

СПб ГУТ)))

Формирование и обработка звуковых сигналов

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 1

**Изучение основных инструментов временной
и частотной обработки аудиосигналов**

Выполнил:

Балан К. А.

Студент группы:

РЦТ-22

Преподаватель:

Свиньина О.А.

Санкт-Петербург

2024

1. Исследование инструментов для изменения амплитуды аудиосигнала

1.1. Создание испытательного сигнала

1. Запустим Audacity. В новом проекте создадим монофоническую звуковую дорожку. Установим частоту дискретизации 48000 Гц, формат и разрядность квантования ИКМ, 16 бит/отсчёт.

2. Определим вариант задания $n = 1 + ((A * B * C) \bmod 12))$, где А, В и С – день, месяц и год рождения соответственно.

$$n = 1 + ((21 * 11 * 2004) \bmod 12) = 1.$$

3. Сформируем испытательный сигнал общей длительностью 70 секунд в соответствии с параметрами, указанными в таблице 1.

Таблица 1 – параметры испытательного сигнала.

Время	Сигнал	Тип шума или форма и частота сигнала, Гц	Амплитуда сигнала
0 – 10 сек	тональный	250	0.5
10 – 40 сек	шумовой	броуновский	0.5
40 – 70 сек	Скользящий тон	Прямоугольный с логарифмическим законом изменения частоты $f_{\text{ст нач}} = 500 \text{ Гц}$ $f_{\text{ст кон}} = 10500 \text{ Гц}$	0.5

4. С помощью пункта меню Audio Track – Muti-view включим режим совместного отображения осциллограммы и спектрограммы сигнала. Зафиксируем полученный график в отчёт.

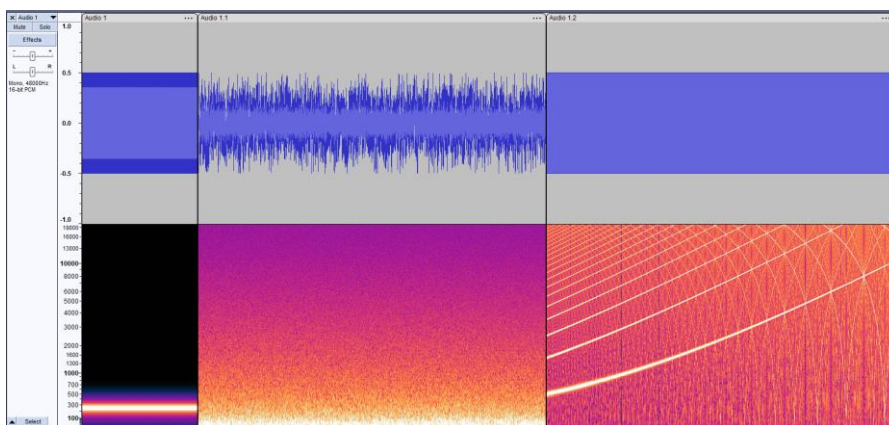


Рисунок 1 – Осциллограммы и спектрограммы сигнала.

5. Выделим созданную звуковую дорожку. С помощью пункта Analyze – Plot Spectrum запустим спектроанализатор. Установим следующие значения:

- алгоритм вычисления: спектр;
- длина БПФ: 32768 отсчётов;
- тип оконной функции: Welch window;
- частотная шкала: логарифмическая.

6. Для построения выделенной дорожки нажмём кнопку Replot. Зафиксируем спектр полученного испытательного сигнала. Сохраним полученный проект.

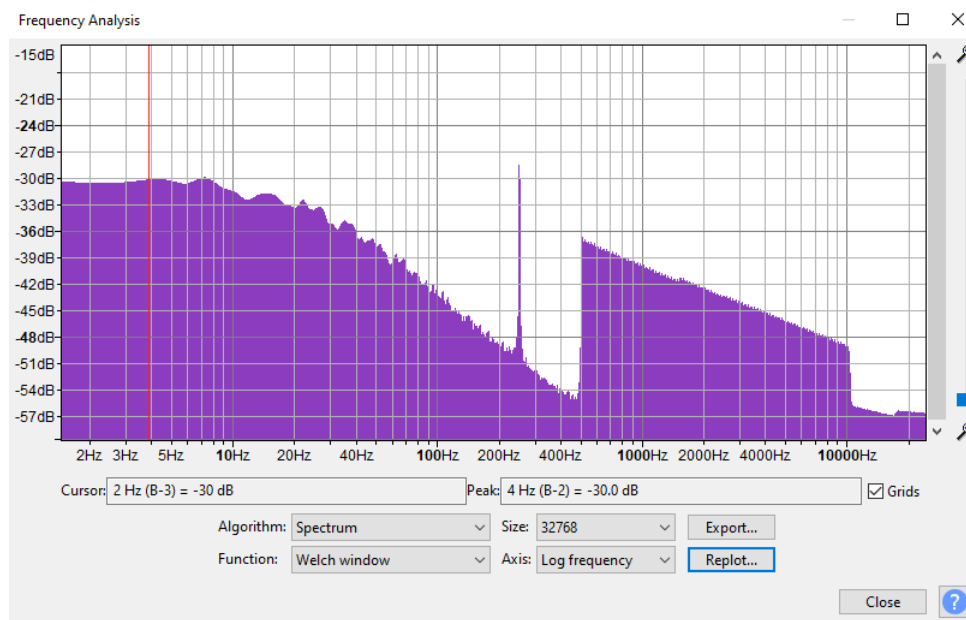


Рисунок 2 – Спектр испытательного сигнала.

1.2. Применение инструментов для измерения амплитуды аудиосигнала

1. Рассчитаем номер варианта задания $m = 1 + ((A * B * C) \bmod 50)$, где А, В и С – день, месяц и год рождения соответственно, в соответствии с которым необходимо выполнить обработку звукового сигнала, сформированного в ходе выполнения п. 1.1.

$$m = 1 + ((21 * 11 * 2004) \bmod 50) = 25.$$

2. Для выполнения усиления или ослабления сигнала с помощью инструмента Amplify, рассчитаем коэффициент усиления k , дБ, для своего варианта задания $n = 1$ по формуле:

$$k = (-1)^{n+1} * n = (-1)^2 * 1 = 1$$

3. Рассчитаем параметры инструмента Adjustable Fade для создания эффектов плавного нарастания (затухания) сигнала Fade Up (Down) и S-Curve Up (Down) для своего варианта задания n и занесем их в таблицу 2.

Таблица 2 – Параметры нарастания (затухания) инструмента Adjustable Fade.

Тип нарастания (затухания)	Start (or End), дБ	End (or Start), дБ	Mid-fade adjust, %
Fade Up	-1.5	6	0
Fade Down	6	-3,5	5
S-Curve Up	-17,5	-5	-40
S-Curve Down	-5	-17,5	-80

4. Разделим испытательный сигнал, сформированный в ходе выполнения п. 1.1 на отрывки длительностью по 5 с.

5. Последовательно обработаем полученные пятисекундные отрывки испытательного сигнала с помощью инструментов Amplify и Adjustable fade, изменяя параметры указанных инструментов в соответствии с заданием. Зафиксируем осциллограмму, спектрограмму и спектр полученного сигнала.

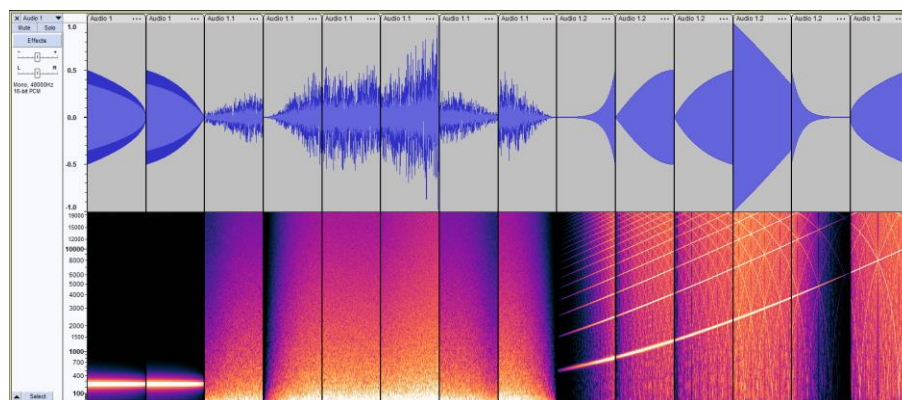


Рисунок 3 – Полученная осциллограмма и спектрограмма испытательного сигнала.

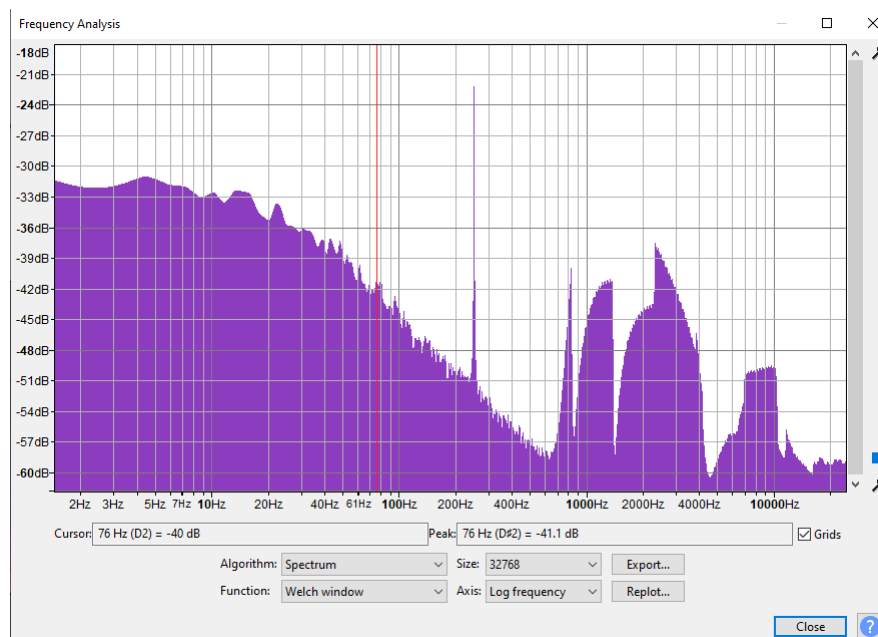


Рисунок 4 – Полученный спектр испытательного сигнала.

2. Исследование инструментов частотной коррекции аудиосигнала

2.1. Запись испытательного сигнала

1. Подключим к ПК головные телефоны и микрофон. Установим в настройках драйвера звуковой карты для обоих устройств следующие значения параметров АЦП и ЦАП:

- Частота дискретизации $F_d = 48000$ Гц;
- Формат и разрядность квантования: ИКМ, 16 бит/отсчет.

2. В ПО Audacity создадим новый проект. Выберем в качестве устройства ввода микрофон, в качестве устройства вывода – головной телефон.

3. Создадим монофоническую звуковую дорожку. На панели управления звуковой дорожкой установим следующие параметры:

- частота дискретизации $F_d = 48000$ Гц;
- формат и разрядность квантования: ИКМ, 16 бит/отсчет.

4. Запишем отрывок речевого сигнала длительностью от 30 до 60 секунд.

5. Сохраним полученный проект.

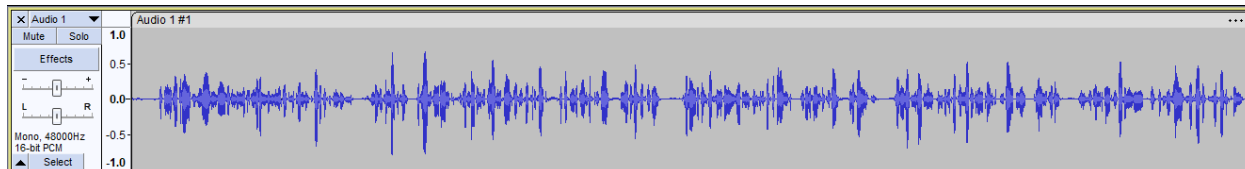


Рисунок 5 – Записанный испытательный сигнал.

2.2. Согласование спектра речевого сигнала с АЧХ основных телекоммуникационных систем и систем звукозаписи

1. Создадим четыре копии записанной звуковой дорожки. Дадим им следующие имена:

- исходный сигнал;
- АМ-радио;
- телефон;
- рация;
- грампластинка.

2. Выделим звуковую дорожку АМ-радио. Запустим инструмент Effect – Filter Curve EQ. Выберем из списка предустановленных кривых АЧХ характеристику для “АМ-радио”. Зафиксируем график полученной АЧХ. Выполним процедуру фильтрации.

3. Повторим процедуру фильтрации для дорожек “телефон”, “рация” и “грампластинка”, выбрав соответствующие предустановленные значения АЧХ.

4. Включим режим совместного отображения осциллограммы и спектрограммы для всех дорожек. Зафиксируем осциллограммы и спектрограммы всех испытательных сигналов.

5. Получим и зафиксируем спектры всех испытательных сигналов.

6. Сохраним проект.

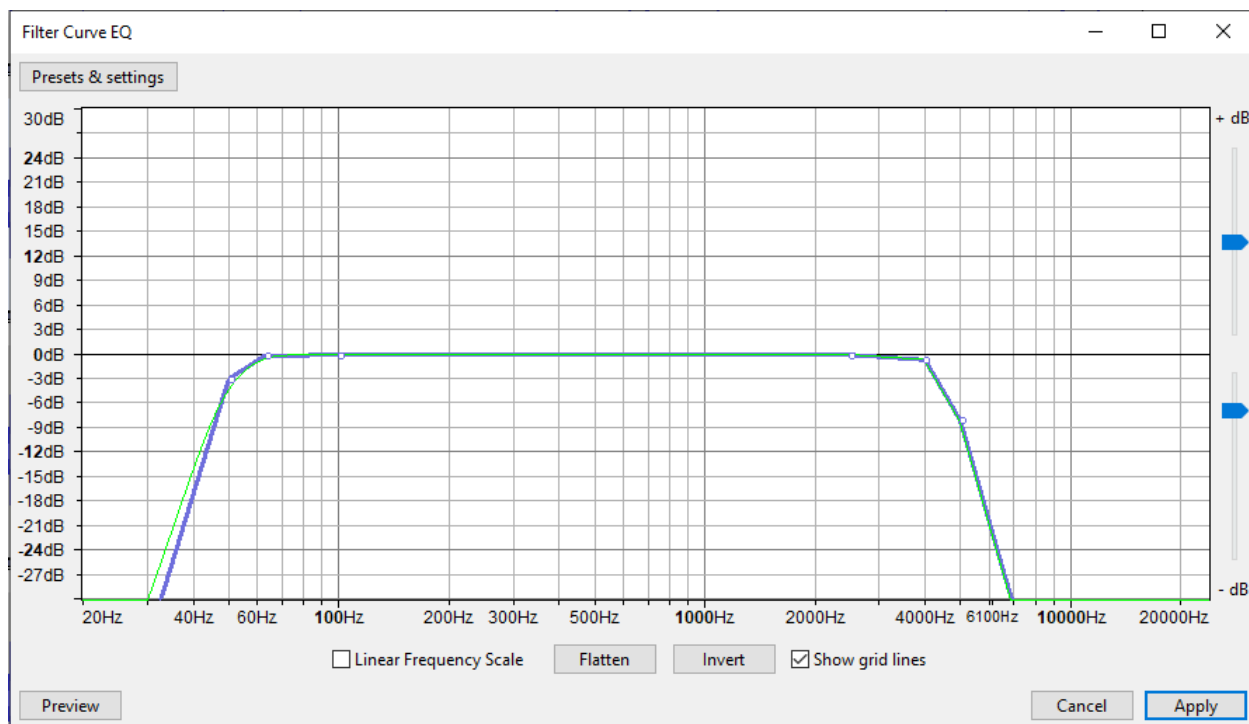


Рисунок 6 – АЧХ характеристика для АМ-радио.

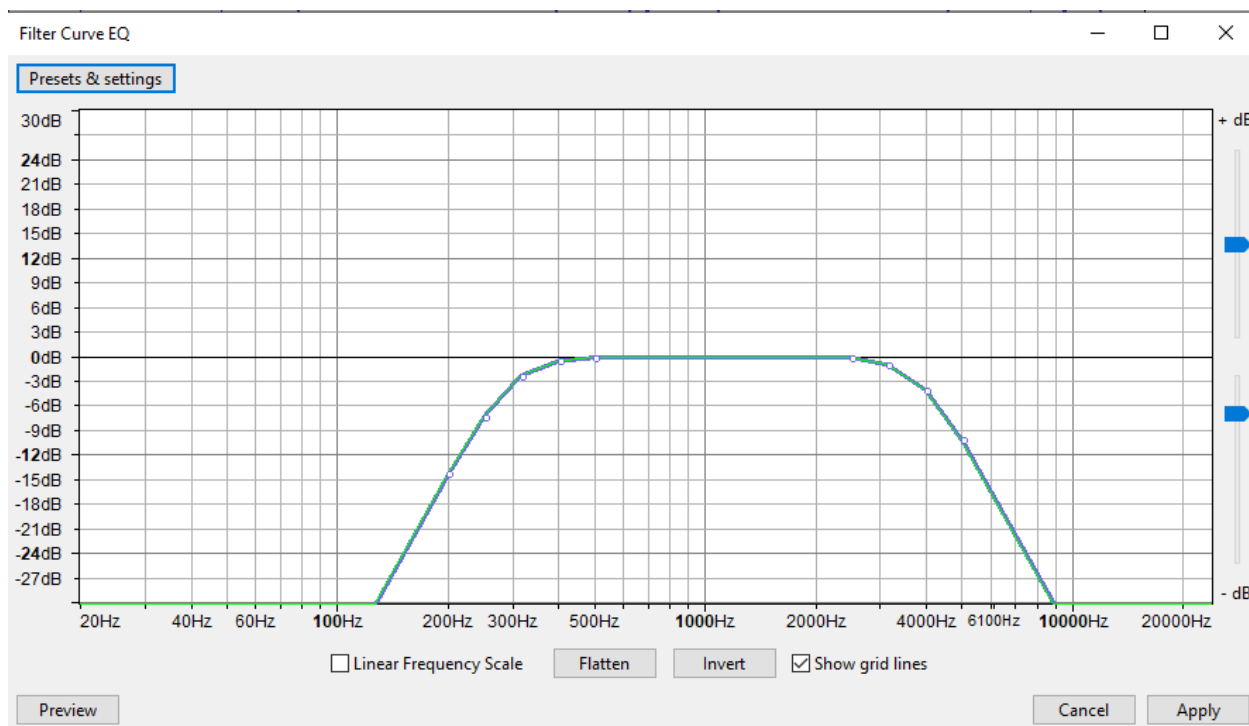


Рисунок 7 – АЧХ характеристика для телефона.

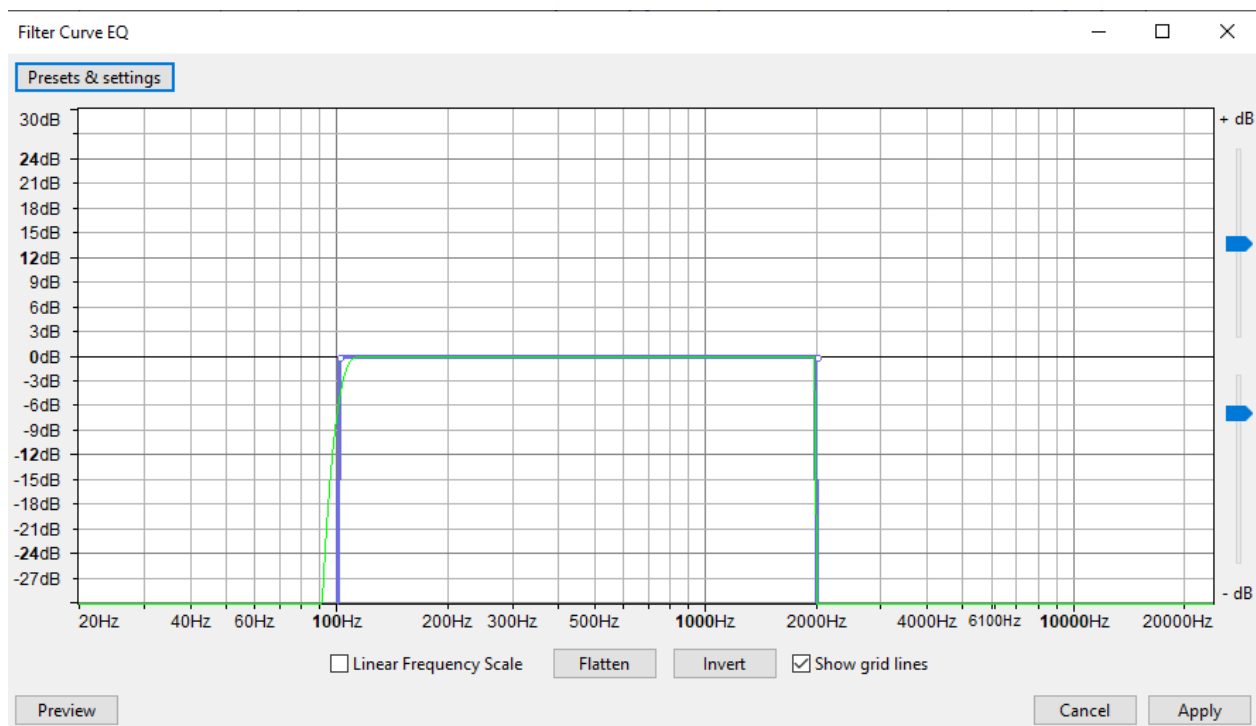


Рисунок 8 – АЧХ характеристика для радики.

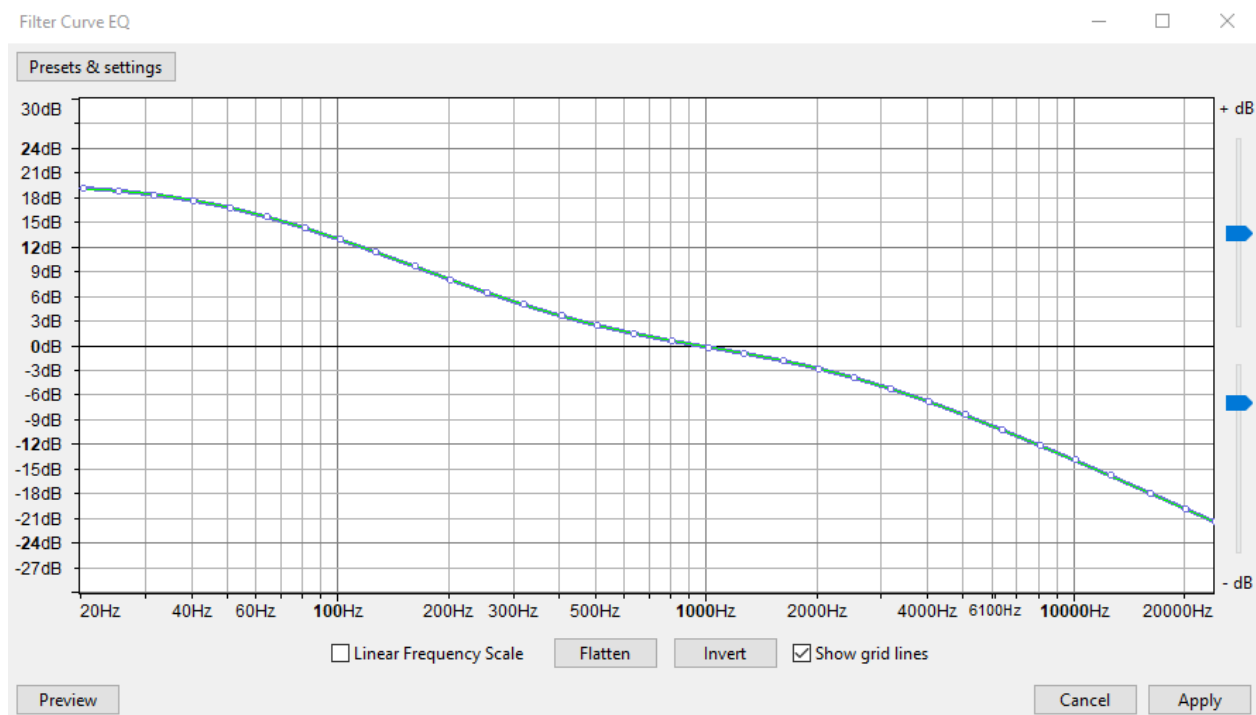


Рисунок 9 – АЧХ характеристика для грампластинки.

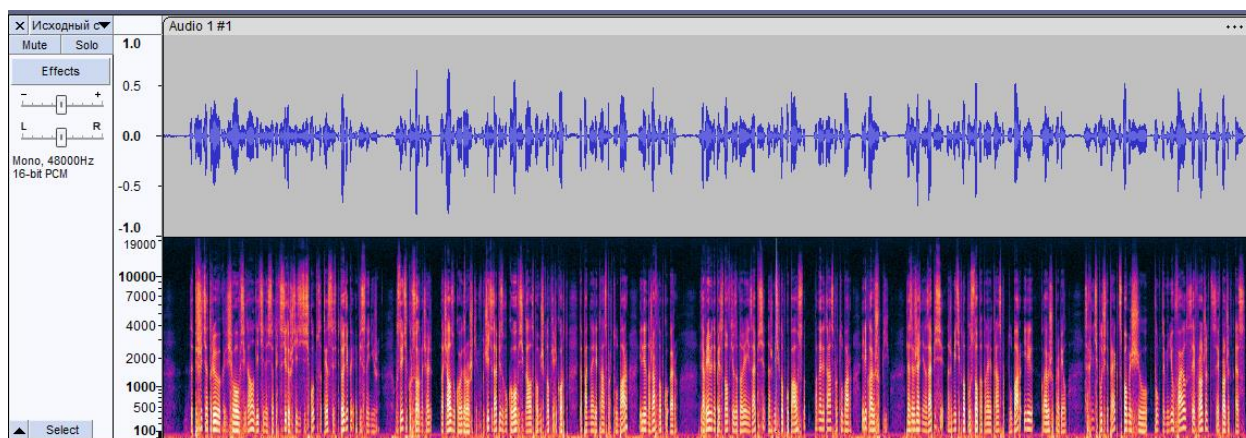


Рисунок 10 – Осциллограмма и спектрограмма исходного звукового сигнала.

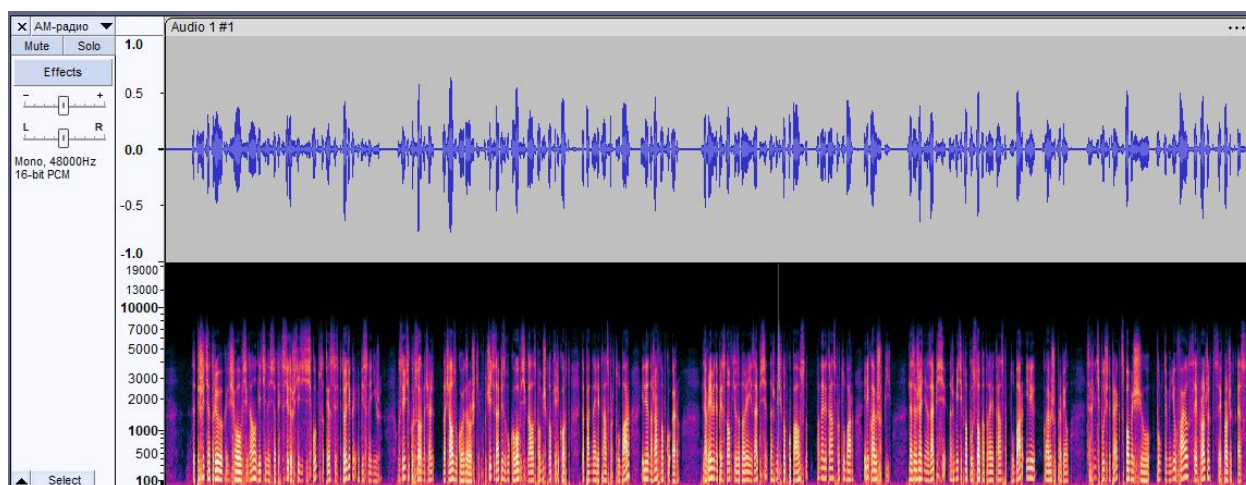


Рисунок 11 – Осциллограмма и спектрограмма звукового сигнала АМ-радио.



Рисунок 12 – Осциллограмма и спектрограмма звукового сигнала телефона.



Рисунок 13 – Осциллограмма и спектрограмма звукового сигнала ради.

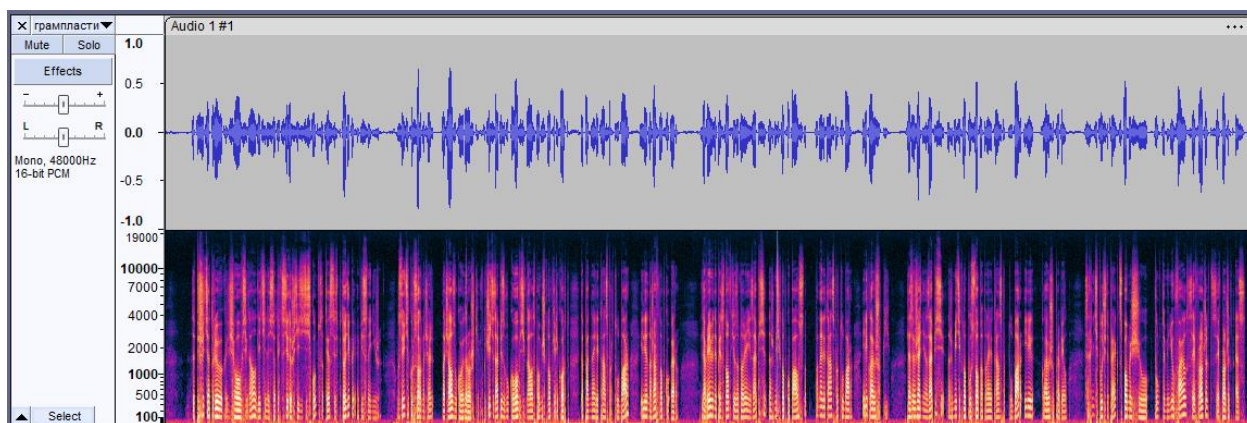


Рисунок 14 – Осциллограмма и спектрограмма звукового сигнала грампластинки.

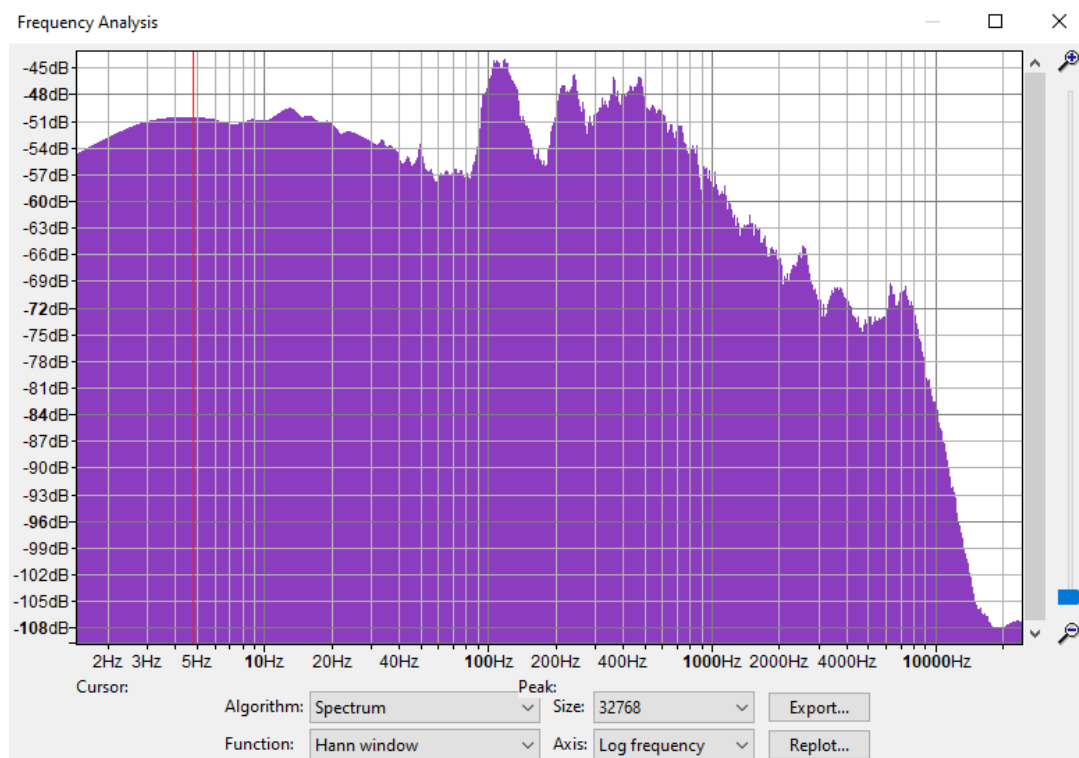


Рисунок 15 – Спектр исходного звукового сигнала.

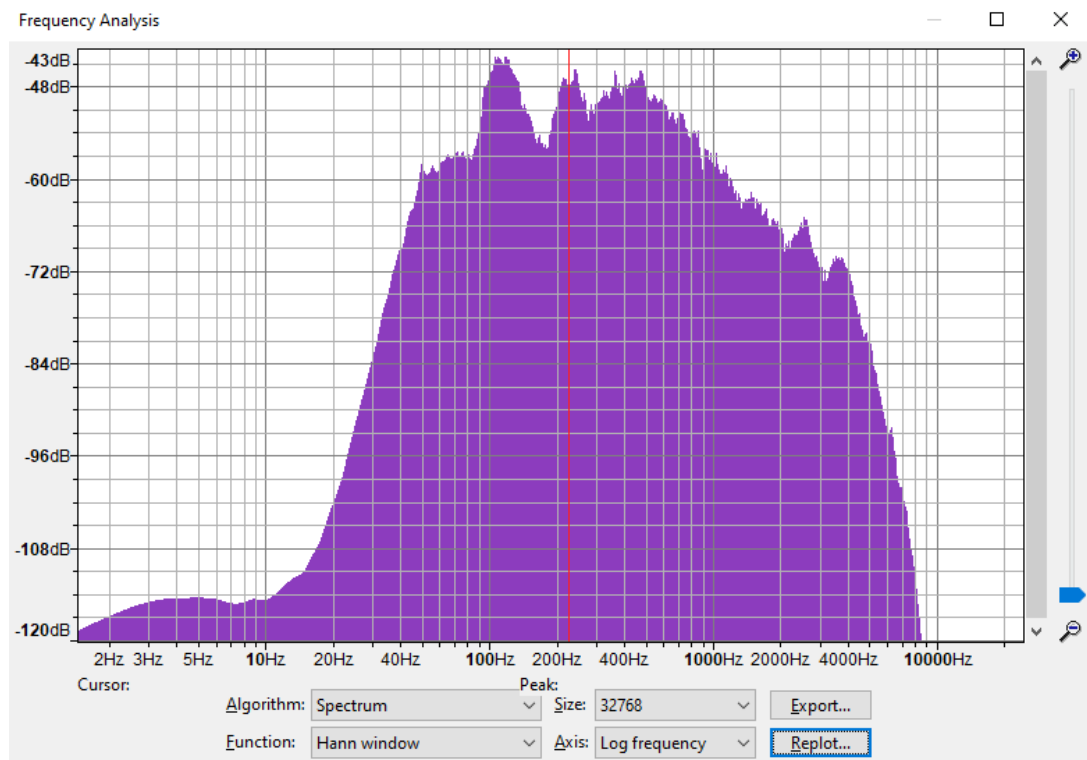


Рисунок 16 – Спектр звукового сигнала АМ-радио.

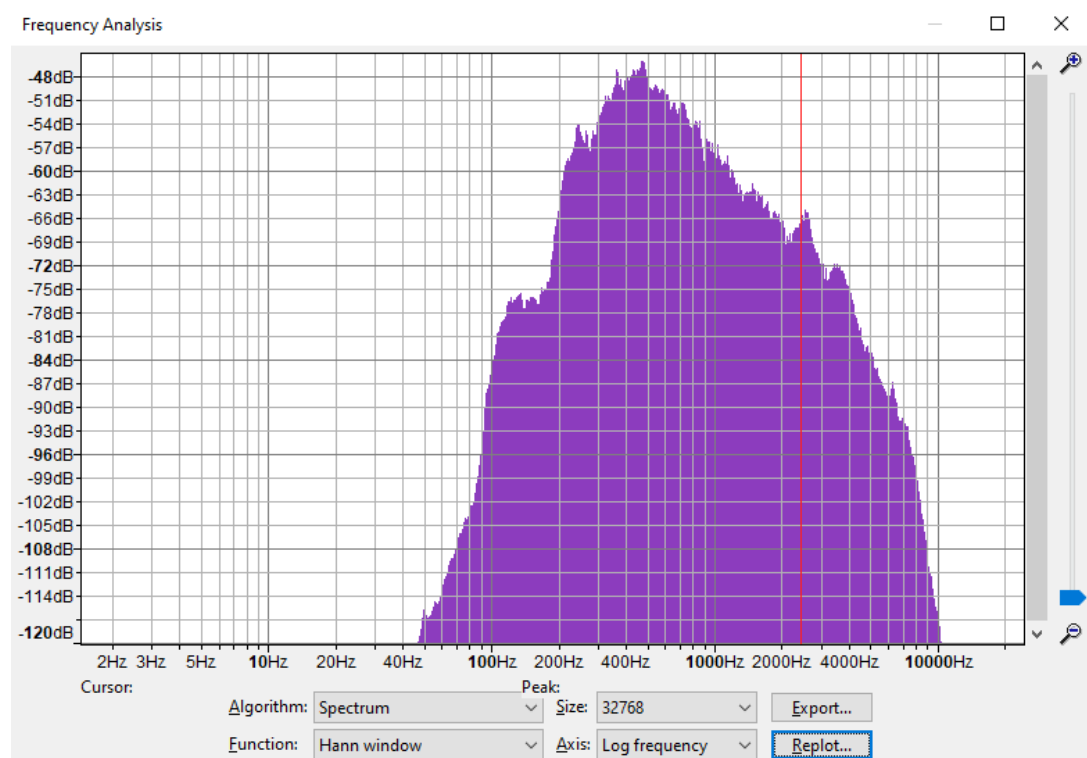


Рисунок 17 – Спектр звукового сигнала телефона.

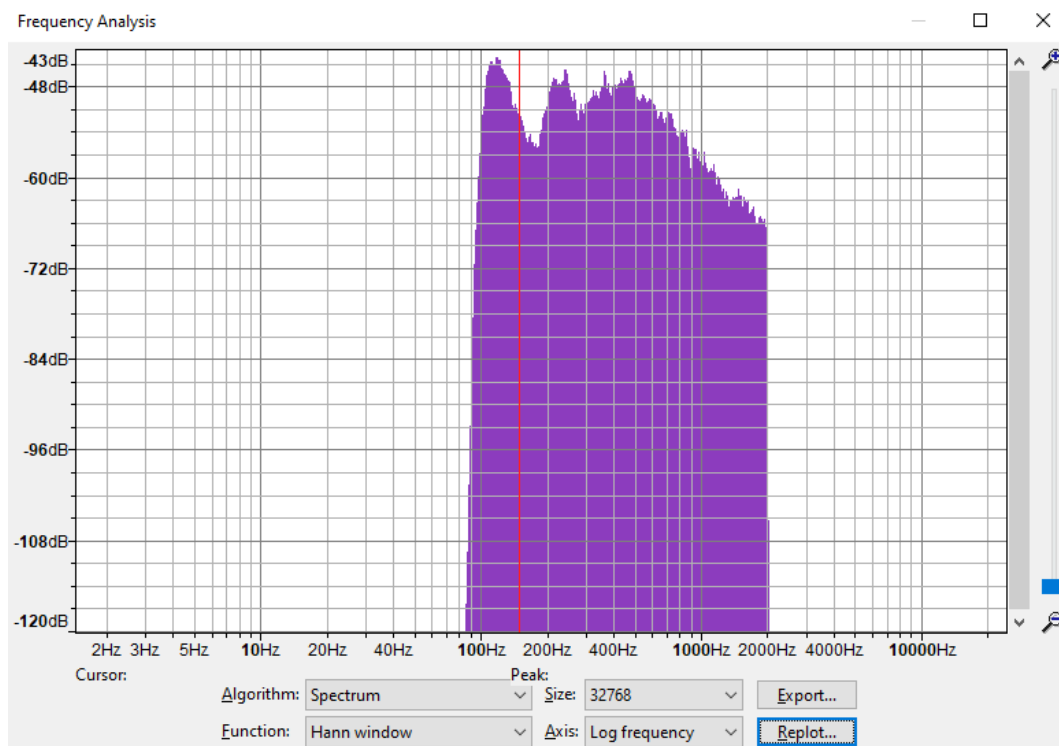


Рисунок 18 – Спектр звукового сигнала радиции.

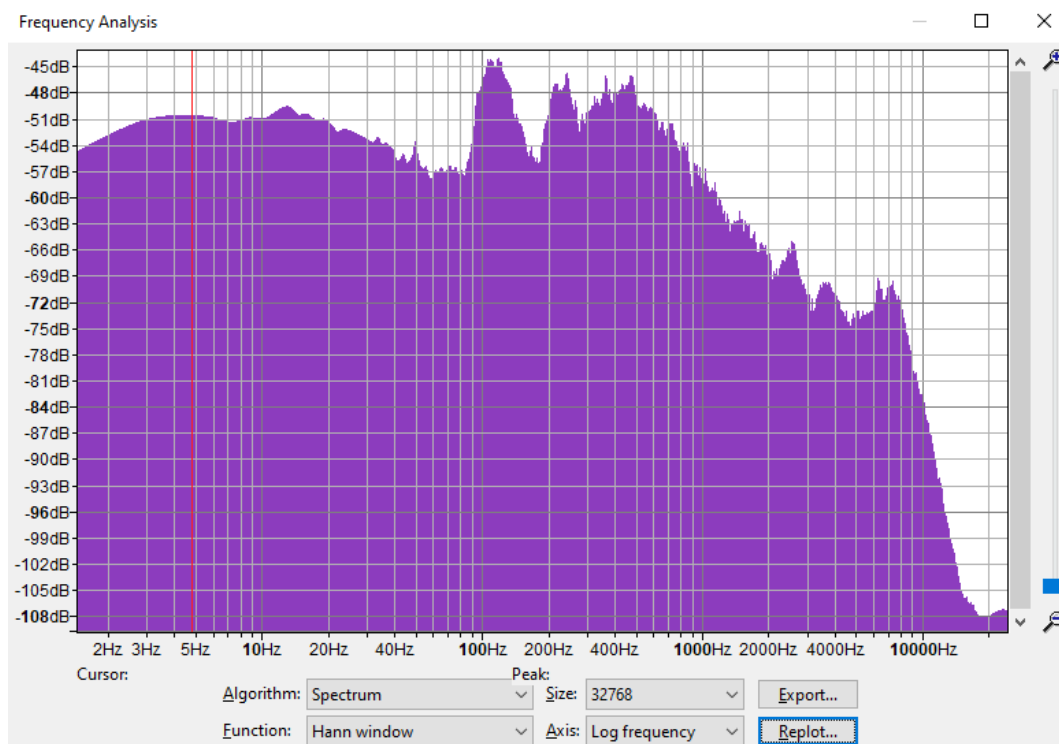


Рисунок 19 – Спектр звукового сигнала грампластинки.

2.3. Субъективное исследование АЧХ основных телекоммуникационных систем и систем звукозаписи

1. Выполним субъективное сравнение звучания речевых сигналов, подвергнутых фильтрации со звучанием исходного звукового сигнала. Результаты занесем в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты сравнения звуковых сигналов с исходным звуковым сигналом.

	АМ-радио	телефон	рация	грампластинка
Громкость сигнала	Немного тише	Без изменений	Более тихий	Без изменений
Тембр голоса	Более глухой, но узнаваем	Намного более глухой, можно спутать с другим человеком	Очень глухой, легко спутать с другим человеком	Без изменений
Разборчивость речи	Без изменений	Без изменений	Стала заметно хуже	Без изменений
Наличие посторонних шумов и призвуков	-	-	На заднем фоне появляются шумы	-

3. Исследование спектральных характеристик речевого сигнала.

1. Откроем проект, созданный в ходе выполнения п. 2.2. Сделаем три копии дорожки “исходный сигнал”. Зададим им новые имена “100-2000”, “1000-3000”, “2000-10000” соответственно.
2. Включим режим совместного отображения осциллограммы и спектрограммы для новых дорожек.
3. Выполним фильтрацию речевых сигналов, вручную сформировав необходимые АЧХ режекторных фильтров. Величину ослабления в полосе задерживания установим равной 60 дБ.
4. Зафиксируем графики АЧХ всех режекторных фильтров.
5. Зафиксируем осциллограммы и спектрограммы всех сигналов.
6. Получим спектры сигналов, подвергнутых фильтрации. Зафиксируем спектры всех испытательных сигналов.
7. Выполним субъективное сравнение звучания речевых сигналов, подвергнутых фильтрации со звучанием исходного речевого сигнала. Результаты занесем в таблицу 4.
8. Создадим копию исходного речевого сигнала и назовем ее “подавление речи”.
9. Сформируем режекторный фильтр, имеющий минимальную ширину полосы задерживания, необходимую для полного подавления речевого сигнала. Величину ослабления в полосе задерживания установим равной 90 дБ. Зафиксируем график полученной АЧХ.
10. Включим режим совместного отображения осциллограммы и спектрограммы сигнала для дорожки “подавление речи”. Зафиксируем осциллограмму и спектрограмму полученного сигнала.
11. Зафиксируем спектр полученного сигнала.
12. Сохраним проект.

Таблица 4 - Результаты сравнения звуковых сигналов с исходным звуковым сигналом.

	100-2000	1000-3000	2000-10000
Громкость сигнала	Сильно тише	Чуть тише	Чуть тише
Тембр голоса	Более глухой	Более глухой	Более глухой
Разборчивость речи	Сильно ухудшилась	Немного ухудшилась	Без изменений
Наличие посторонних шумов и призывов	-	-	-

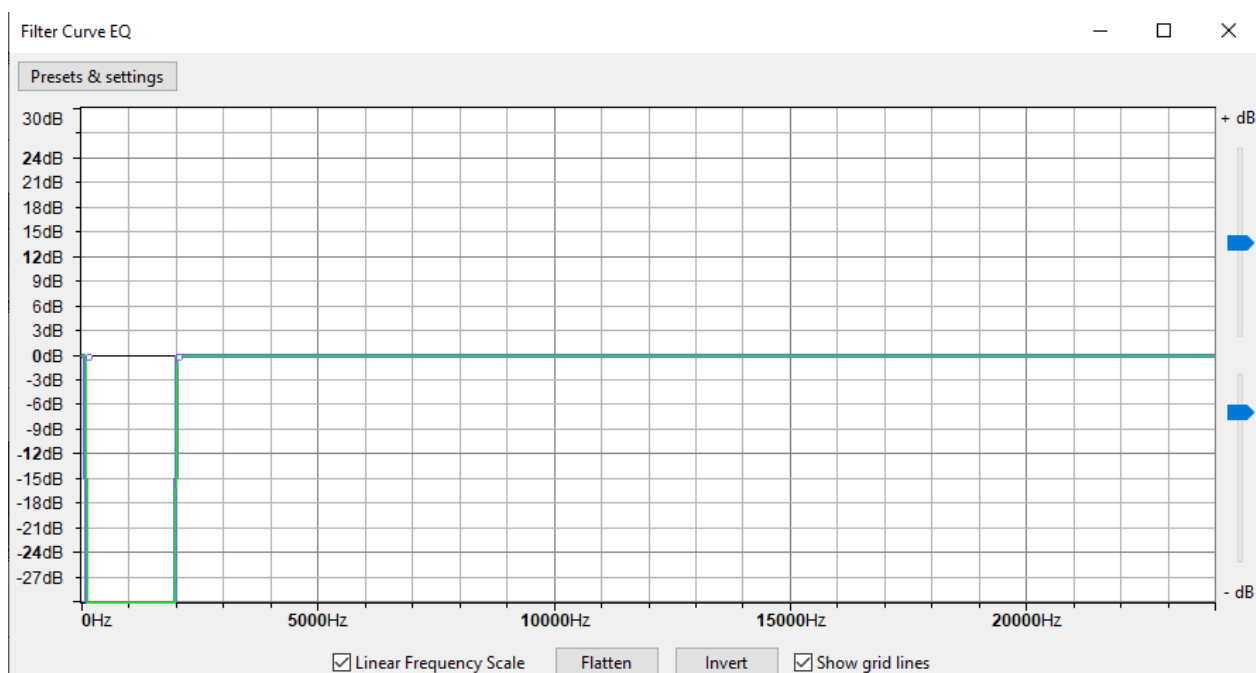


Рисунок 20 – График АЧХ режекторного фильтра 100 – 2000.

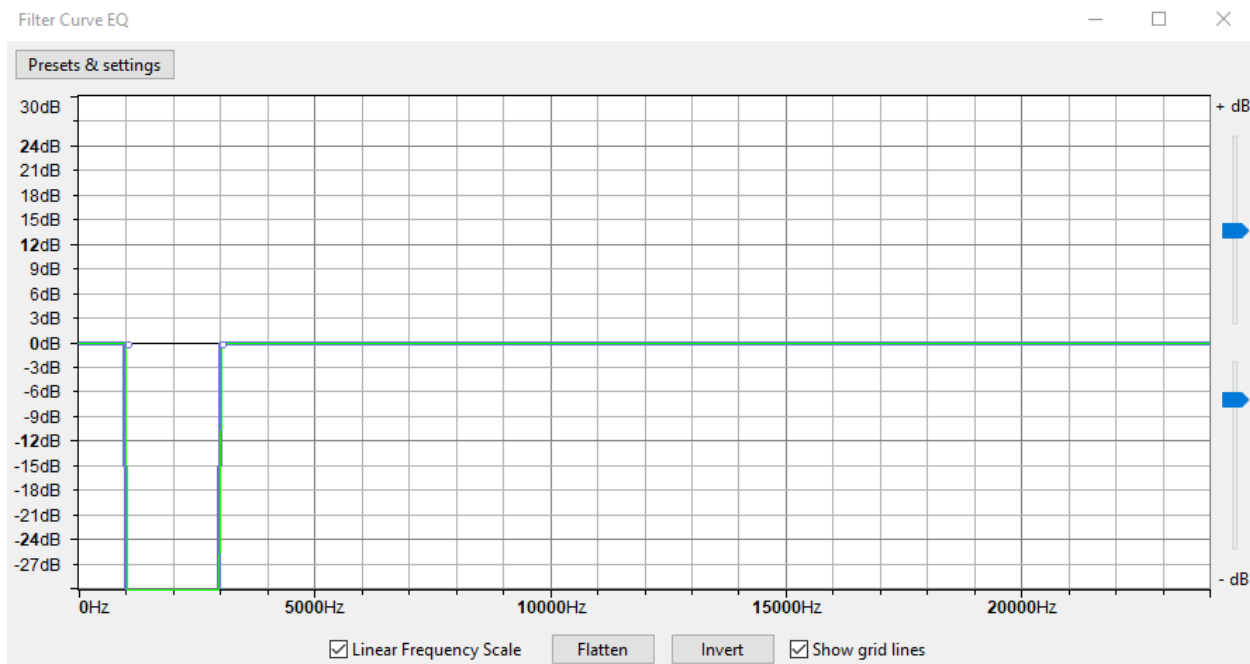


Рисунок 21 – График АЧХ режекторного фильтра 1000 – 3000.

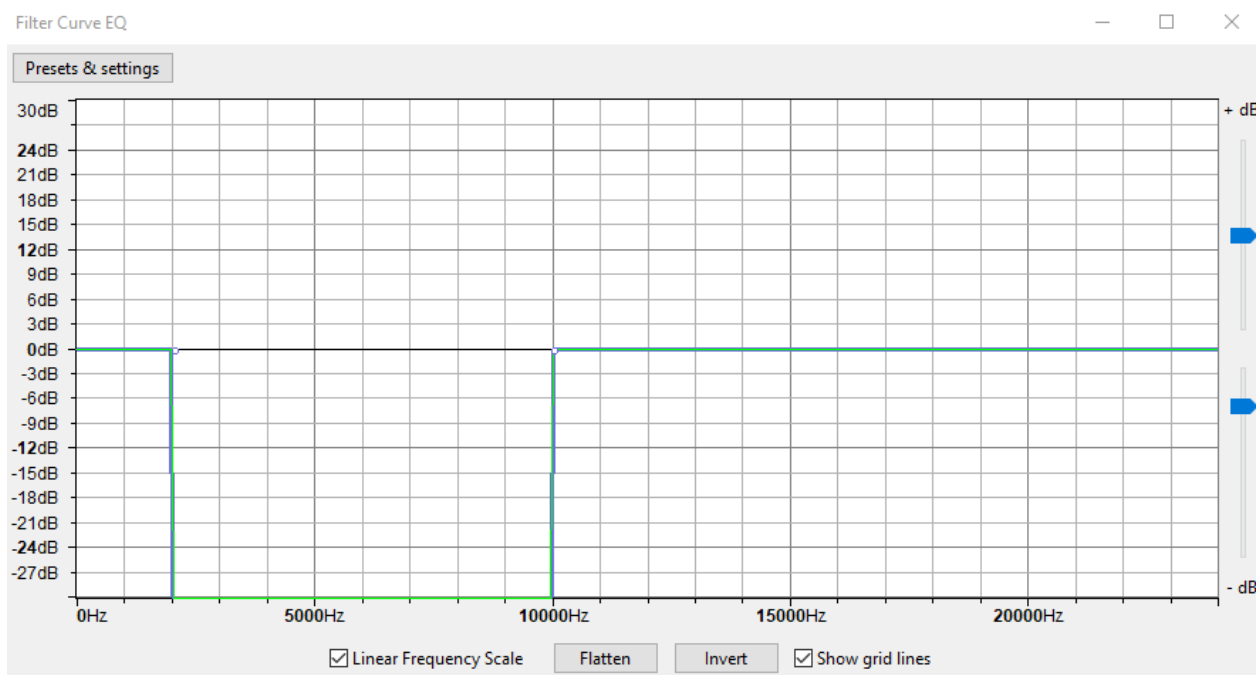


Рисунок 22 – График АЧХ режекторного фильтра 2000 – 10000.

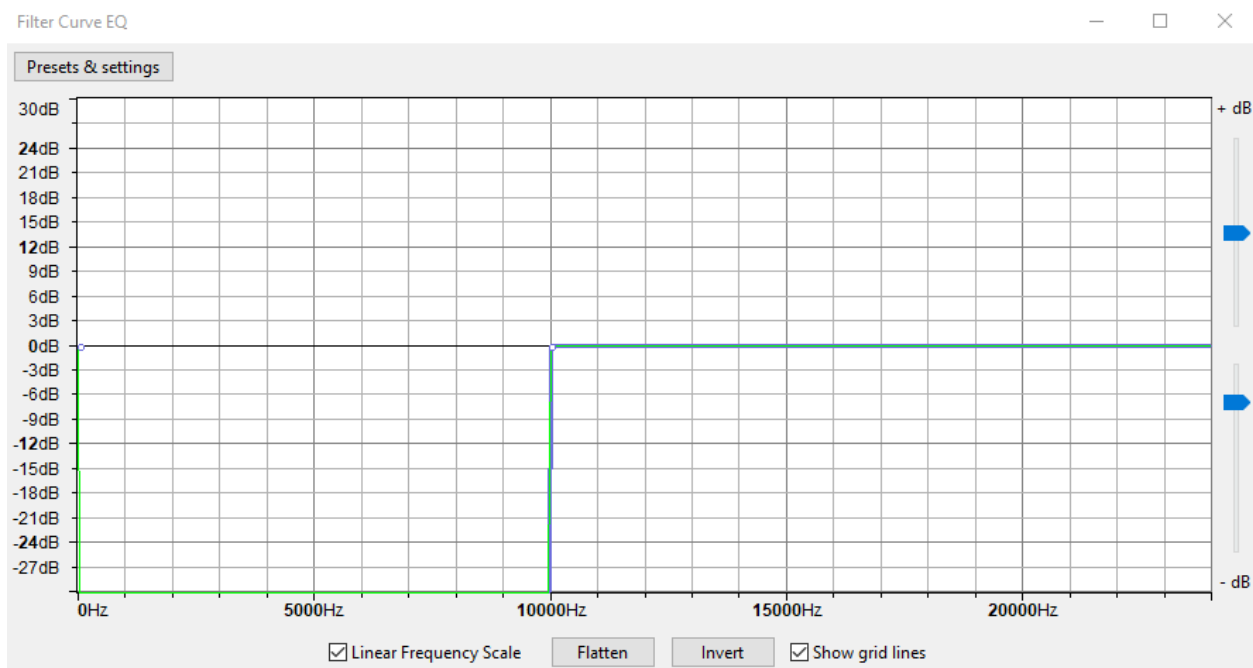


Рисунок 23 – График АЧХ режекторного фильтра подавление речи.

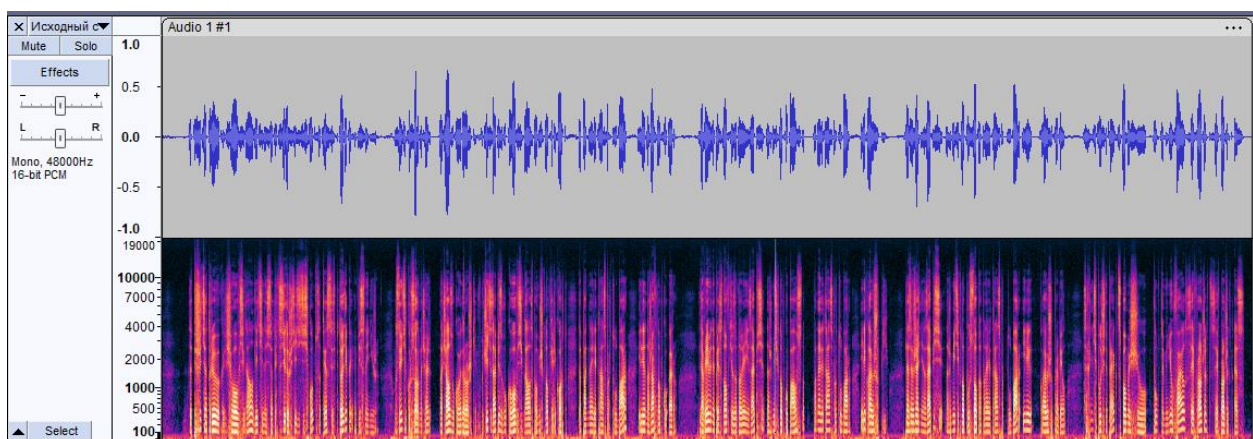


Рисунок 24 – Осциллограмма и спектрограмма исходного звукового сигнала.

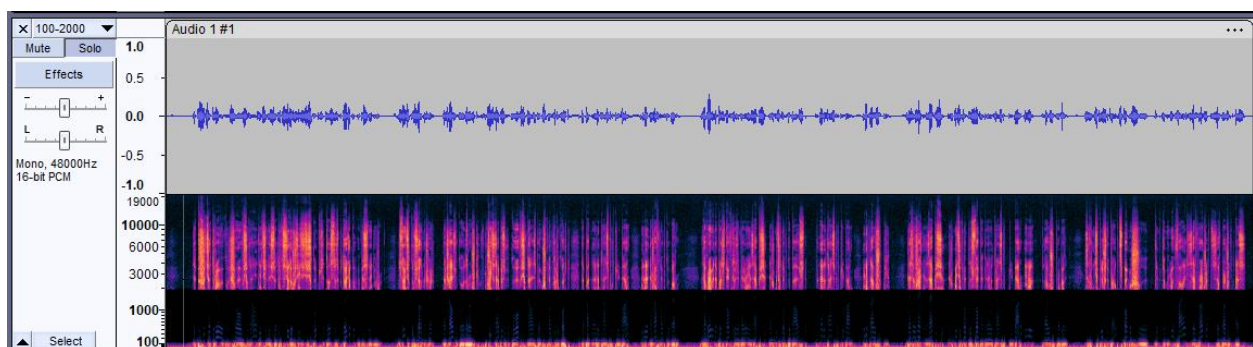


Рисунок 25 – Осциллограмма и спектрограмма звукового сигнала 100 - 2000.



Рисунок 26 – Осциллограмма и спектрограмма звукового сигнала 1000 - 3000.

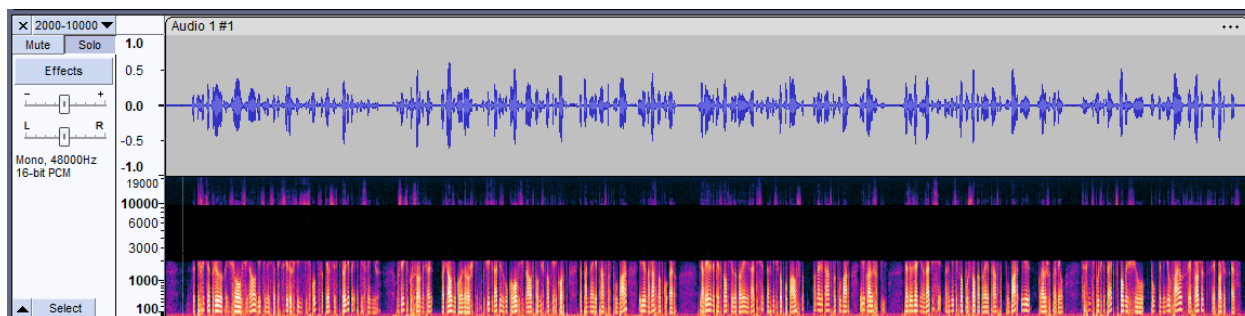


Рисунок 27 – Осциллограмма и спектрограмма звукового сигнала 2000 - 10000.

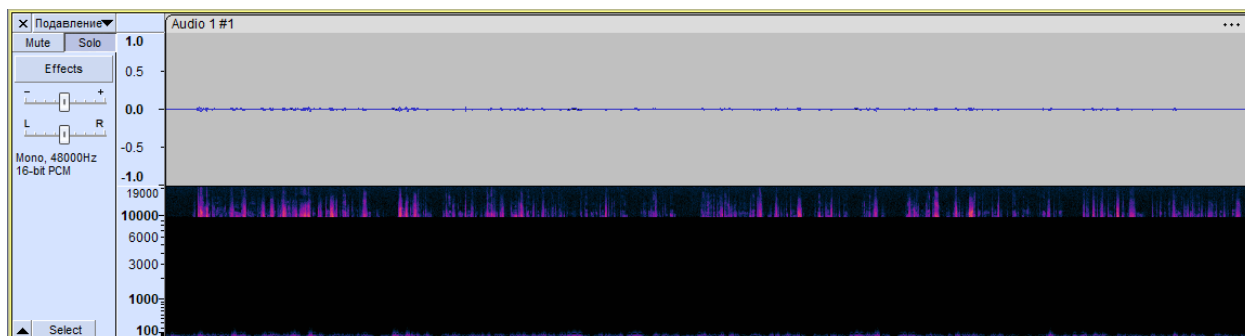


Рисунок 28 – Осциллограмма и спектрограмма звукового сигнала “подавление речи”.

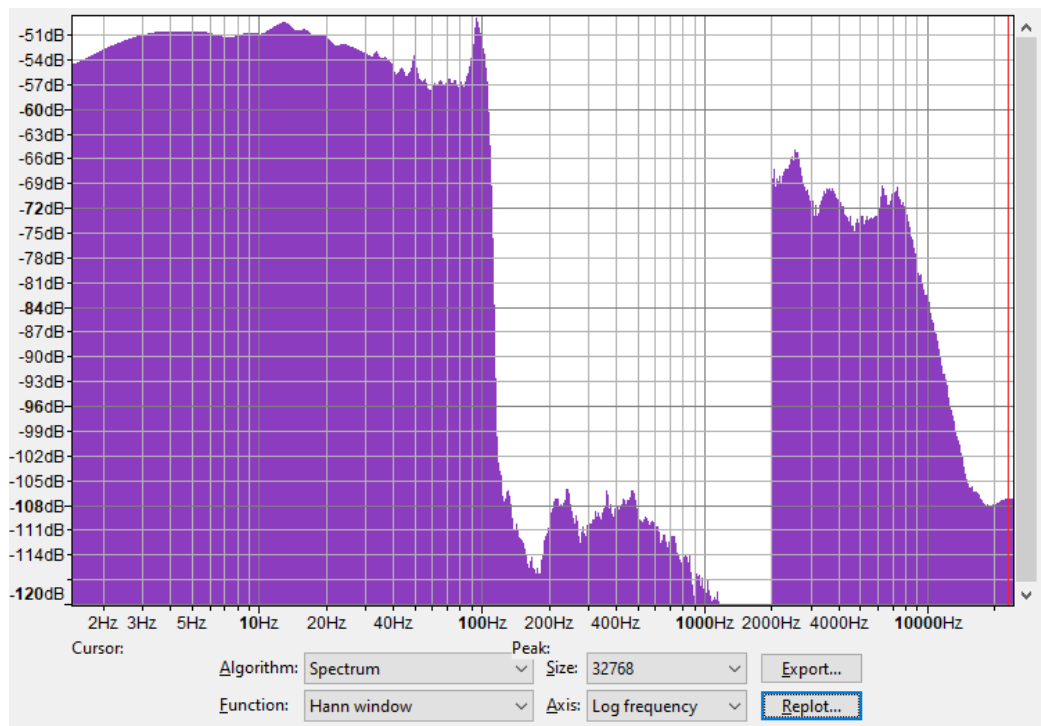


Рисунок 29 – Спектр сигнала 100 – 2000.

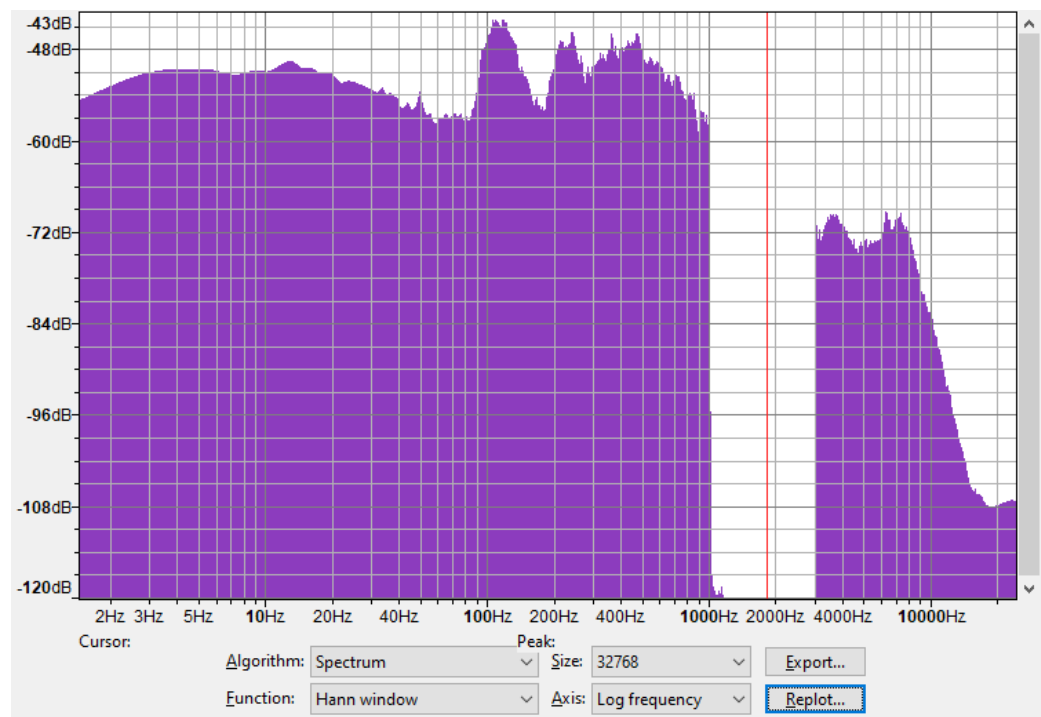


Рисунок 30 – Спектр сигнала 1000 – 3000.

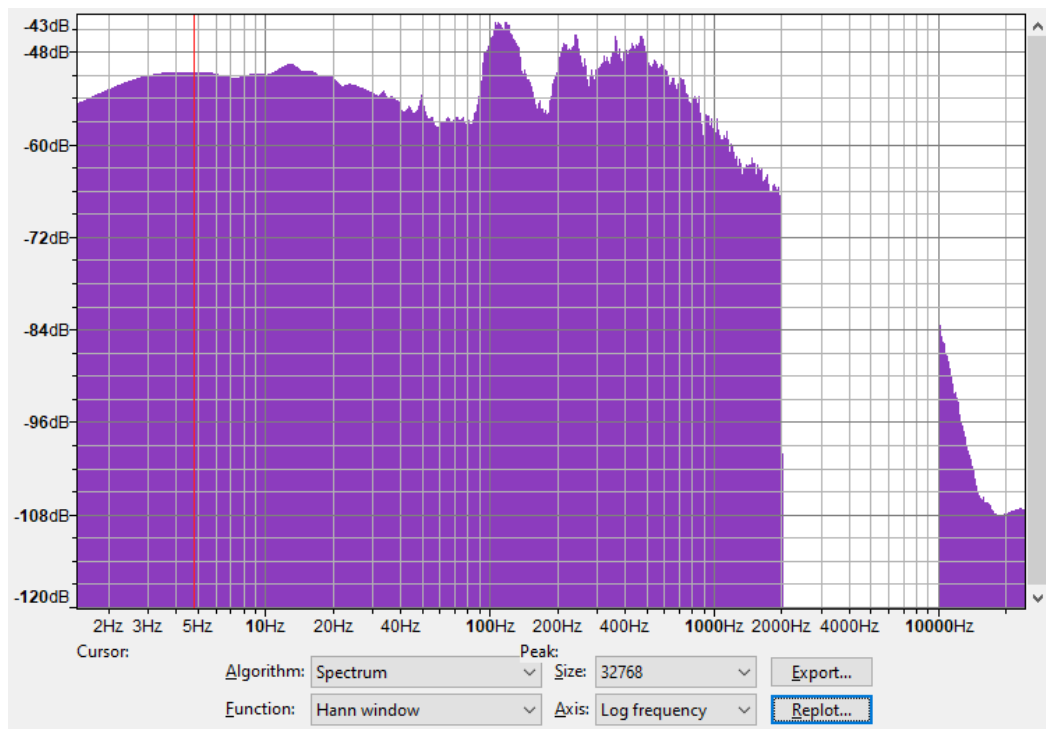


Рисунок 31 – Спектр сигнала 2000 – 10000.

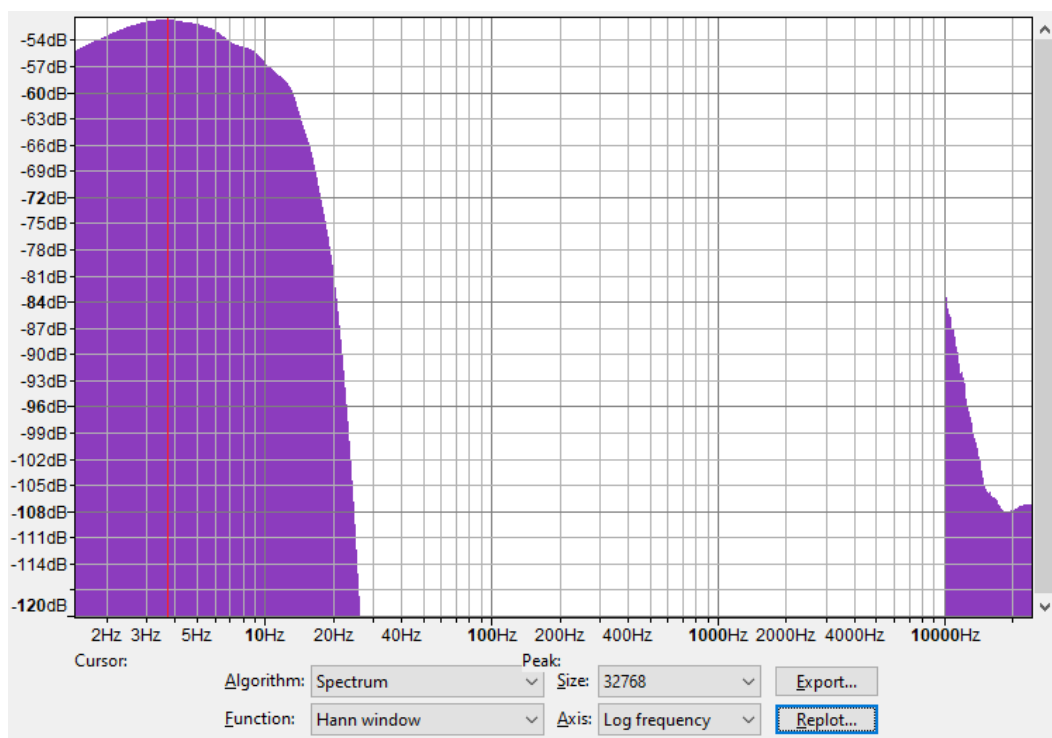


Рисунок 32 – Спектр сигнала “подавление речи”.

4. Анализ результатов исследования

4.1 Анализ результатов исследования инструментов для изменения амплитуды аудиосигнала

1. Сплошная линия соответствует тональному сигналу. Спектр, теряющий мощность на высоких частотах соответствует шумовому сигналу. Спектр, в котором мощность увеличивается по логарифмическому закону соответствует скользящему тону.

2. В каждом из 14 этапов обработки сигнала изменялась амплитуда сигнала.

3. Спектрограмма окрашивается в более яркий свет, что показывает увеличение амплитуды сигнала и наоборот.

4.2 Анализ результатов исследования АЧХ основных телекоммуникационных систем и систем звукозаписи

1. В зависимости от выбранного фильтра некоторые частоты могут подавляться полностью, а некоторые могут просто терять свою мощность.
2. Различия между спектром исходного сигнала и спектрами сигналов, прошедших фильтрацию заключаются в том, что некоторые частоты были вырезаны полностью, а некоторые были приглушены по уровню.
3. На громкость сигнала влияет приглушение самых громких и активных частот. На тембр голоса влияет приглушение низких или высоких частот. На разборчивость речи влияет обрезание частот, входящих в диапазон 300-3400 Гц (диапазон человеческого голоса).
4. В целом, везде, кроме радиации голос передаётся в хорошем качестве.

4.3 Анализ результатов исследования спектральных характеристик речевого сигнала

1. В зависимости от выбранного фильтра определенные частоты полностью подавлялись, а некоторые почти полностью теряли свою мощность.
2. Различия между спектром исходного сигнала и спектрами сигналов, прошедших фильтрацию заключаются в том, что некоторые частоты были вырезаны полностью, а некоторые были приглушены по уровню.
3. Основная энергия речевого сигнала сосредоточена в диапазоне частот 300 – 3400 Гц.
4. Частотный диапазон исследуемого речевого сигнала 10 - 10000 Гц.