2. Подготовить таблицу для вычисления необходимых, используемых в процессе измерения, исходных данных и поправочных коэффициентов. Как образец использовать табл. 2, для проведения измерений по пяти октавным полосам, с использованием точного импульсного шумомера *PSI 202* с октавным фильтром *OF 101*.

Таблица 2  
Исходные данные

Номер $i$ -ой полосы частот	Граничные частоты октавной полосы, $f_{ни} \dots f_{ви}$ , Гц	Значения весового коэффициента для нижней граничной частоты, $k_{ни}$	Значения весового коэффициента для верхней граничной частоты, $k_{ви}$	Весовой коэффициент октавной полосы, $k_i$	Среднегеометрическая частота октавной полосы, $f_{срi}$ , Гц	Формантный параметр октавной полосы, $\Delta A_i$ , дБ
1	2	3	4	5	6	7
1	175...355					
2	355...710					
3	710...1400					
4	1400...2800					
5	2800...5600					

Порядок вычисления исходных данных, поправочных коэффициентов и заполнения табл. 2:

а) по графику на рис. 3 определить весовые коэффициенты граничных частот октавных полос  $k_{н}$  и  $k_{в}$ , или рассчитать по формуле:

$$k(f) = \begin{cases} 2,57 \cdot 10^{-8} f^{2,4}, & \text{если } 100 < f \leq 400 \text{ Гц;} \\ 1 - 1,074 \exp(-10^{-4} f^{1,18}), & \text{если } 400 < f \leq 10000 \text{ Гц.} \end{cases}$$

Значения весовых коэффициентов граничных частот занести в графы 3, 4 табл. 2 соответственно. По формуле 2.1 рассчитать весовые коэффициенты октавных полос  $k_i$ . Значения весовых коэффициентов октавных полос занести в графу 5 табл. 2.

б) по формуле 2.2 рассчитать среднегеометрическую частоту для каждой  $i$ -ой октавной полосы  $f_{срi}$ . Значения граничных частот зависят от типов используемых фильтров, даются, как правило, в паспортах на изделия. В данном случае в графе 2 табл. 2 приведены частотные характеристики октавного фильтра OF 101. Иногда в паспорте на изделие даются также значения  $f_{срi}$ . Значения среднегеометрических частот занести в графу 6 табл. 2.

в) по графику на рис. 5 определить формантный параметр спектра сигнала  $\Delta A_i$ , или рассчитать по формуле:

$$\Delta A(f_{cp,i}) = \begin{cases} \frac{200}{f_{cp,i}^{0,43}} - 0,37, & \text{если } f_{cp,i} \leq 1000 \text{ Гц;} \\ 1,37 + \frac{1000}{f_{cp,i}^{0,69}}, & \text{если } f_{cp,i} > 1000 \text{ Гц.} \end{cases}$$

Значения формантных параметров занести в графу 7 табл. 2.

3. На примере табл. 3 подготовить измерительную таблицу для одной контрольной точки по акустическому каналу утечки информации.

Таблица 3  
Результаты измерений

Номер $i$ -ой полосы частот	Уровень тестового сигнала $L_{Ti}$ , (дБ)	$\sum L_{(c+ш)i}$ , (дБ)	$L_{шi}$ , (дБ)	Поправка для тестового сигнала $\Delta_{T,i}$ , (дБ)	$L_{ci}$ , (дБ)	$E_{fi}$ , (дБ)	$w_i$	$A_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
2								
3								
4								
5								

### 3.2. Порядок проведения измерений

1. С помощью генератора установить уровень тестового сигнала для каждой  $i$ -ой октавной полосы, достаточный для надежной регистрации в контрольной точке на фоне объектовых шумов. С помощью шумомера измерить значения уровней тестового сигнала в каждой  $i$ -ой октавной полосе  $L_{T,i}$  на расстоянии 1 метр от акустического излучателя. Измеренные значения занести в графу 2 табл. 3.

2. С помощью шумомера в выбранной контрольной точке при включенном генераторе тестового сигнала измерить интегральные уровни звука  $\sum L_{(c+ш)i}$  в каждой  $i$ -ой октавной полосе (в данном случае энергия измеренного сигнала будет складываться из энергии тестового сигнала и энергии объектового шумового сигнала). Измеренные значения интегральных уровней звука занести в графу 3 табл. 3.

3. С помощью шумомера в выбранной контрольной точке при отключенном генераторе тестового сигнала измерить уровни объектового шума  $L_{шi}$  в каждой  $i$ -ой октавной полосе. Измеренные значения уровней объектового шума занести в графу 4 табл. 3.

### 3.3. Обработка результатов измерений

1. Для каждой  $i$ -ой октавной полосы рассчитать поправку, учитывающую отклонение установленных при измерениях уровней тестового сигнала от уровней речи, существующих в реальных условиях функционирования объекта, которые указаны в табл. 1 (условия функционирования объекта – для тихого, спокойного или громкого разговора определяются заданием на проверку), по формуле:

$$\Delta_{Ti} = L_{Ti} - B_{pi}.$$

Значения поправки занести в графу 3 табл. 3.

2. Из измеренных значений интегрального уровня звука, уровня объектового шума и с учетом поправки рассчитать предполагаемые уровни сигнала речи в контрольной точке  $L_{ci}$  по формуле:

$$L_{ci} = 10 \lg \left[ 10^{0,1 \sum L_{(с+ш)i}} - 10^{0,1 L_{шi}} \right] - \Delta_{Ti}.$$

Значения уровней тестового сигнала занести в графу 6 табл. 3.  
Примечание: допускается принимать:

$$L_{ci} = \sum L_{(с+ш)i} - \Delta_{Ti}, \text{ если } \sum L_{(с+ш)i} - L_{шi} \geq 10 \text{ дБ.}$$

3. По формуле 2.4 рассчитать эффективный уровень ощущения формант в каждой  $i$ -ой октавной полосе  $E_{fi}$ . Значения эффективных уровней ощущения формант занести в графу 7 табл. 3.

4. По графику на рис. 7 определить коэффициенты восприятия формант в каждой  $i$ -ой октавной полосе  $w_i$ , или рассчитать по формуле:



$$w_i = \begin{cases} \frac{0,78 + 5,46 \exp\left[-4,3 \cdot 10^{-3} (27,3 - |E_{\phi i}|)^2\right]}{1 + 10^{0,1E_{\phi i}}}, & \text{если } E_i \leq \Delta A_i; \\ 1 - \frac{0,78 + 5,46 \exp\left[-4,3 \cdot 10^{-3} (27,3 - |E_{\phi i}|)^2\right]}{1 + 10^{0,1E_{\phi i}}}, & \text{если } E_i > \Delta A_i, \end{cases}$$

где  $E_i$  – уровень ощущения звука в  $i$ -ой полосе, рассчитывается по формуле 2.3. Значения коэффициентов восприятия занести в графу 8 табл. 3.

5. По формуле 2.5 рассчитать октавные индексы артикуляции речи для каждой  $i$ -ой октавной полосы  $A_i$ . Значения октавных индексов артикуляции занести в графу 9 табл. 3.

6. По формуле 2.6 рассчитать интегральный индекс артикуляции речи  $A$ .

7. По графику на рис. 8 определить словесную разборчивость в контрольной точке, или рассчитать по формуле:

$$W = \begin{cases} 1,54A^{0,25} [1 - \exp(-11A)], & \text{если } A < 0,15; \\ 1 - \exp\left(-\frac{11A}{1 + 0,7A}\right), & \text{если } A \geq 0,15, \end{cases}$$

8. Сделать выводы о возможности перехвата ведущихся в помещении разговоров в исследуемой контрольной точке.

#### 4. Требования к отчету

Отчет должен оформляться в текстовом редакторе Word на листах формата А4 в соответствии с требованиями ЕСКД и содержать полученные результаты и выводы. В отчете должен быть отображен процесс получения промежуточных и конечных величин. После определения промежуточных и конечных величин графическим путем, необходимо одно из группы идентичных значений подтверждать расчетами по предложенным формулам. Результаты расчетов необходимо свести в табл. 2 и 3.

Также отчет должен содержать вывод о степени защищенности помещения от утечки речевой информации по исследуемому акустическому каналу

#### 5. Контрольные вопросы

1. Распределение энергии сигнала русской речи по частотному диапазону.
2. Чем определяется формантная структура звука речи?
3. Формантный параметр речи. Физический смысл энергетической избыточности поддиапазонов.
4. Чем описывается область слухового восприятия человека?
5. Смысл понятий маскировки и адаптации слуха.
6. Основные величины и их соотношения, характеризующие разборчивость речи.
7. Выбор места установки излучателя тестового сигнала. Основные критерии.
8. Выбор контрольных точек. Основные критерии.
9. Состав и основные характеристики используемого в процессе измерений оборудования. Организация рабочего места для проведения измерений.
10. Очередность проведения инструментальной проверки.