

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

### 1 Краткие теоретические сведения

Защита конфиденциальной речевой информации является одной из важнейших задач в общем комплексе мероприятий по обеспечению безопасности информационного объекта или системы.

Для перехвата речевой информации злоумышленник может использовать широкий арсенал портативных средств акустической речевой разведки, позволяющих перехватывать речевую информацию по прямому акустическому, виброакустическому, акустооптическому, акустоэлектрическому и акустоэлектромагнитному (параметрическому) каналам утечки информации.

Защита речевой информации достигается проектно-архитектурными решениями, проведением организационных и технических мероприятий, а также выявлением электронных устройств перехвата информации. Использование тех или иных методов и средств определяется характеристиками объекта защиты и аппаратуры разведки, условиями ее ведения, а также требованиями, предъявляемыми к эффективности защиты речевой информации, в качестве показателя оценки которой наиболее часто используют словесную разборчивость речи  $W$ .

Для анализа словесной разборчивости речи целесообразно использовать инструментально-расчетный метод, основанный на результатах экспериментальных исследований, проведенных Н. Б. Покровским. Данный метод реализуется с использованием аттестованной измерительной аппаратуры специального применения и аналитических соотношений (1)-(10).

Суть метода заключается в следующем. Спектр речевого сигнала  $L$ , измеренного в возможном месте размещения приемника аппаратуры акустической разведки, разбивается на  $N$  частотных полос (например, октавных, третьоктавных и т.п.), в общем случае произвольных. Для каждой  $i$ -й частотной полосы ( $i = 1 \dots N$ ) рассчитывается среднегеометрическая частота  $f_{cp,i}$ , Гц:

$$f_{cp,i} = \sqrt{f_{в,i} \cdot f_{н,i}}, \quad (1)$$

где  $f_{н,i}$  – нижняя граничная частота  $i$ -й частотной полосы, Гц;  
 $f_{в,i}$  – верхняя граничная частота  $i$ -й частотной полосы, Гц.

На среднегеометрической частоте определяется формантный параметр  $\Delta A_i$ , дБ, характеризующий энергетическую избыточность дискретной составляющей речевого сигнала:

$$\Delta A_i = L_{cp,i}(f) - A_i(f), \quad (2)$$

где  $L_{cp,i}(f)$  – средний спектральный уровень речевого сигнала в месте измерения в  $i$ -ой спектральной полосе, дБ;

$A_i(f)$  – средний спектральный модальный уровень формант в  $i$ -ой спектральной полосе, дБ.

Средний спектральный уровень речевого сигнала  $L_{cp,i}(f)$  определяются по графику рисунка 1 на частотах  $f = f_{cp,i}$ .

Значения параметров  $A_i(f)$  определяются также на частотах  $f = f_{cp.i}$ , Гц, из соотношения (ошибка аппроксимации менее 1%):

$$A_i(f) = \begin{cases} \frac{200}{f^{0,43}} - 0,37, & \text{если } f \leq 1000 \text{ Гц;} \\ 1,37 + \frac{1000}{f^{0,69}}, & \text{если } f > 1000 \text{ Гц} \end{cases} \quad (3)$$

Для каждой  $i$ -й частотной полосы определяется весовой коэффициент  $k_i$ , характеризующий вероятность наличия формант речи в данной полосе:

$$k_i = k(f_{с.i}) - k(f_{н.i}), \quad (4)$$

где  $k(f_{с.i})$  и  $k(f_{н.i})$  – значения весового коэффициента для верхней  $f_{с.i}$  и нижней  $f_{н.i}$  граничной частот  $i$ -й частотной полосы спектра измеренного речевого сигнала.

Значения весовых коэффициентов  $k(f_{с.i})$  и  $k(f_{н.i})$  определяются из соотношения (ошибка аппроксимации менее 1 %):

$$k(f) = \begin{cases} 2,57 - 10^{-8} \cdot f^{2,4}, & \text{если } 100 < f \leq 400 \text{ Гц;} \\ 1 - 1,074 \cdot \exp(-10^{-4} \cdot f^{1,18}), & \text{если } 400 < f \leq 10000 \text{ Гц} \end{cases} \quad (5)$$

Для каждой частотной полосы на среднегеометрической частоте  $f_{ср.i}$  из аналитического соотношения (6) (ошибка аппроксимации менее 1%) определяется коэффициент восприятия формант слуховым аппаратом человека, представляющий собой вероятное относительное количество формантных составляющих речи, которые будут иметь уровни интенсивности выше порогового значения:

$$p_i = \begin{cases} \frac{0,78 + 5,46 \cdot \exp[-4,3 \cdot 10^{-3} \cdot (27,3 - |Q_i|)^2]}{1 + 10^{0,1|Q_i|}}, & \text{если } Q_i \leq 0; \\ 1 - \frac{0,78 + 5,46 \cdot \exp[-4,3 \cdot 10^{-3} \cdot (27,3 - |Q_i|)^2]}{1 + 10^{0,1|Q_i|}}, & \text{если } Q_i > 0, \end{cases} \quad (6)$$

где  $Q_i = \Delta A_i - L_{ш.i}(f) = (L_{ср.i}(f) - A_i(f)) - L_{ш.i}(f) = q_i - A_i(f)$ , дБ;  
 $L_{ш.i}(f)$  – уровень шума (помехи) в месте измерения в  $i$ -ой спектральной полосе, дБ;  
 $q_i = L_{ср.i}(f) - L_{ш.i}(f)$  – отношение “уровень речевого сигнала/уровень шума”, дБ.

С учетом (4) и (6) определяются спектральный индекс артикуляции речи  $R_i$  (четкости, членораздельности произношения):

$$R_i = p_i \cdot k_i \quad (7)$$

Рассчитывается интегральный индекс артикуляции речи:

$$R = \sum_{i=1}^N R_i \quad (8)$$

Из аналитического соотношения (9) (ошибка аппроксимации менее 1%) определяется слоговая разборчивость  $S$ :

$$S = \begin{cases} 4 \cdot R^{1,43}, & \text{если } R \leq 0,15; \\ 1,1 \cdot [1 - 1,17 \cdot \exp(-2,9 \cdot R)], & \text{если } 0,15 \leq R \leq 0,7; \\ 1,01 \cdot [1 - 9,1 \cdot \exp(-6,9 \cdot R)], & \text{если } R > 0,7. \end{cases} \quad (9)$$

Зависимость словесной разборчивости речи  $W$  от слоговой  $S$  аппроксимируется аналитическим соотношением (10) (ошибка аппроксимации менее 1%):

$$W = 1,05 \cdot \left[ 1 - \exp\left(-\frac{6,15 \cdot S}{1 + S}\right) \right] \quad (10)$$

Критерии эффективности защиты речевой информации во многом зависят от целей, преследуемых при организации защиты, например, скрыть смысловое содержание ведущегося разговора, скрыть тематику ведущегося разговора или скрыть сам факт ведения переговоров.

Словесная разборчивость речи отражает качественную область понятности, которую можно выразить в категориях подробности составляемой справки о перехваченном с помощью технических средств разведки разговоре. Шкала оценок качества перехваченного речевого сообщения имеет следующий вид:

1. при словесной разборчивости речи  $70 \leq W \leq 100$  % перехваченное речевое сообщение содержит количество правильно понятых слов, достаточное для составления подробной справки о содержании перехваченного разговора;

2. при словесной разборчивости речи  $50 \leq W < 70$  % перехваченное речевое сообщение содержит количество правильно понятых слов, достаточное только для составления краткой справки-аннотации, отражающей тему, предмет и общий смысл перехваченного разговора;

3. при словесной разборчивости речи  $30 \leq W < 50$  % перехваченное речевое сообщение содержит отдельные правильно понятые слова, позволяющие установить тему разговора;

4. при словесной разборчивости речи  $15 \leq W < 30$  % прослушивание фонограммы перехваченного речевого сообщения позволяет установить факт наличия речи, но нельзя определить тему разговора;

5. при словесной разборчивости речи  $W < 15$  % значительно затруднено определение признаков речи в перехваченном сообщении.

Если рассчитанное значение словесной разборчивости речи не превышает установленного (исходя из поставленных целей защиты помещения) нормированного (порогового) значения  $W < W_{\text{н}}$ , то принимается решение о выполнении норм защищенности речевой информации. Если рассчитанное значение словесной разборчивости речи выше установленного нормированного значения  $W \geq W_{\text{н}}$ , то принимается решение о необходимости использования мер защиты от соответствующего вида аппаратуры акустической речевой разведки.

## 2 Практическое задание

В соответствии с выданным вариантом по частотному спектру речевого сигнала, измеренному в контролируемой точке помещения (см. приложение А), и измеренному в этой же точке уровню шума рассчитать словесную разборчивость акустической речевой информации  $W$ . Расчеты произвести для 6 частотных полос спектра речевого сигнала, граничные частоты которых представлены в таблице 1. Результаты расчета представить в виде таблицы 2. Сделать вывод о качестве сообщения исследованного речевого сигнала и о выполнении норм защищенности речевой информации, если стоит задача только скрыть предмет и смысловое содержание разговора в помещении, т.е.  $W_{II} = 50 \%$ .

Таблица 1 – Граничные частоты заданных частотных полос спектра

№ частотной полосы	Нижняя частота $f_n$ , Гц	Верхняя частота $f_v$ , Гц
1	1000	2000
2	2000	3000
3	3000	4000
4	4000	5000
5	5000	6000
6	6000	7000

Таблица 2 – Результаты расчета

Вариант № __, $L_{ш} =$ __ дБ											
№ част. полосы	$f_{cp.i}$ , Гц	$L_{cp.i}$ , дБ	$A_i(f)$ , дБ	$\Delta A_i$ , дБ	$k_i$	$Q_i$ , дБ	$p_i$	$R_i$	$R$	$S$	$W$
1											
2											
3											
4											
5											
6											

Вариант №1, уровень шума  $L_{ш} = 60$  дБ.

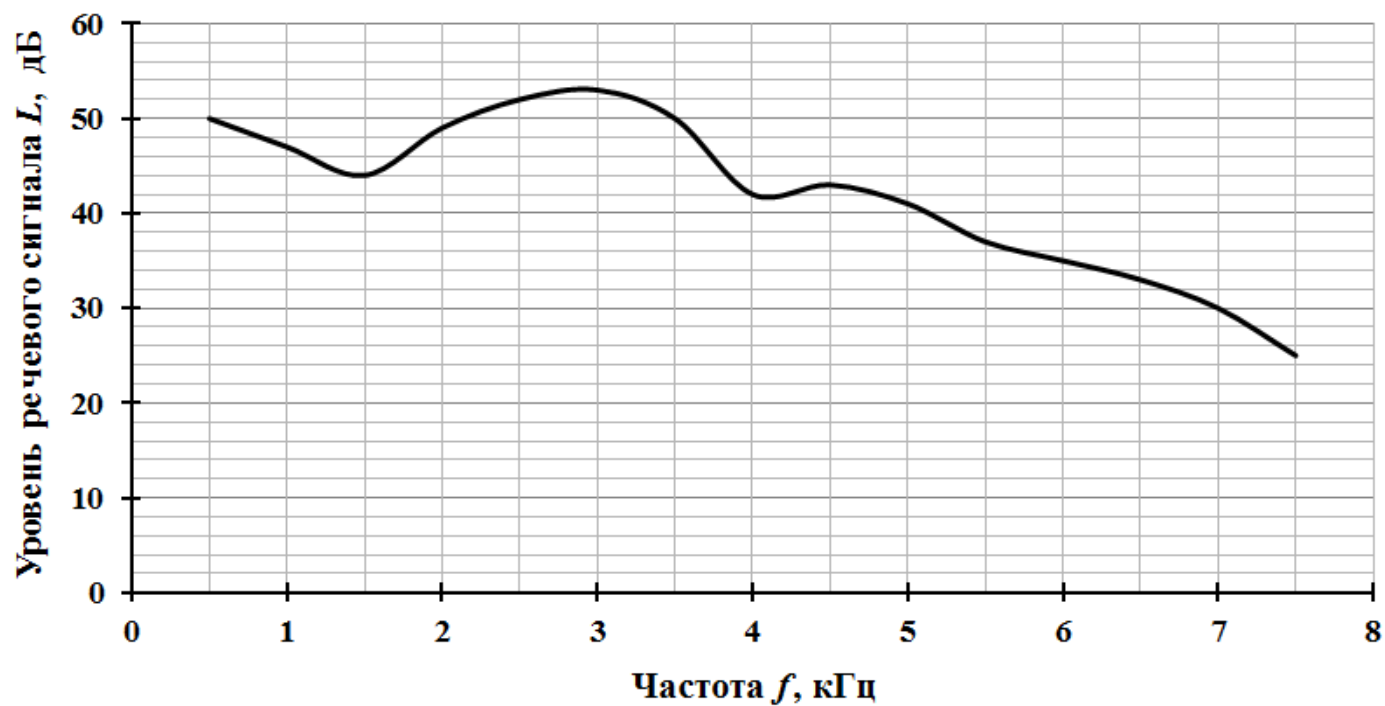


Рисунок 1 – Спектр измеренного речевого сигнала  $L$  в контролируемой точке помещения

Вариант №2, уровень шума  $L_{ш} = 55$  дБ.

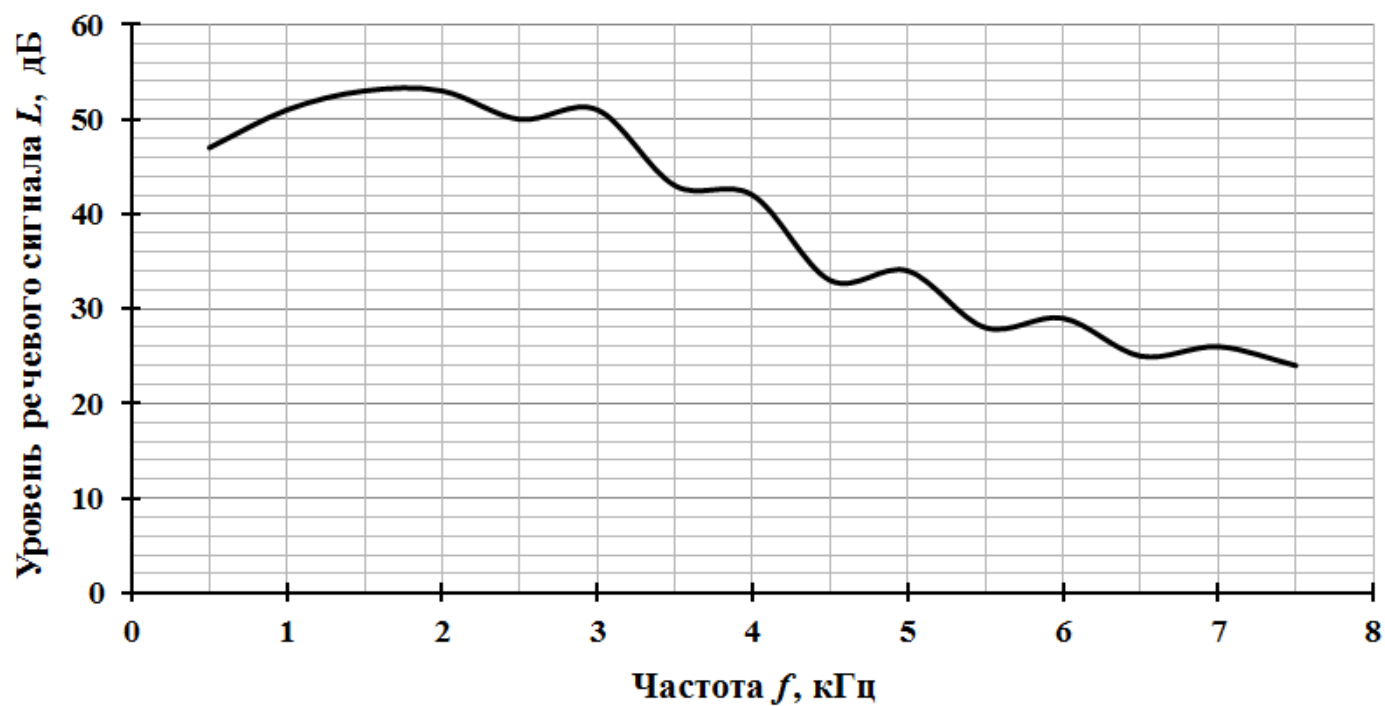


Рисунок 1 – Спектр измеренного речевого сигнала  $L$  в контролируемой точке помещения

Вариант №3, уровень шума  $L_{ш} = 44$  дБ.

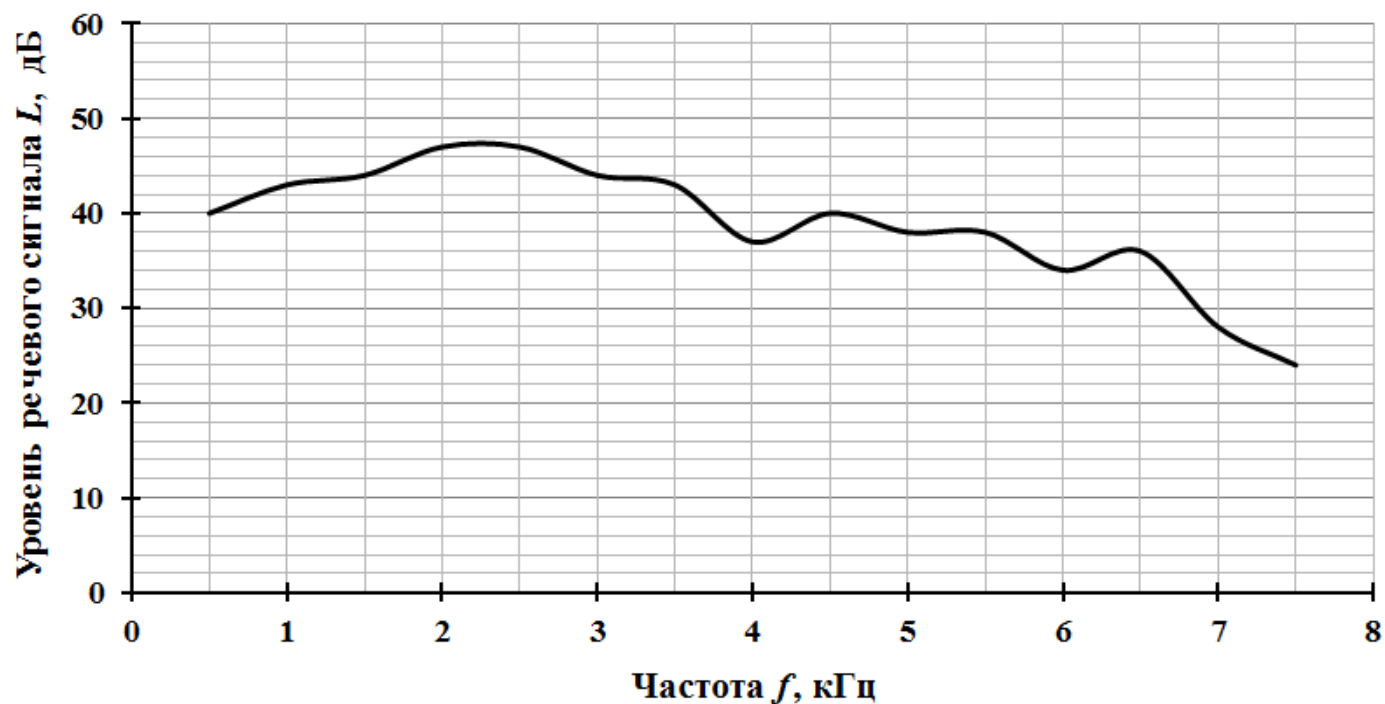


Рисунок 1 – Спектр измеренного речевого сигнала  $L$  в контролируемой точке помещения

Вариант №4, уровень шума  $L_{ш} = 53$  дБ.

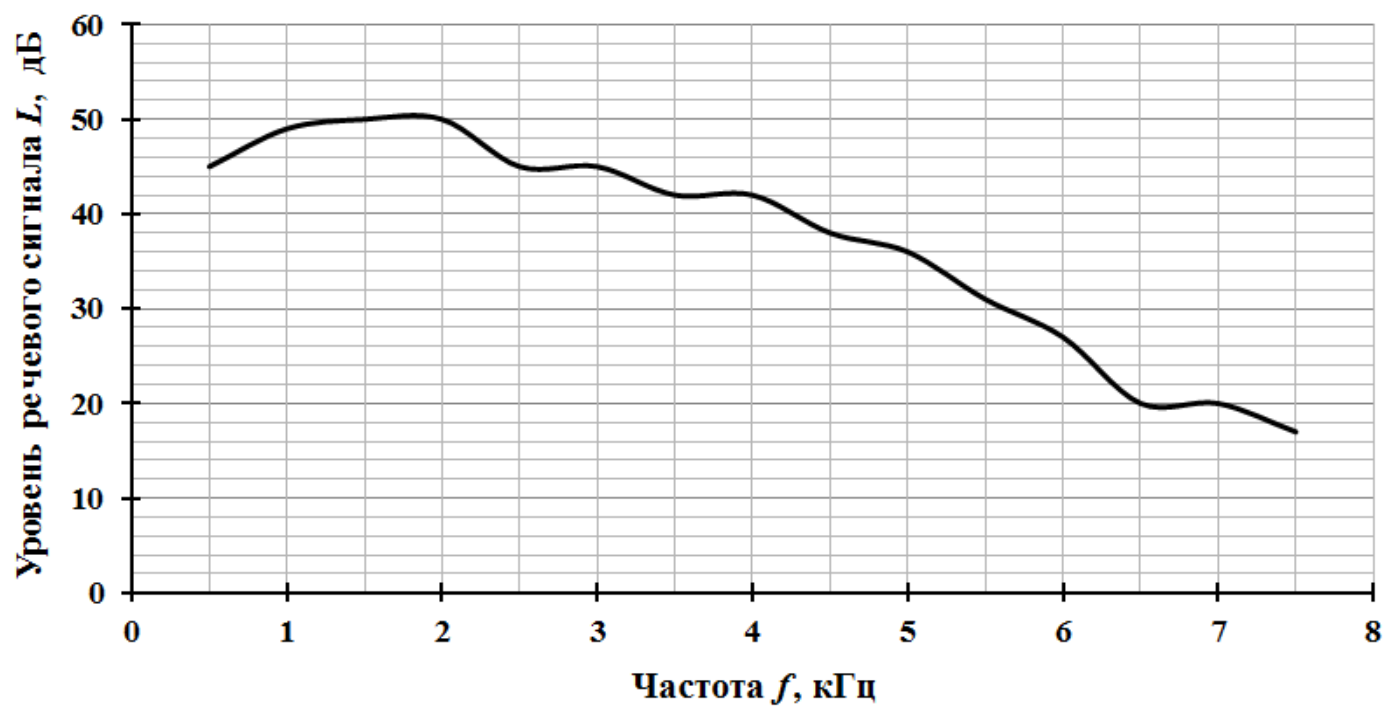


Рисунок 1 – Спектр измеренного речевого сигнала  $L$  в контролируемой точке помещения

Вариант №5, уровень шума  $L_{ш} = 56$  дБ.

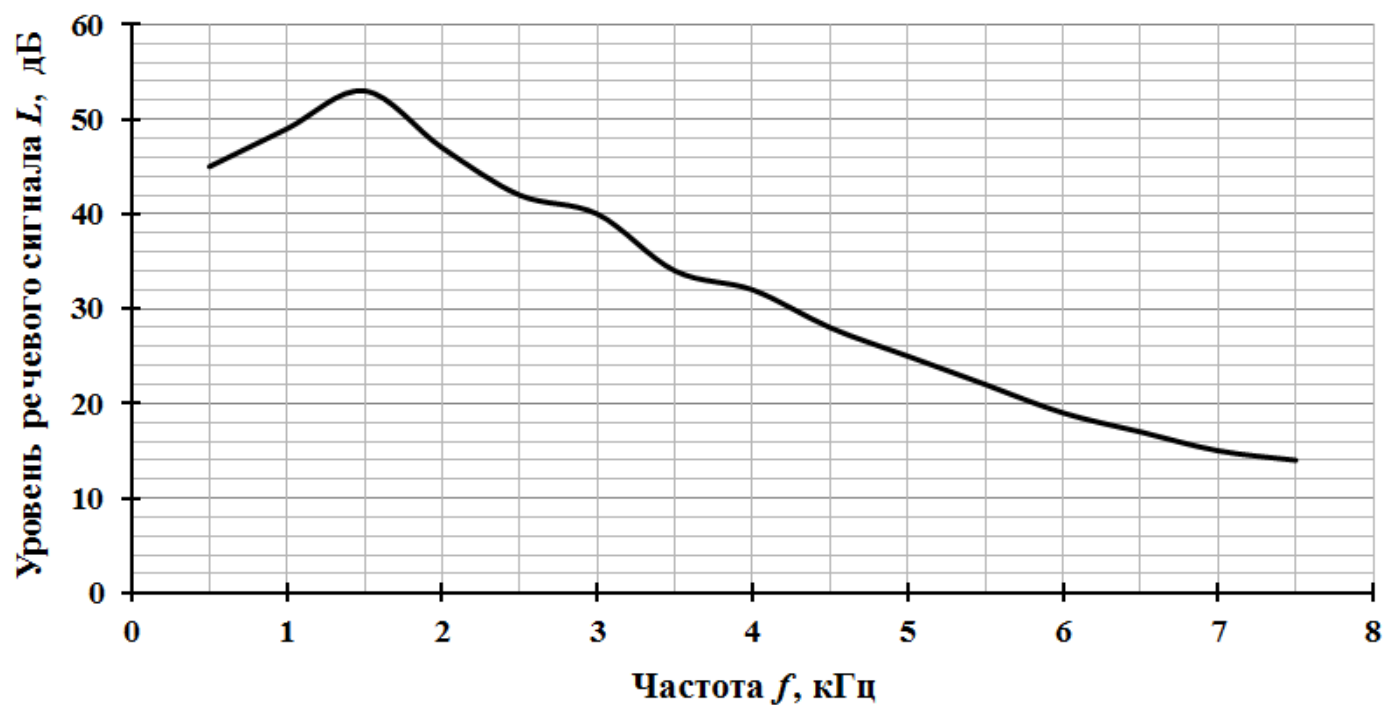


Рисунок 1 – Спектр измеренного речевого сигнала  $L$  в контролируемой точке помещения

Вариант №6, уровень шума  $L_{ш} = 47$  дБ.

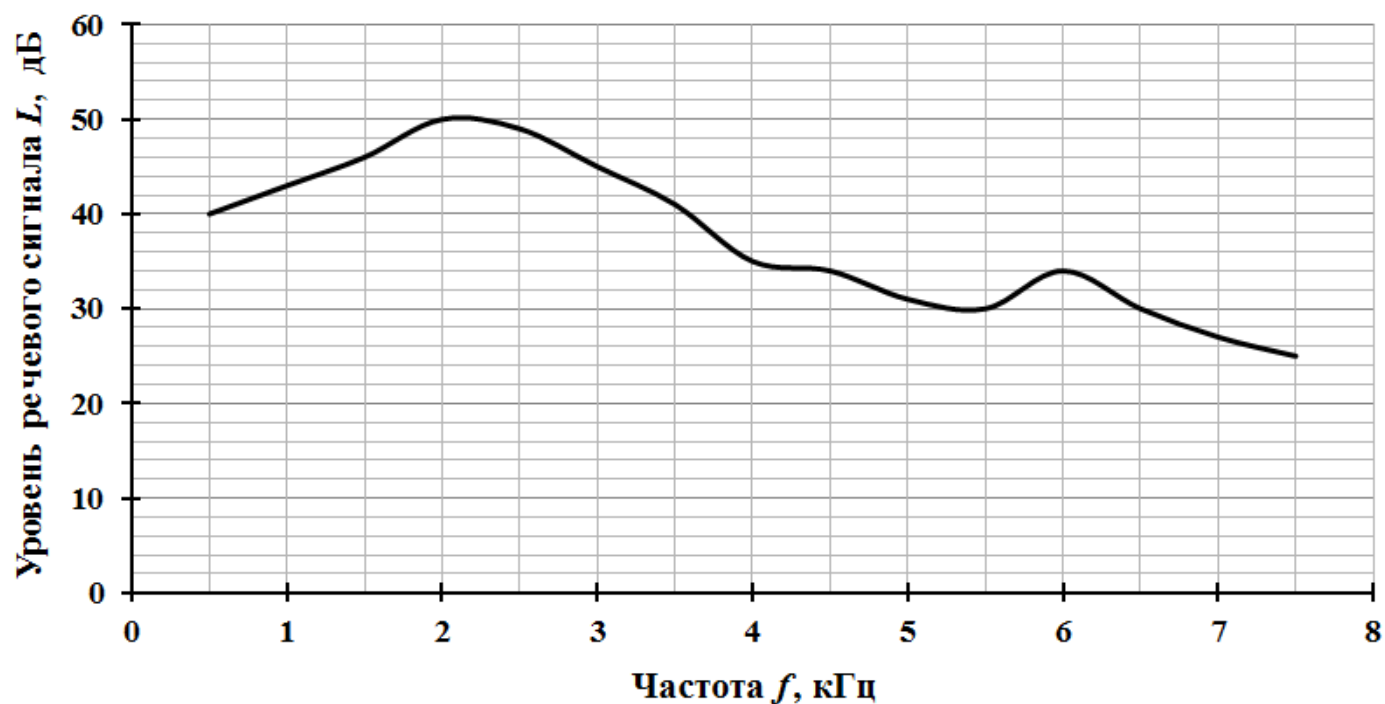


Рисунок 1 – Спектр измеренного речевого сигнала  $L$  в контролируемой точке помещения

Вариант №7, уровень шума  $L_{ш} = 53$  дБ.

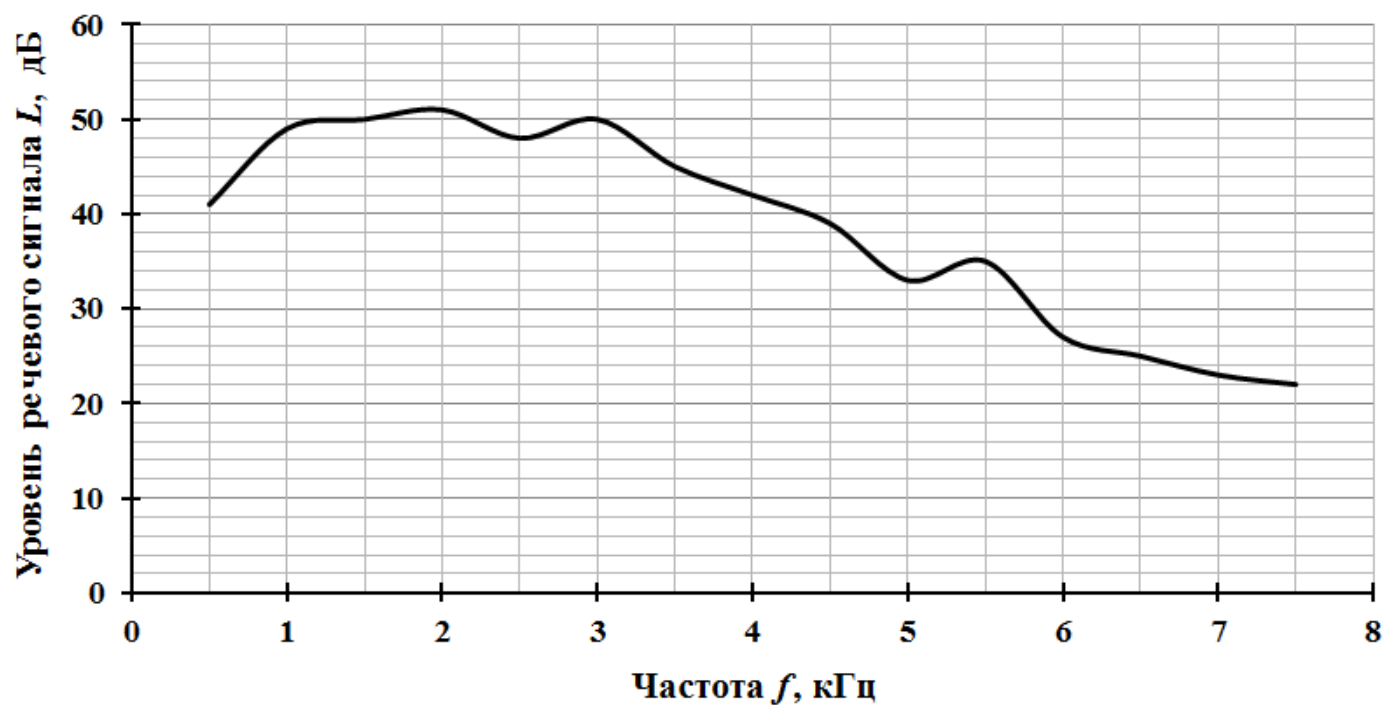


Рисунок 1 – Спектр измеренного речевого сигнала  $L$  в контролируемой точке помещения

Вариант №8, уровень шума  $L_{ш} = 47$  дБ.

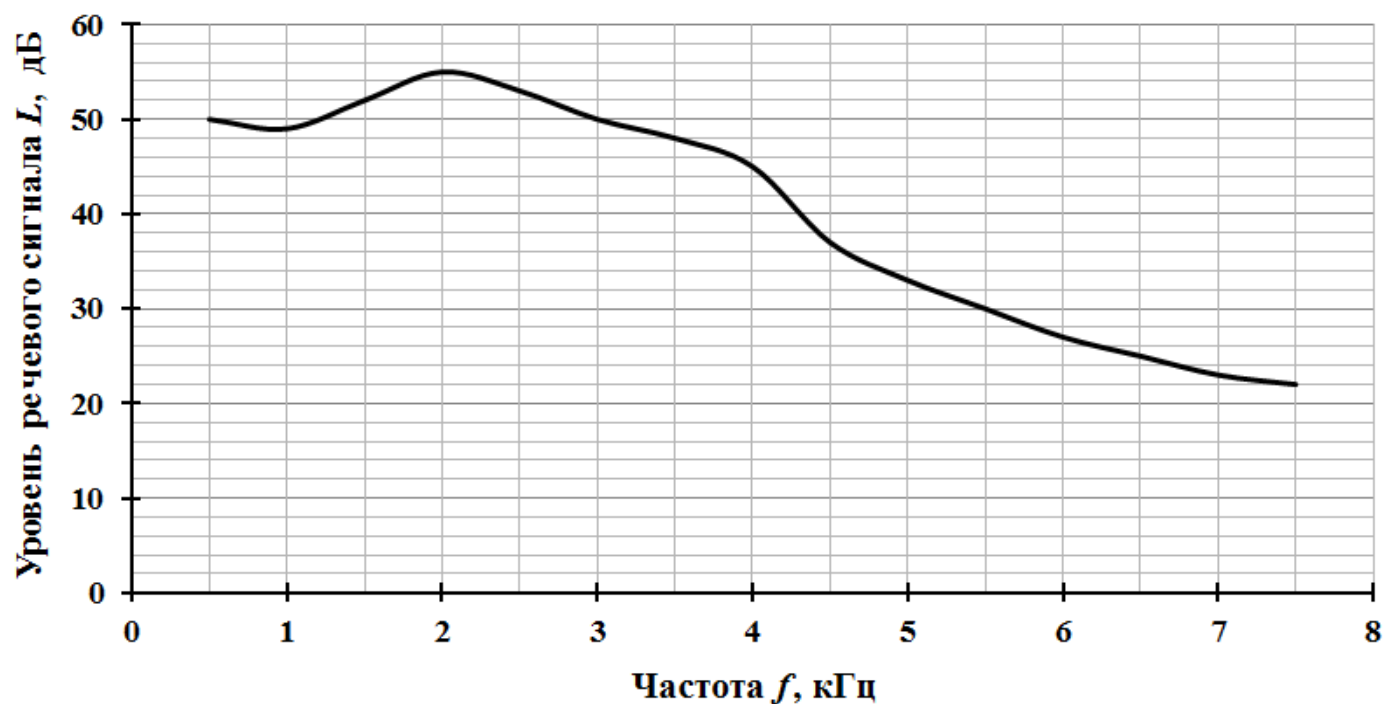


Рисунок 1 – Спектр измеренного речевого сигнала  $L$  в контролируемой точке помещения



Вариант №9, уровень шума  $L_{ш} = 45$  дБ.

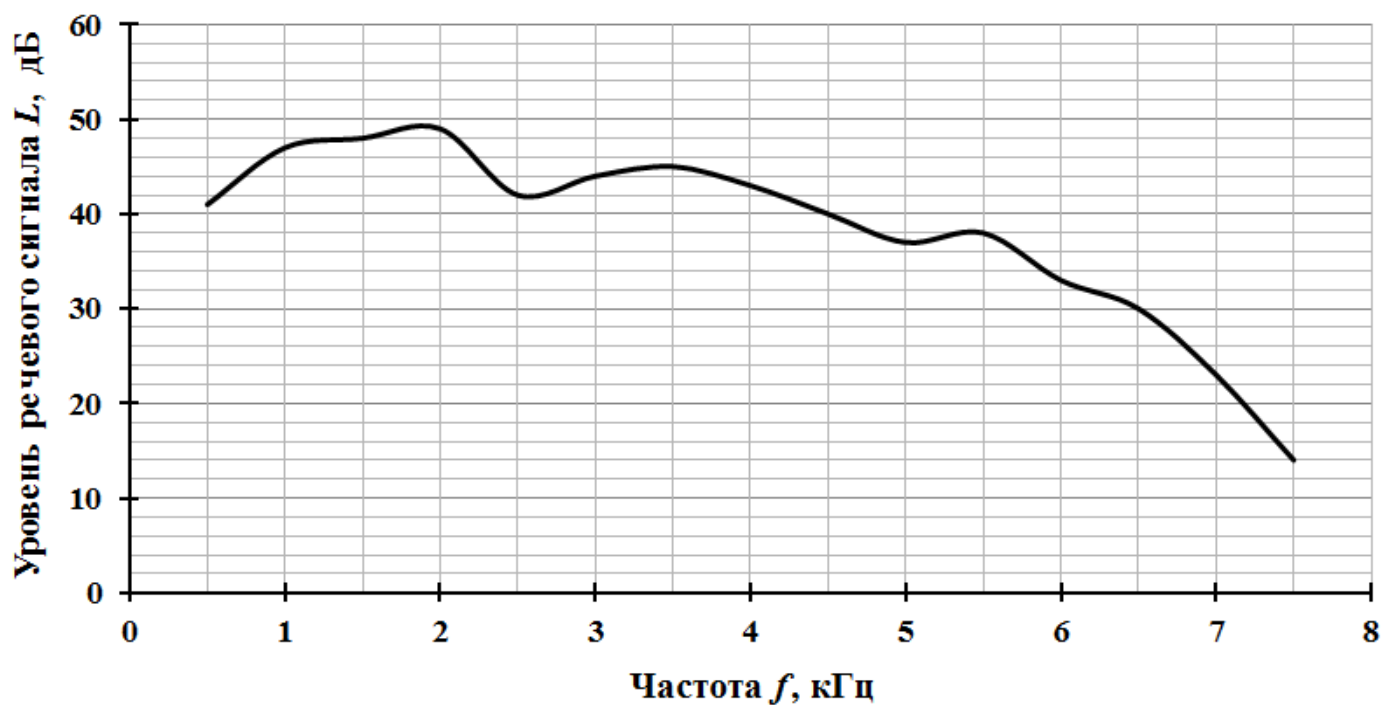


Рисунок 1 – Спектр измеренного речевого сигнала  $L$  в контролируемой точке помещения

Вариант №10, уровень шума  $L_{ш} = 57$  дБ.

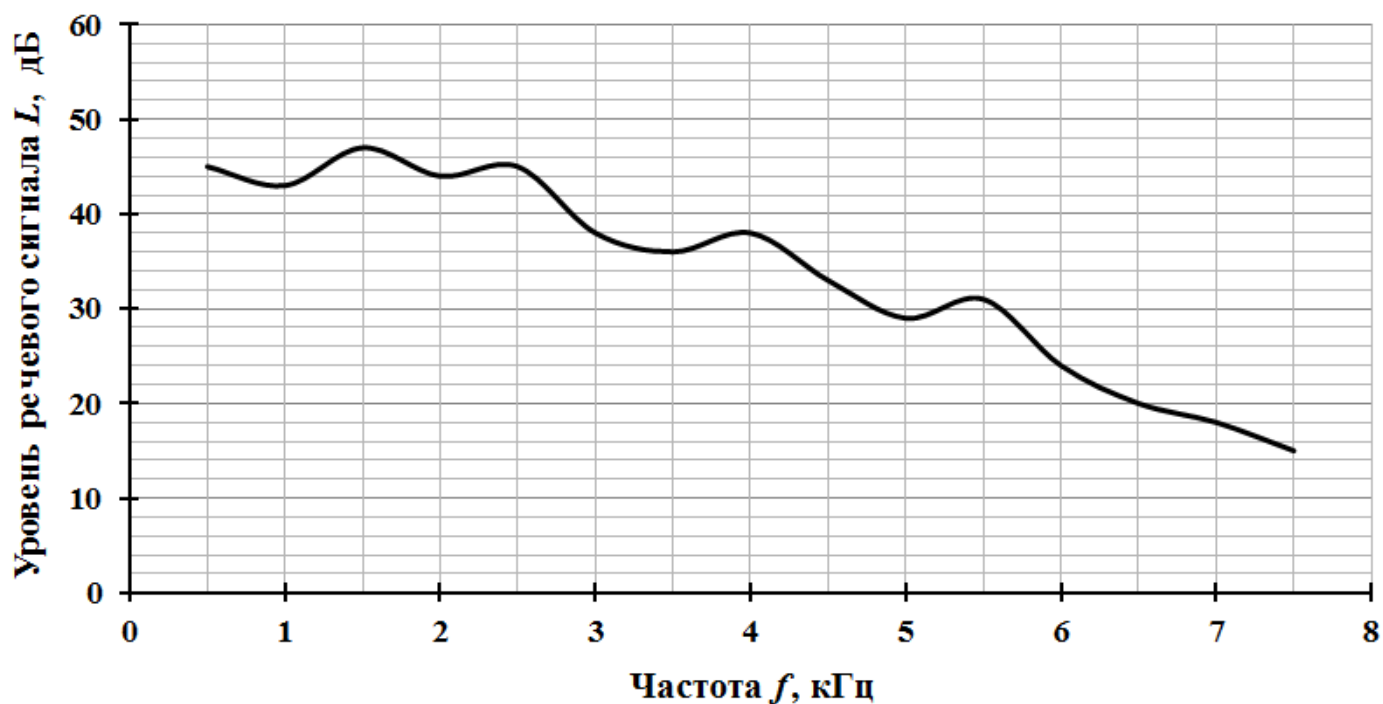


Рисунок 1 – Спектр измеренного речевого сигнала  $L$  в контролируемой точке помещения