



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

«МИРЭА – Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

Институт радиоэлектроники и информатики
Кафедра радиоволновых процессов и технологий

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1

по дисциплине «Программно-конфигурируемые радиотехнологии»

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Выполнил:
студенты группы: РИБО-01-23
Будаев Д. Г.
Новиков В. П.

Принял:
Коняшкин Г. В.

Москва
2026

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Исследование основных принципов амплитудной модуляции и частотной модуляции.

1. АМ модуляция

Амплитудная модуляция (АМ, англ. АМ - amplitude modulation) является наиболее простым и распространенным способом изменения параметров носителя информации. При амплитудной модуляции амплитуда гармонического колебания (несущего сигнала) изменяется по закону изменения передаваемого информационного сигнала. В радиотехнике амплитудную модуляцию применяют для передачи информации на расстояние в радиовещании, акустической локации и др. Например, в радиовещании звуковые колебания преобразуются в электрический сигнал низкой частоты (модулирующий сигнал), который и изменяет (модулирует) амплитуду сигнала высокой (несущей) частоты. У полученного в результате модулированного радиосигнала амплитуда изменяется в соответствии с силой звукового сигнала.

Основной характеристикой амплитудной модуляции является коэффициент амплитудной модуляции или глубина модуляции (modulation depth) – отношение разности между максимальным и минимальным значениями амплитуд модулированного сигнала к сумме этих значений, выраженное в процентах.

В ходе лабораторной работы была построена приведенная на рисунке 1 схема в программном инструментарии GnuRadio.

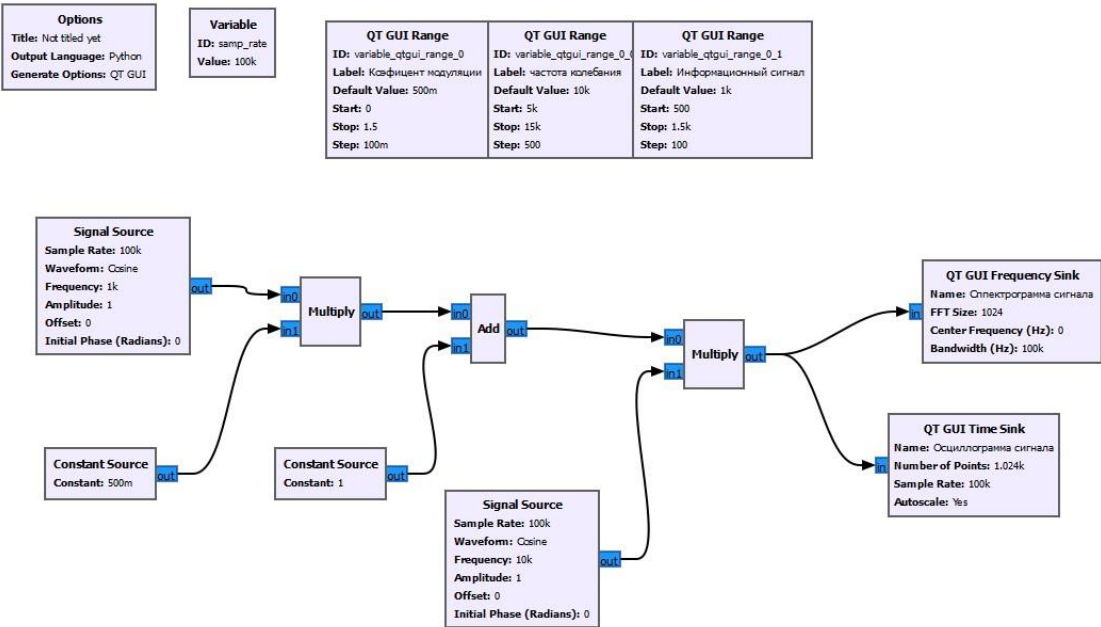


Рис.1. Схема реализации АМ сигнала в программном инструментарии GnuRadio.

Далее было проанализировано влияние основных параметров АМ сигнала на выходной сигнал в соответствии с таблицей 1 и сняты соответствующие графики для каждого значения КМ

Таблица 1 Зависимость значений мощностей от КМ

Коэффициент модуляции, K_m	Мощность информационного сигнала	Мощность модулируемый сигнала
0.25	-21.4	-9.5
0.5	-15.4	-9.5
0.75	-11.8	-9.5
1	-9.3	-9.5
1.5	-5.8	-9.5

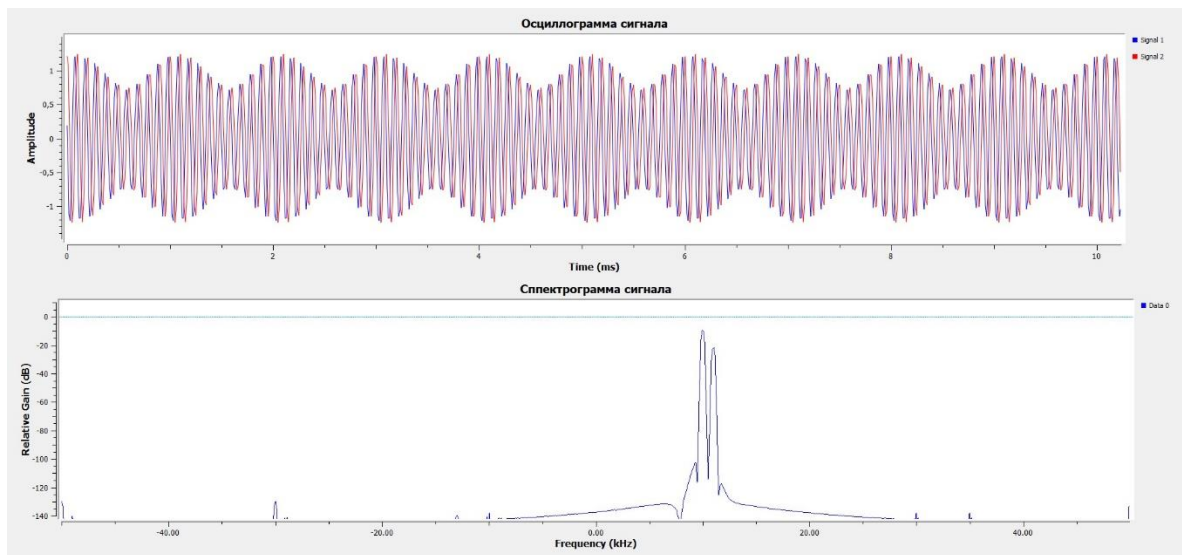


Рис. 2. Временное представление и АЧС сигнала при $k=0.25$

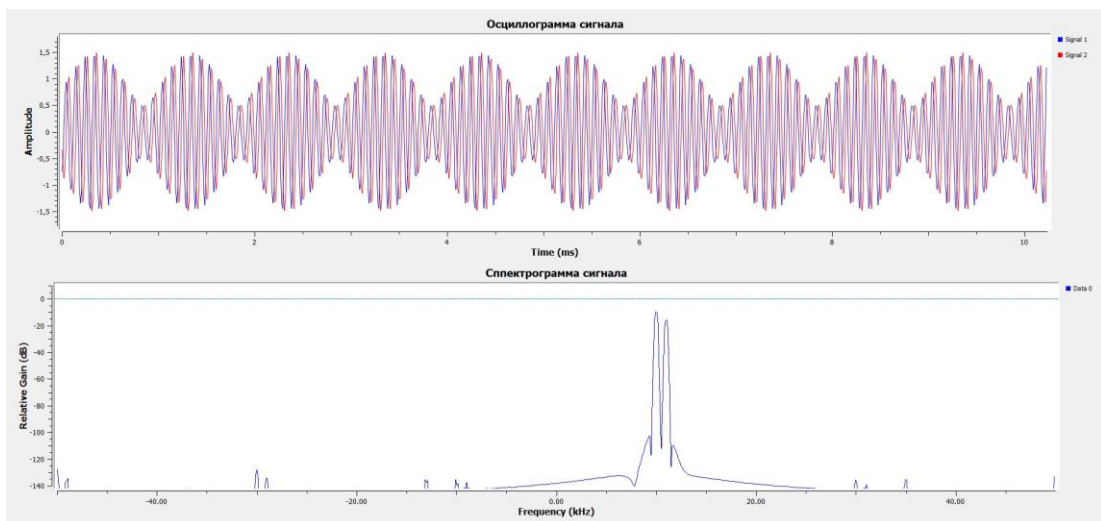


Рис. 3. Временное представление и АЧС сигнала при $k=0.5$

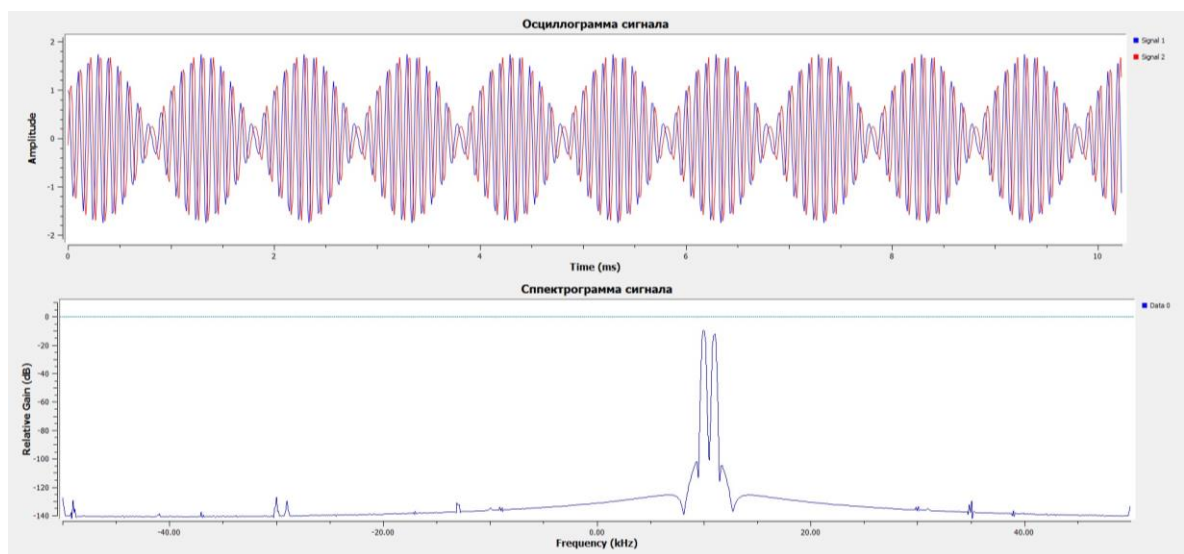


Рис. 4. Временное представление и АЧС сигнала при $k=0.75$

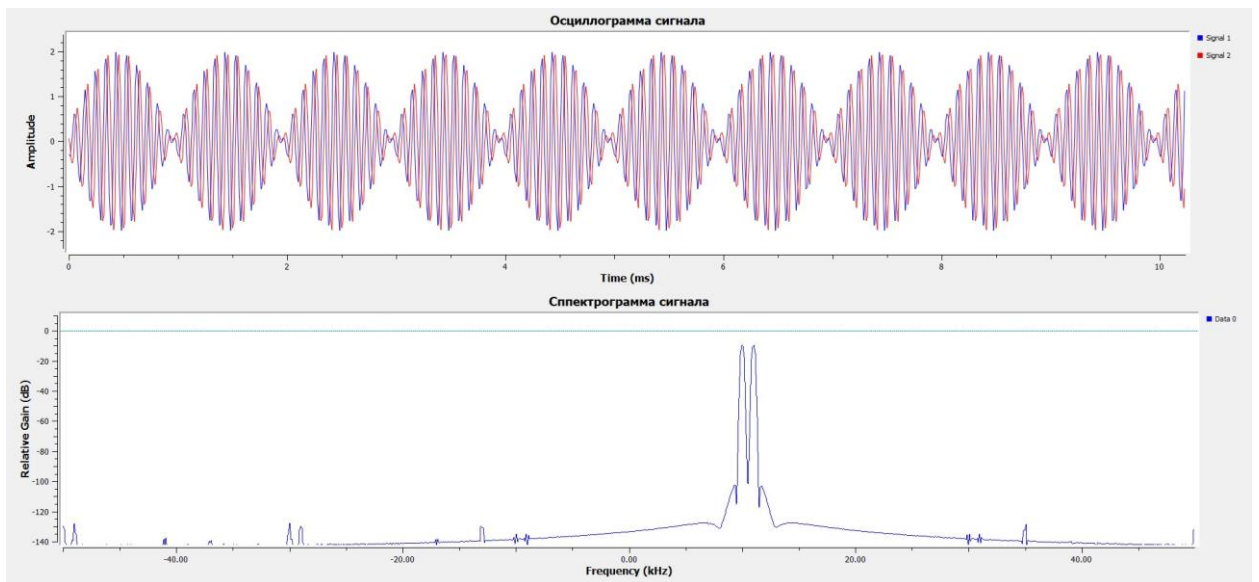


Рис. 5. Временное представление и АЧС сигнала при $k=1$

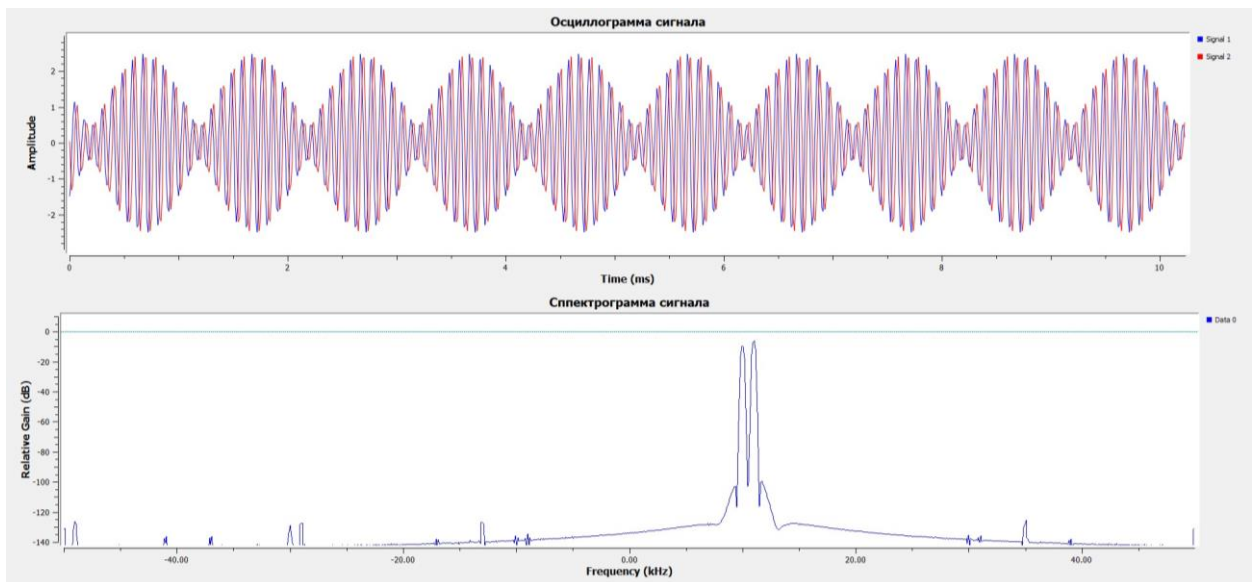


Рис. 6. Временное представление и АЧС сигнала при $k=1.5$

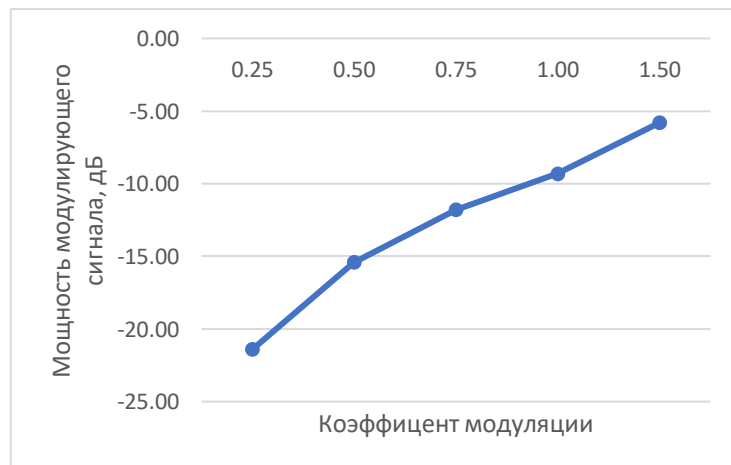


Рис. 7. График зависимости мощности модулирующего сигнала от КМ

2. ЧМ модуляция

Частотная модуляция (ЧМ, FM (англ. frequency modulation)) — вид аналоговой модуляции, при которой модулирующий сигнал управляет частотой несущего колебания. По сравнению с амплитудной модуляцией здесь амплитуда остаётся постоянной.

Линейная частотная модуляция (ЛЧМ) сигнала — это вид частотной модуляции, при которой частота несущего сигнала изменяется по линейному закону.

В ходе лабораторной работы была построена приведенная на рисунке 8 схема в программном инструментарии GnuRadio.

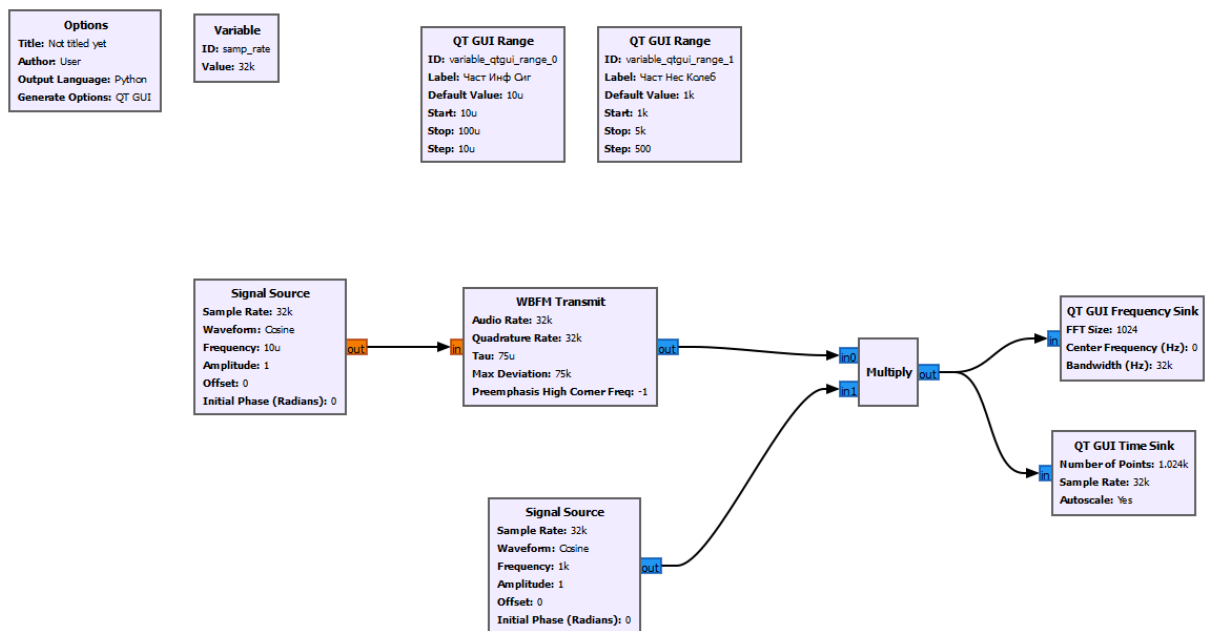


Рис. 8. Схема ЧМ модулятора в программе GNU Radio

Зафиксировали графики с различными параметрами модулирующего и модулируемого сигнала, полученными согласно таблице 2

Таблица 2 Перечень параметров частот для модулирующего и модулируемого сигналов ЧМ модулятора

Частота модулирующего сигнала, мкГц	Частота модулируемого сигнала, Гц
10	1000
30	2000
60	3000
80	4000
100	5000

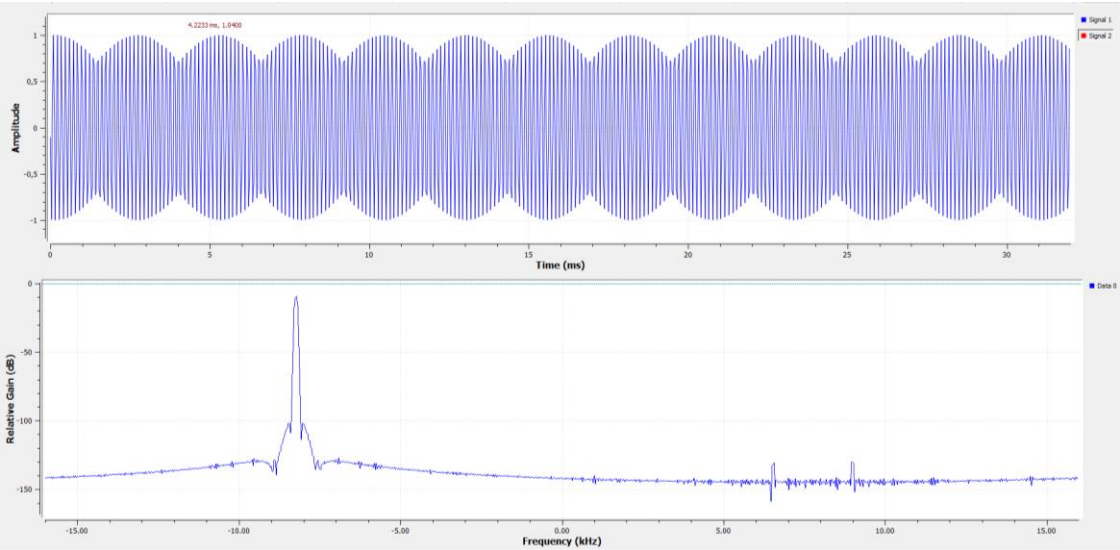


Рис. 9. Временное представление и АЧС полученного сигнала (10мкГц/1кГц).

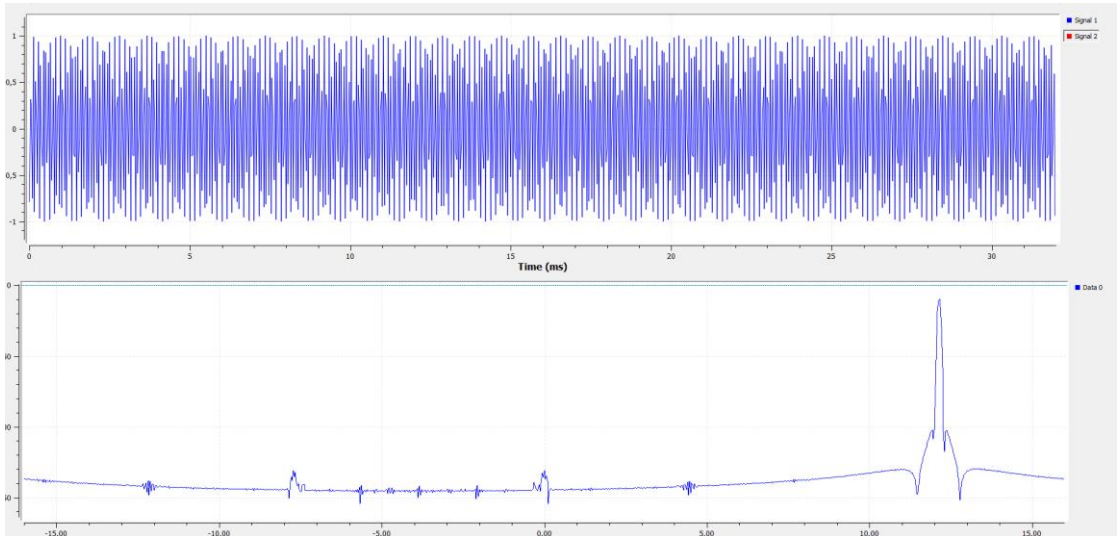


Рис. 10. Временное представление и АЧС полученного сигнала (30мкГц/2кГц).

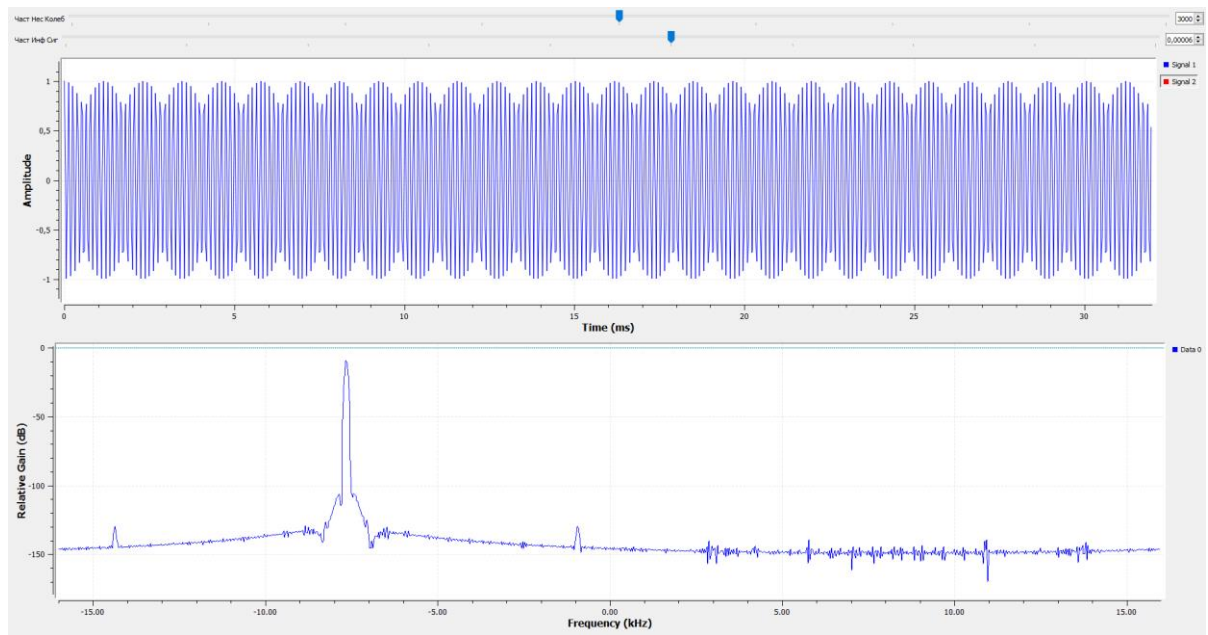


Рис. 11. Временное представление и АЧС полученного сигнала (60мкГц/3кГц).

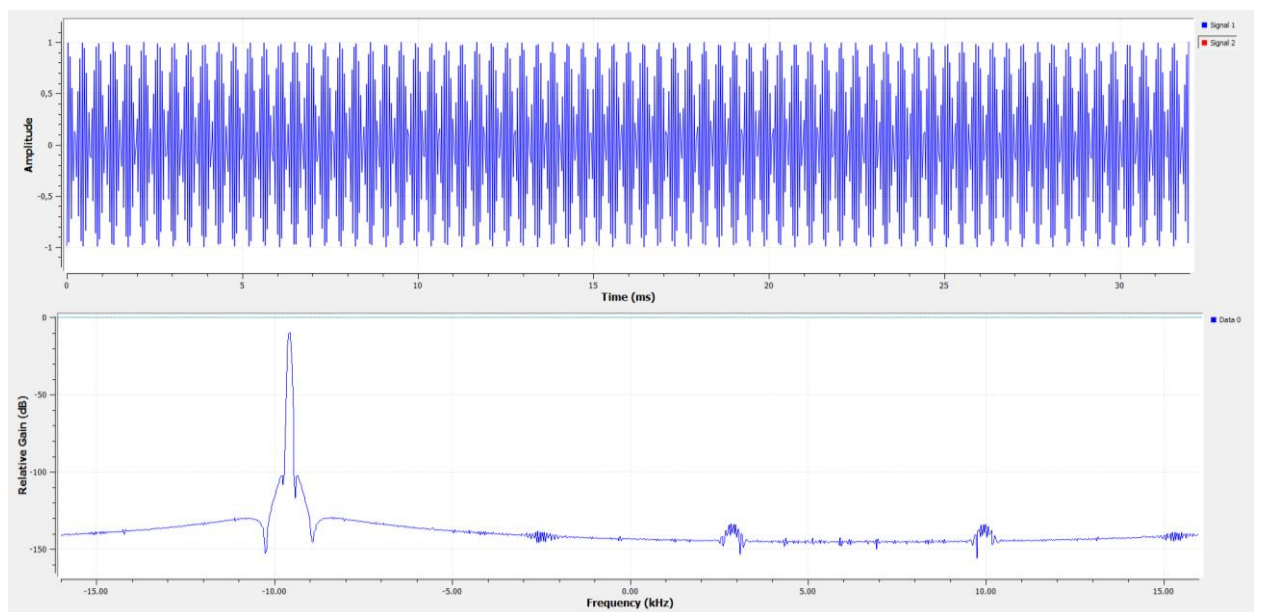


Рис. 12. Временное представление и АЧС полученного сигнала (80мкГц/4кГц).

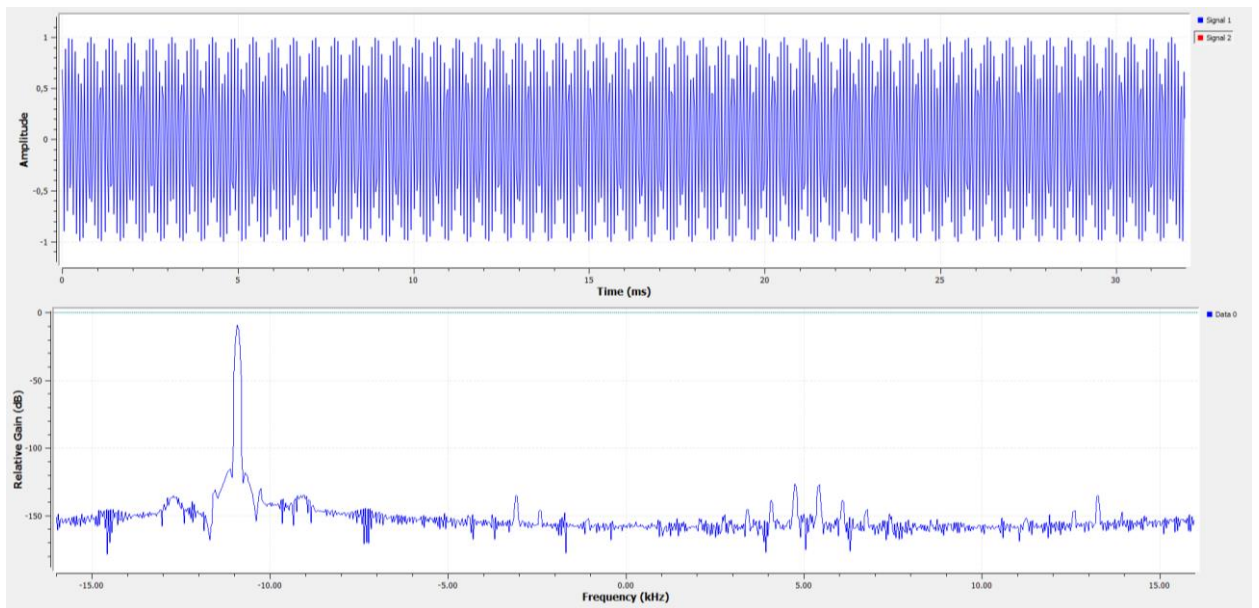


Рис. 13. Временное представление и АЧС полученного сигнала
(100мкГц/5кГц).

Широкополосный FM-передатчик. Принимает один входной поток аудиосэмплов с плавающей запятой в диапазоне $[-1, +1]$ и выдает один выходной сигнал сложной полосы частот с FM-модуляцией.

Параметры:

- Audio Rate - частота дискретизации аудиопотока, ≥ 16 Кбит/с (целое число)
- Quadrature Rate - частота дискретизации выходного потока (целое число). Должно быть целым числом, кратным Audio Rate.
- Tau - постоянная времени предварительного выделения (по умолчанию $75e-6$) (с плавающей точкой)
- Max Deviation - максимальное отклонение в Гц (по умолчанию $75e3$) (с плавающей точкой)
- Preemphasis High Corner Freq - высокая частота, при которой можно сгладить предварительный акцент (шумокоррекция); < 0 означает значение по умолчанию $0,925 \cdot \text{quad_rate} / 2,0$ (плавающее значение)

3. Модулирование wav файла с помощью АМ модуляции.

В ходе лабораторной работы была построена приведенная на рисунке 14 схема в программном инструментарии GnuRadio. Файл представлен ниже.



file_example_WAV_5
MG.wav

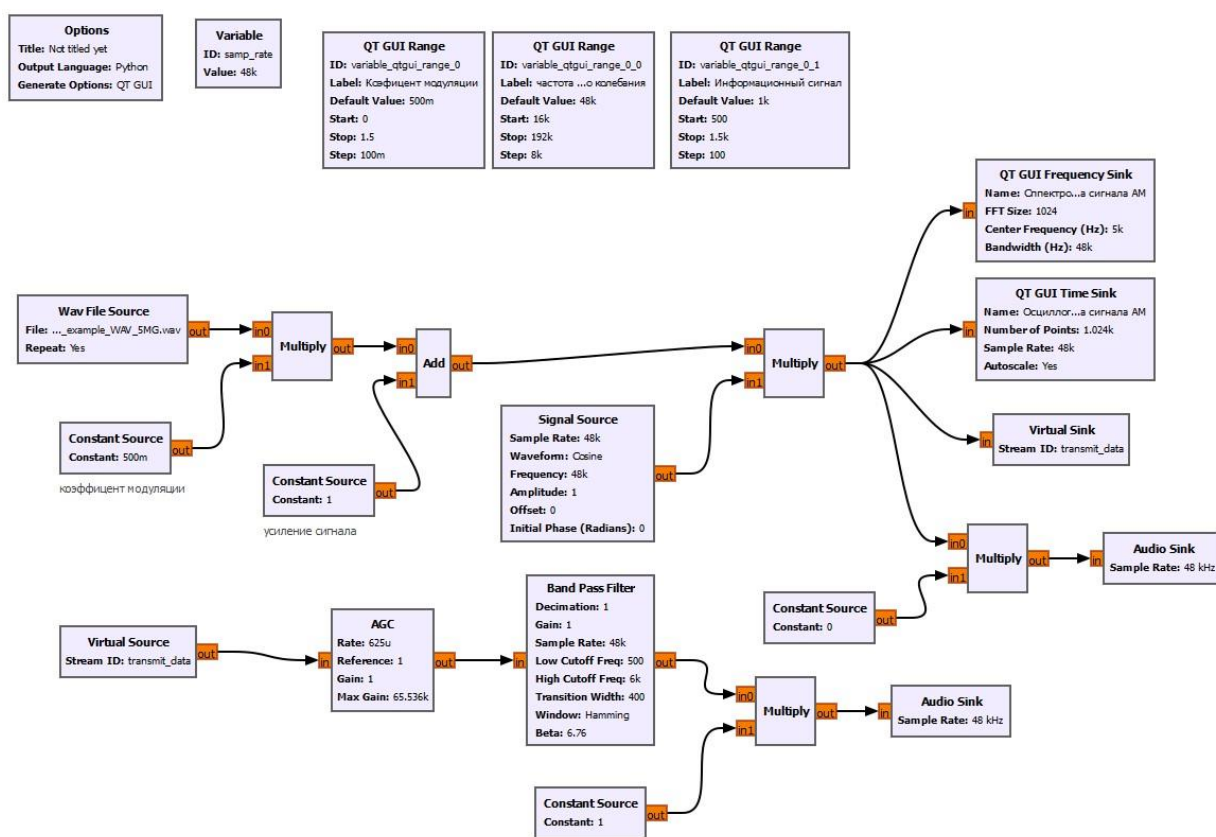


Рис. 14. Схема модуляции звука с помощью АМ.

Зафиксировать графики с различными параметрами модулирующего сигнала полученными согласно таблице 3.

Таблица 3 Перечень параметров частот модулируемого сигнала

Частота модулируемого сигнала, кГц
16
24
32
48
68
96
128
144

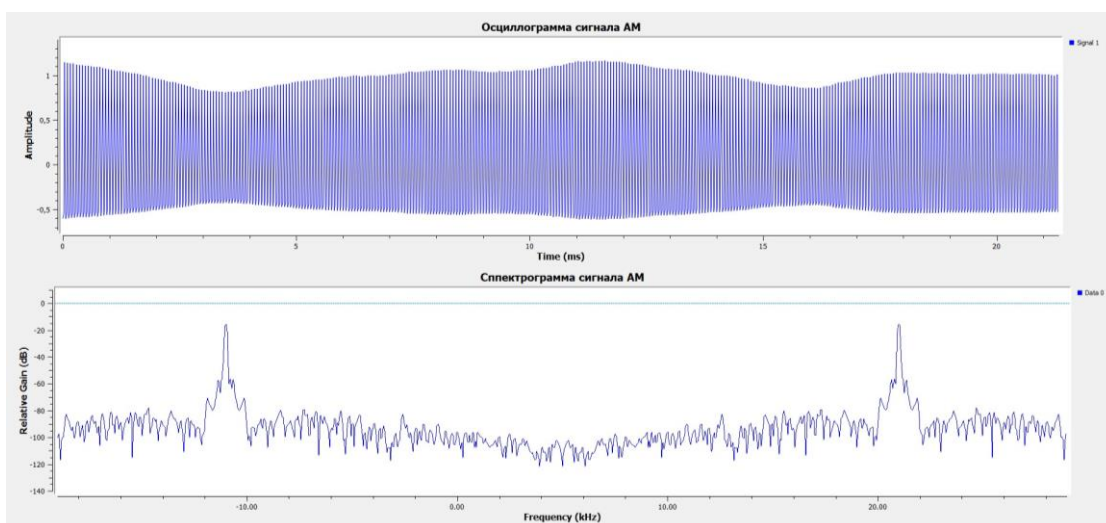


Рис. 15. График сигнала при частоте модулируемого сигнала 16кГц.

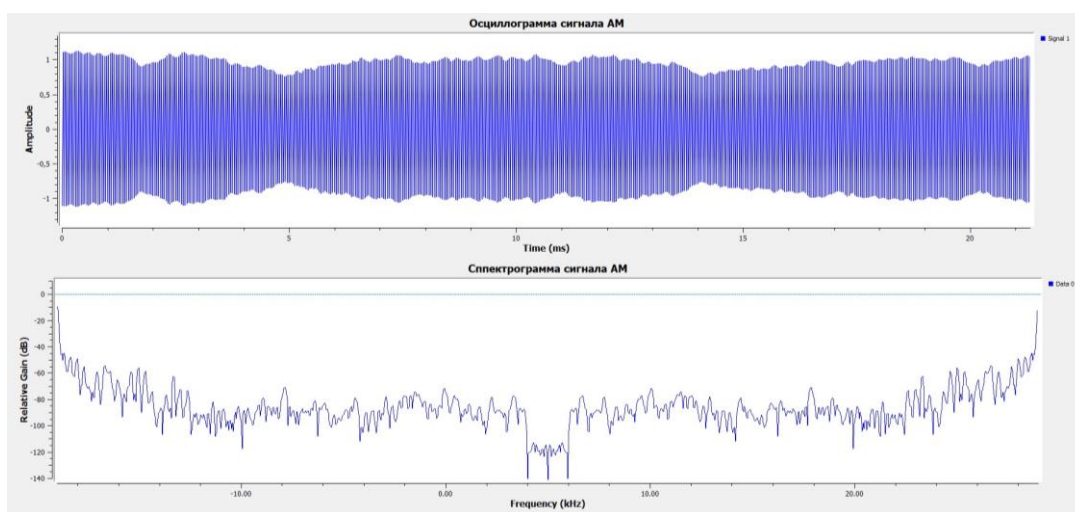


Рис. 16. График сигнала при частоте модулируемого сигнала 24кГц.

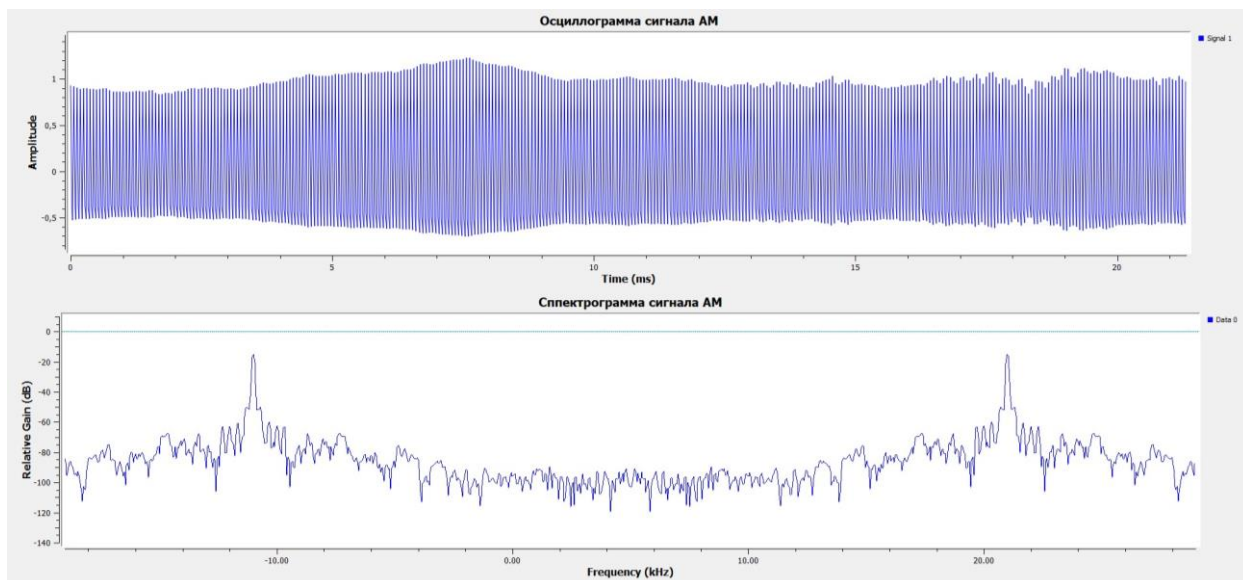


Рис. 17. График сигнала при частоте модулируемого сигнала 32кГц.

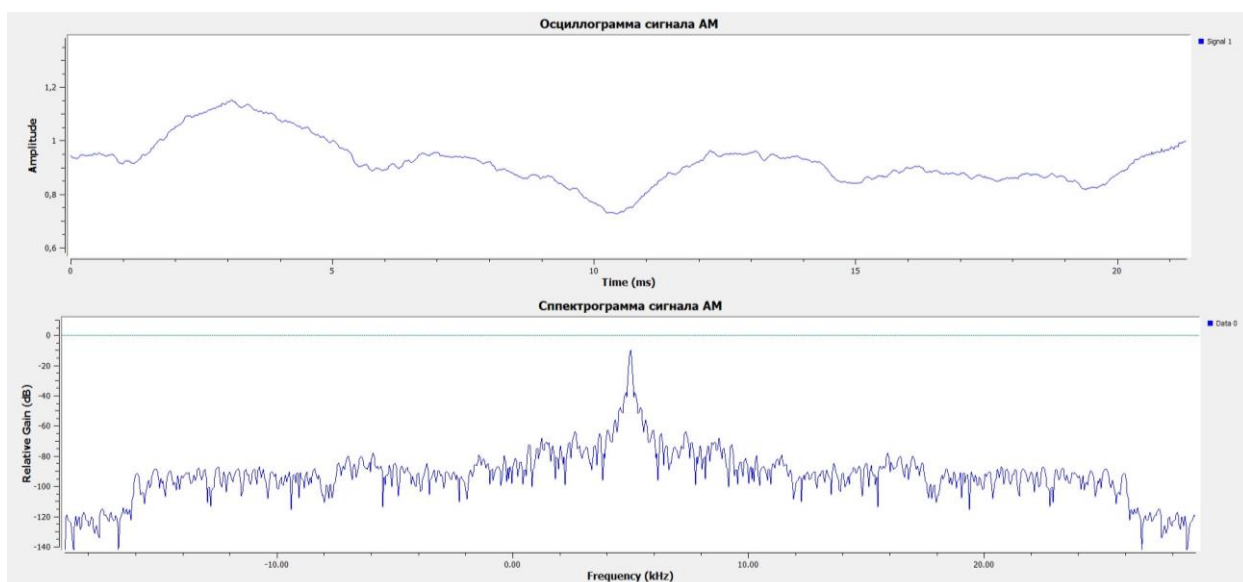


Рис. 18. График сигнала при частоте модулируемого сигнала 48кГц.

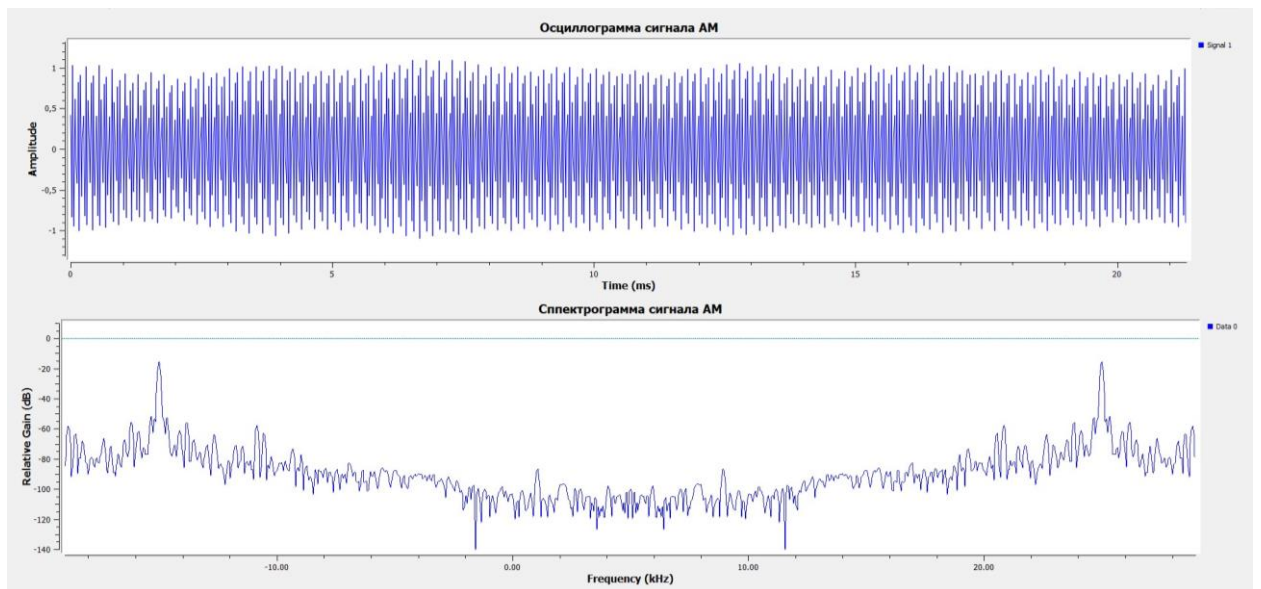


Рис. 19. График сигнала при частоте модулируемого сигнала 68кГц.

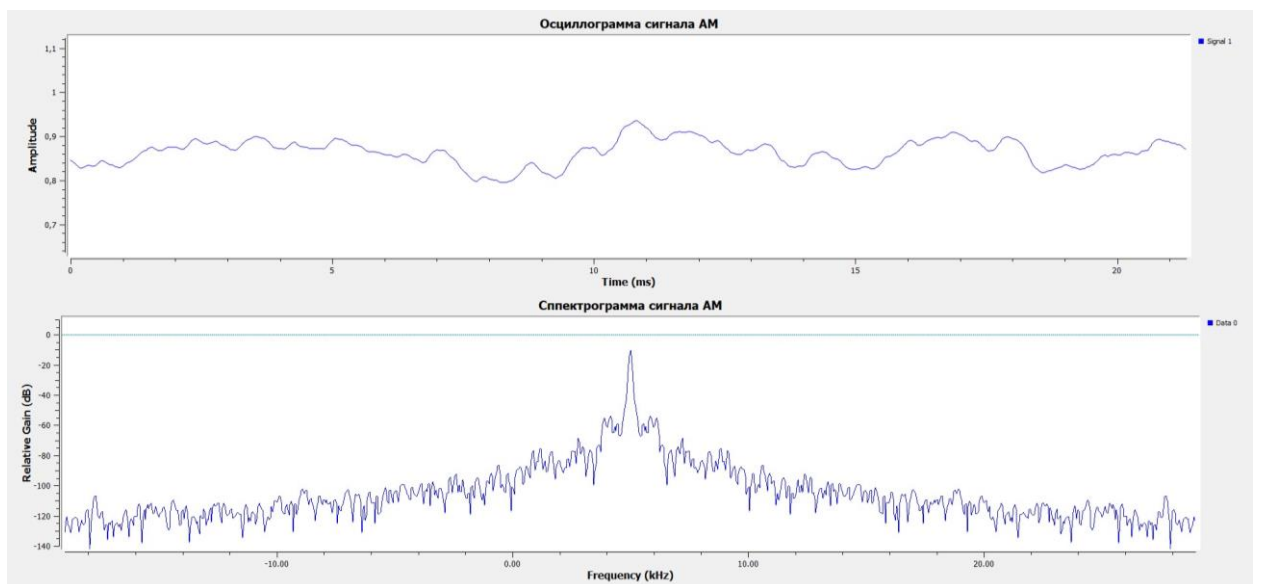


Рис. 20. График сигнала при частоте модулируемого сигнала 96кГц

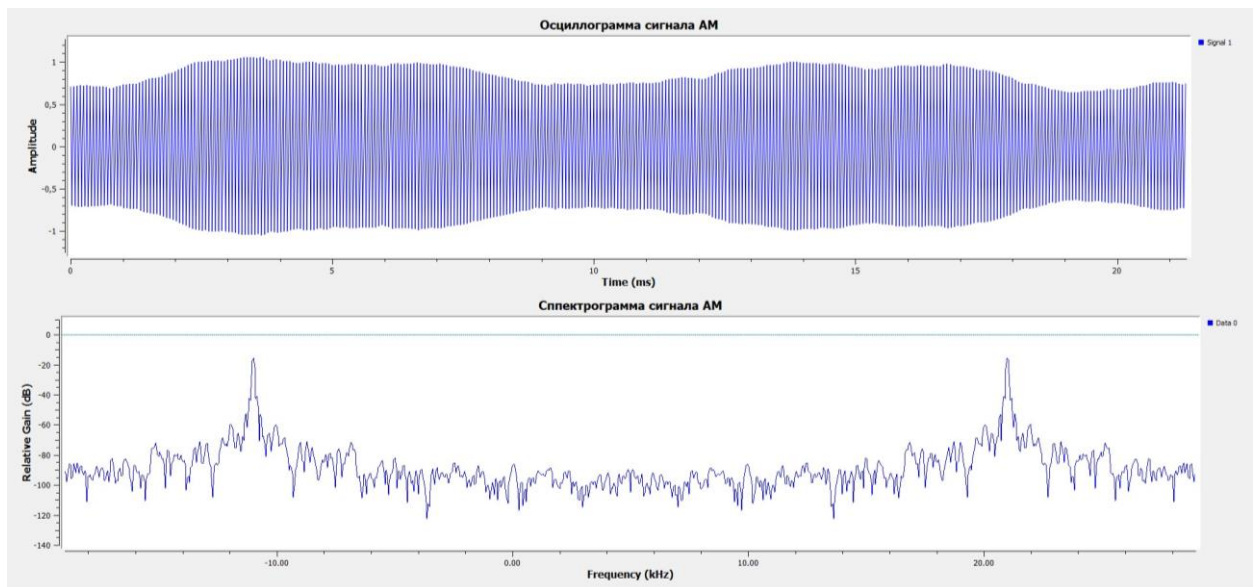


Рис. 21. График сигнала при частоте модулируемого сигнала 128кГц.

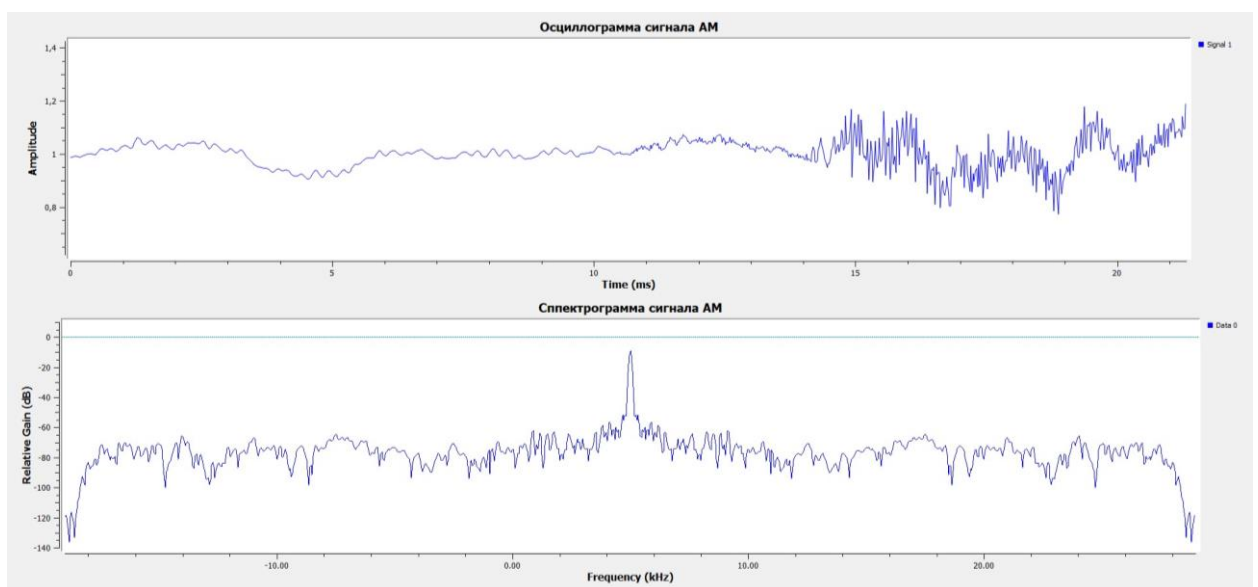


Рис. 22. График сигнала при частоте модулируемого сигнала 144кГц.

Какова зависимость частоты модулируемого сигнала от возможности нормального вывода звукового сигнала на аудиокарту? Звук передается без явных искажений, когда частота несущего колебания кратна частоте дискретизации аудиоинтерфейса (48, 96 и 144 кГц). Однако при использовании иных частот звуковой сигнал сильно искажается (срезаются средние частоты).

Контрольные вопросы:

Вопрос 1:

Как математически описать амплитудно-модулированный сигнал, и какие параметры влияют на его форму? Сигнал описывается формулой $s(t) = A \cdot \cos(\omega t)$, где ω - частота информационного сигнала. Амплитудно-модулированный сигнал задается формулой $s(t) \cdot \cos(\omega_m t)$, где ω_m - частота несущего сигнала.

Вопрос 2:

Как можно экспериментально определить коэффициент модуляции в амплитудной модуляции, и какие приборы для этого используются? Для экспериментального определения коэффициента модуляции при АМ, можно воспользоваться формулой $m = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max} + A_{min}} \cdot 100\%$. Максимальные и минимальные значения амплитуды огибающей сигнала определяются по осциллограмме, полученной на осциллографе.