

Отчет о выполнении лабораторной работы 3.6.1 Спектральный анализ электрических сигналов

Костылев Влад, Б01-208

13 октября 2023 г.

Аннотация

Цель работы: изучить спектральный состав периодических электрических сигналов.

В работе используются: анализатор спектра (аналоговый или цифровой), генератор прямоугольных импульсов и сигналов специальной формы, осциллограф.

1 Теоретическая справка

В работе изучается спектральный состав периодических электрических сигналов различной формы: последовательности прямоугольных импульсов, последовательности цугов и амплитудно-модулированных гармонических колебаний. Спектры этих сигналов наблюдаются с помощью анализатора спектра и сравниваются с рассчитанными теоретически.

Периодическая функция может быть представлена в виде бесконечного ряда гармонических функций – ряда Фурье:

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} c_n e^{in\omega_0 t} \text{ или } f(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} a_n \cos(n\omega_0 t + \varphi_n).$$

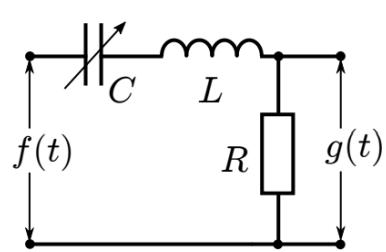
Здесь $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$, где T – период функции $f(t)$. Коэффициенты $\{c_n\}$ могут быть найдены по формуле:

$$c_n = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) e^{-in\omega_0 t} dt.$$

Наборы коэффициентов разложения в комплексной $\{c_n\}$ и действительной $\{a_n, \varphi_n\}$ формах связаны соотношением:

$$a_n = 2 |c_n|, \quad \varphi_n = \arg c_n.$$

В качестве простейшего спектрального анализатора можно использовать высокодобротный колебательный контур с подстраиваемой ёмкостью или индуктивностью. Такой контур усиливает те гармоники входного сигнала $f(t)$, частота которых близка к резонансной $\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ и практически не реагирует на частоты, далёкие от ν_0 .



С точки зрения преобразования гармоник колебательный контур является узкополосным фильтром с шириной полосы пропускания порядка $\Delta\nu \sim \frac{\nu_0}{Q}$, где $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \gg 1$ – его добротность. Амплитуда колебаний в контуре пропорциональна амплитуде $|c(\nu_0)|$ гармоники в спектре функции $f(t)$, частота которой совпадает с ν_0 . Таким образом, меняя резонансную частоту контура, можно "просканировать" весь спектр входного сигнала.

2 Используемое оборудование

В работе используются: анализатор спектра (аналоговый или цифровой), генератор прямоугольных импульсов и сигналов специальной формы, осциллограф.

3 Результаты измерений и обработка данных

См. ниже...

4 Заключение

В заключение можно сказать, что в данной лабораторной работе мы научились изучать спектральный состав периодических электрических сигналов.

Часть А:

Пункт 1(А):

1. Изменяем частоту повторений v , $\tau = \text{const}$:

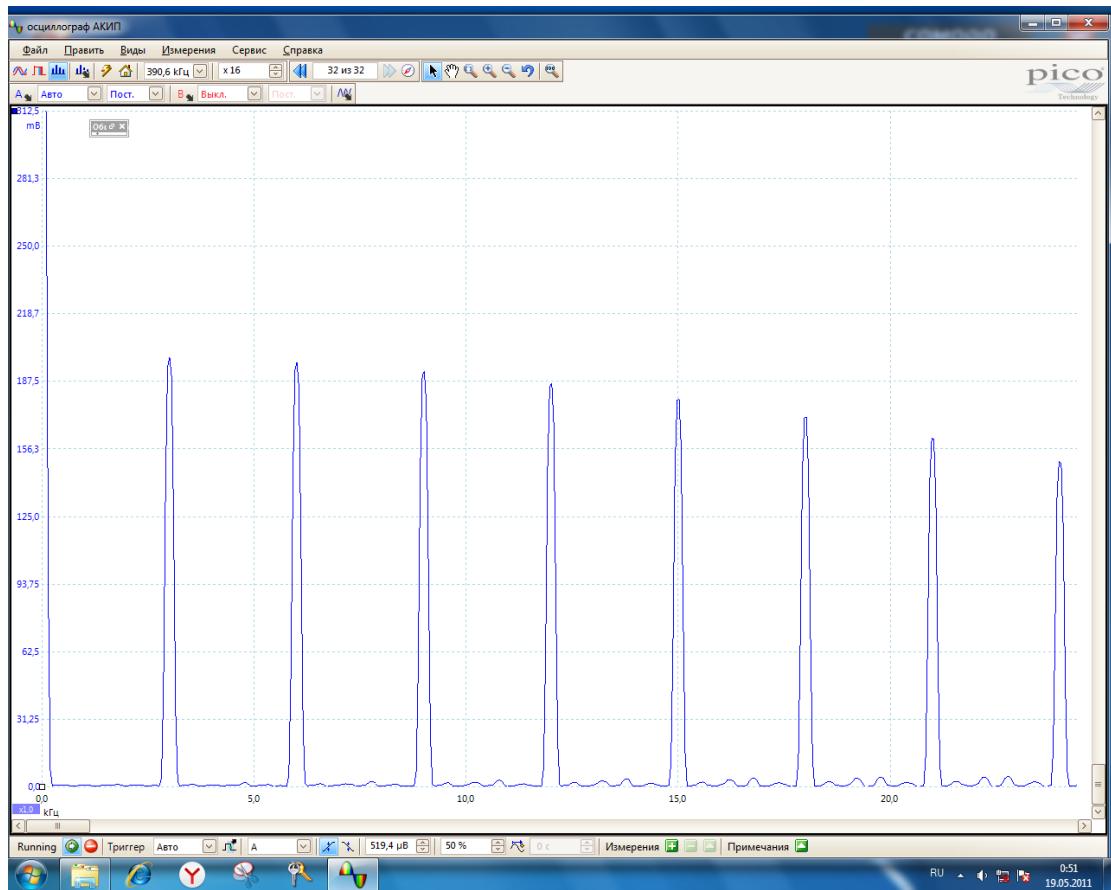


Рисунок 1. $\tau = 50$ мкс, $a_1 = 197.7$ мВ, $v = 3$ кГц, $\Delta v = 60$ кГц

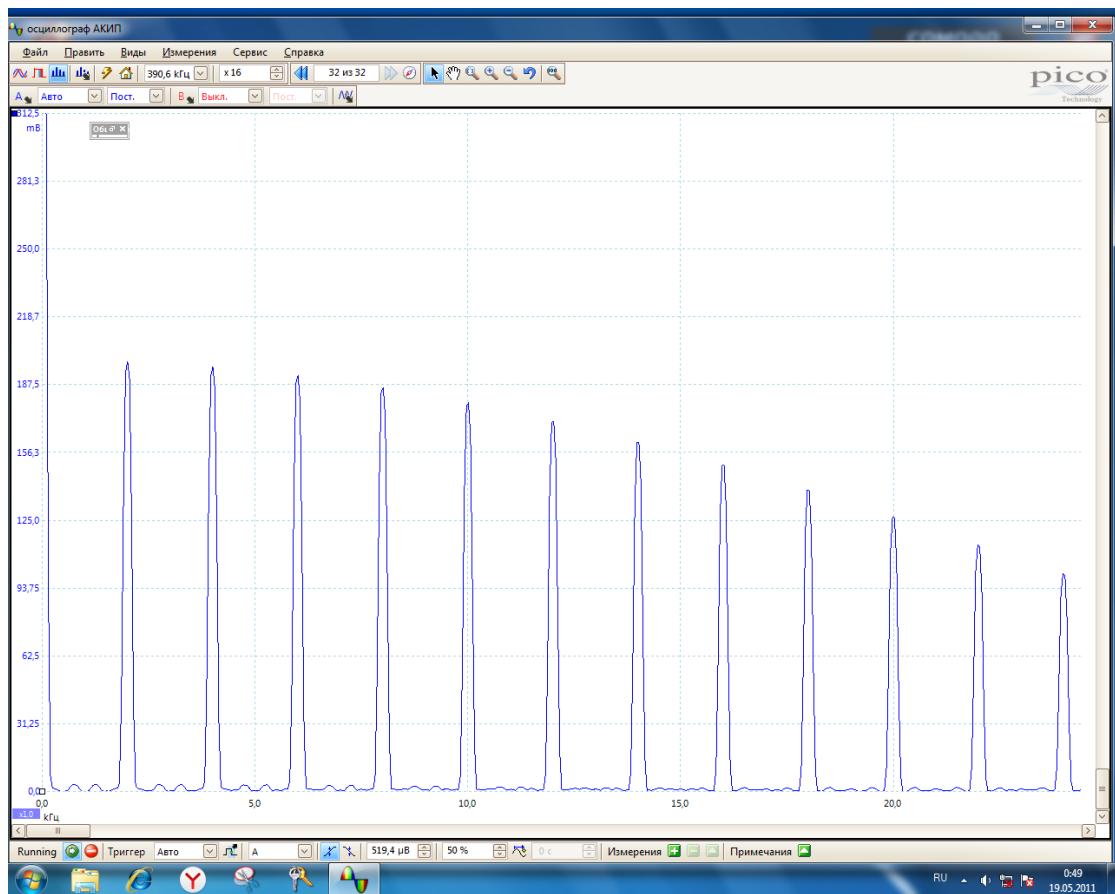


Рисунок 2. $\tau = 50$ мкс, $a_1 = 197.7$ мВ, $v = 2$ кГц, $\Delta v = 40$ кГц

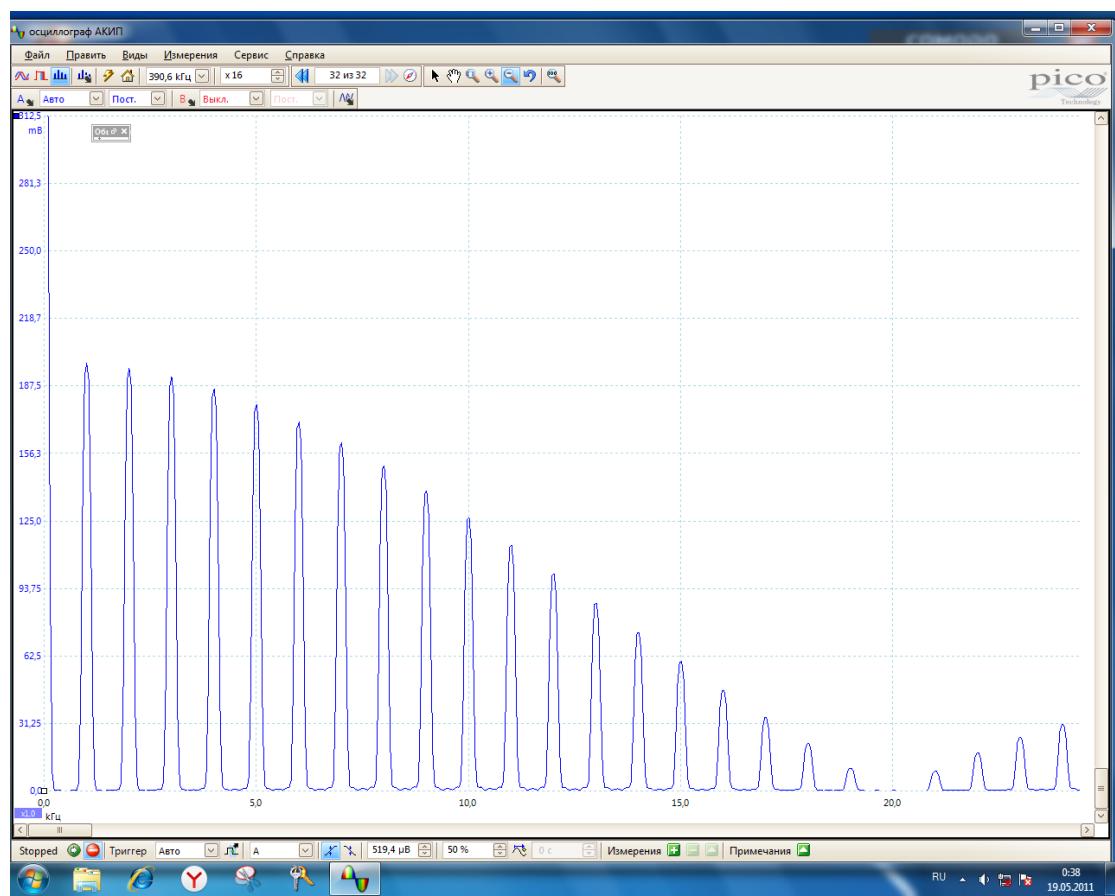


Рисунок 3. $\tau = 50$ мкс, $a_1 = 197.7$ мВ, $v = 1$ кГц, $\Delta v = 20$ кГц

2. Изменяем частоту повторений τ , $v = \text{const}$:

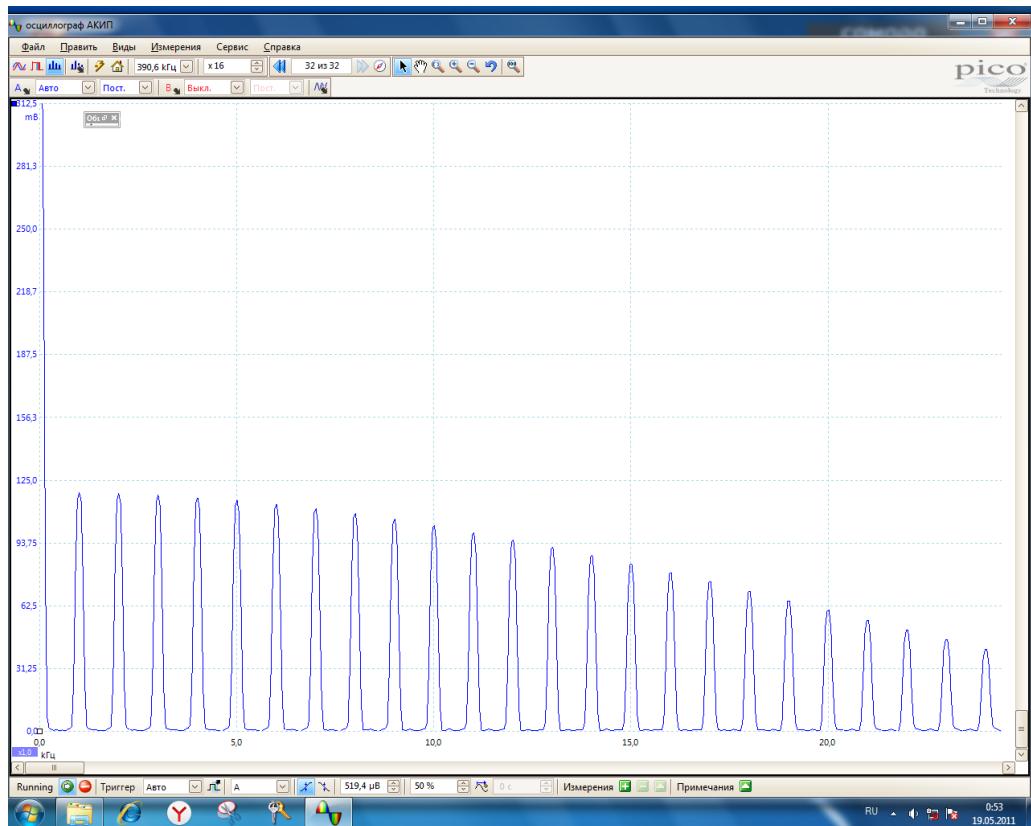


Рисунок 4. $\tau = 30$ мкс, $a_1 = 119.6$ мВ, $v = 1$ кГц

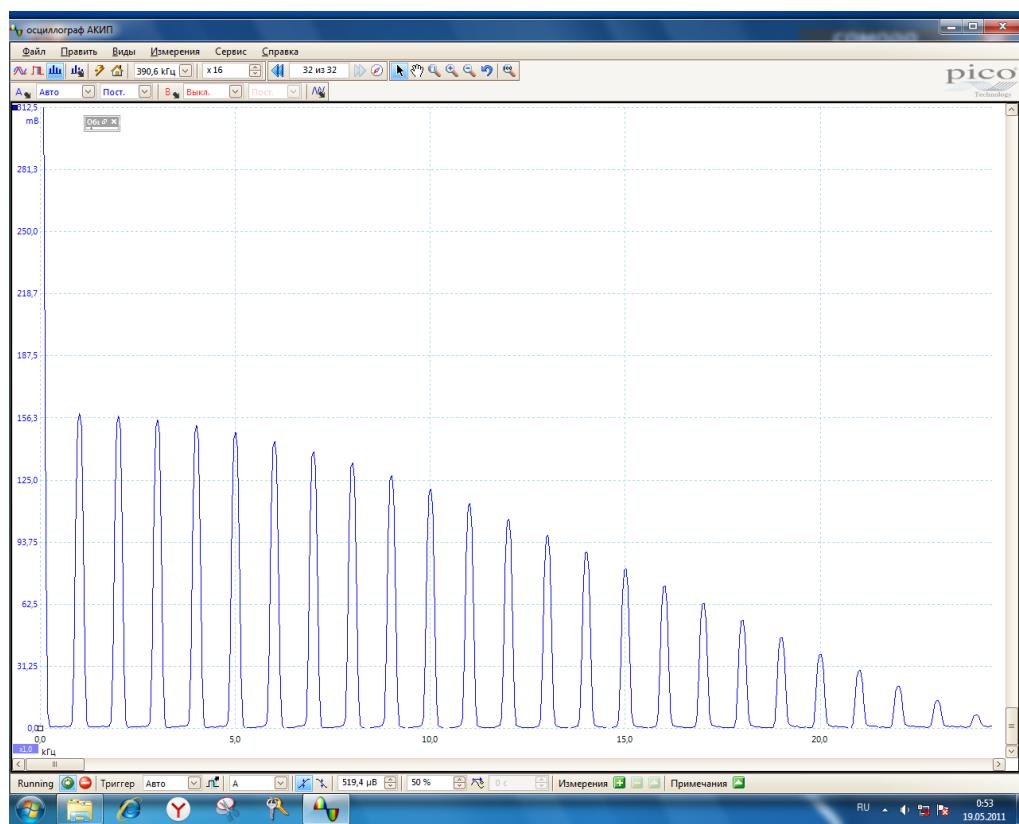


Рисунок 5. $\tau = 40$ мкс, $a_1 = 157.7$ мВ, $v = 1$ кГц

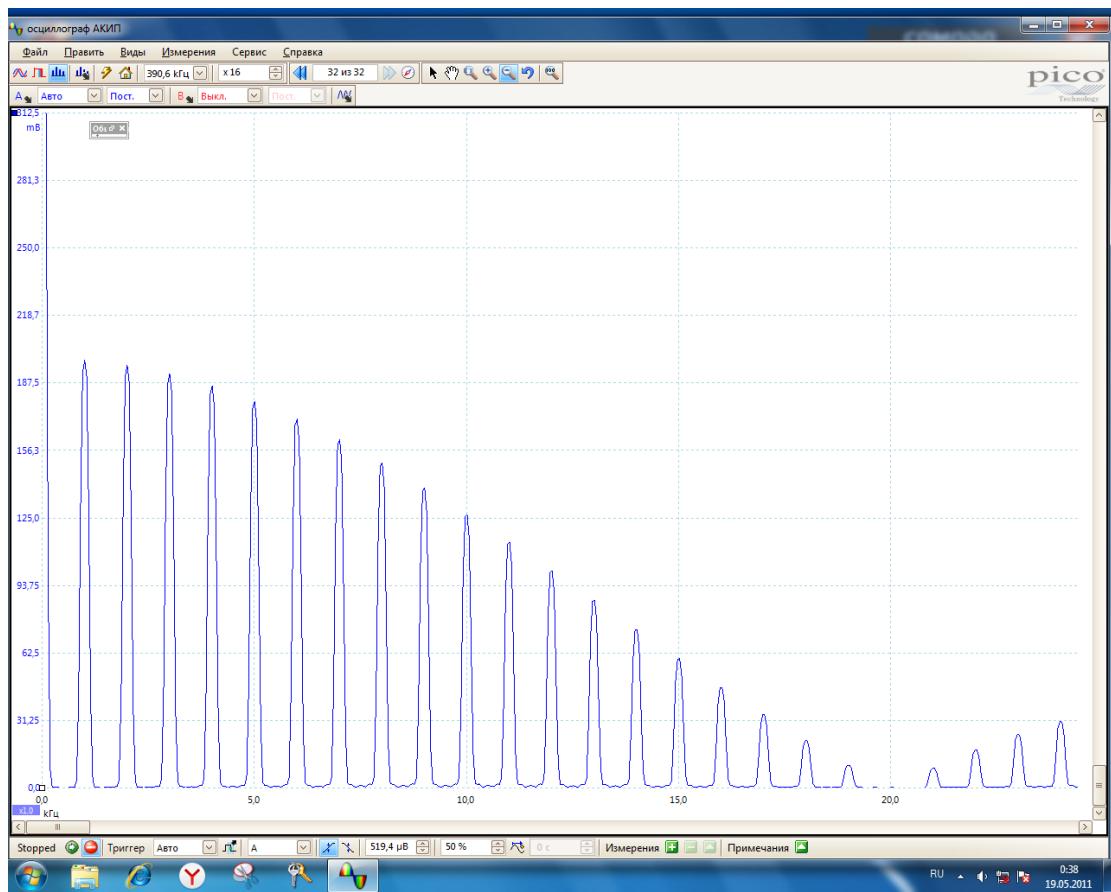


Рисунок 6. $\tau = 50 \text{ мкс}$, $a_1 = 197.7 \text{ мВ}$, $v = 1 \text{ кГц}$

Пункт 7(А):

N	1	2	3	4	5	6	7	
$a, \text{мВ}$	197,7	195,7	192,1	185,7	178,5	170,1	160,5	
$v, \text{кГц}$	0,998	1,9997	2,9997	3,976	4,996	6,016	7,015	
a_n/a_1	1	0,989884	0,971674	0,939302	0,902883	0,860395	0,811836	<- Практические
$T, \text{с}$	0,001							
$\tau, \text{с}$	0,00005							
$A, \text{В}$	6							
$v_n, \text{Гц}$	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	
$a_n, \text{В}$	0,049795	0,049182	0,048172	0,046778	0,045021	0,042927	0,040526	
a_n/a_1	1	0,987701	0,967404	0,939408	0,904124	0,862068	0,813852	<- Теоретические

Таблица 1. Расчет амплитуд в спектре

Часть Б:

Пункт 10(Б):

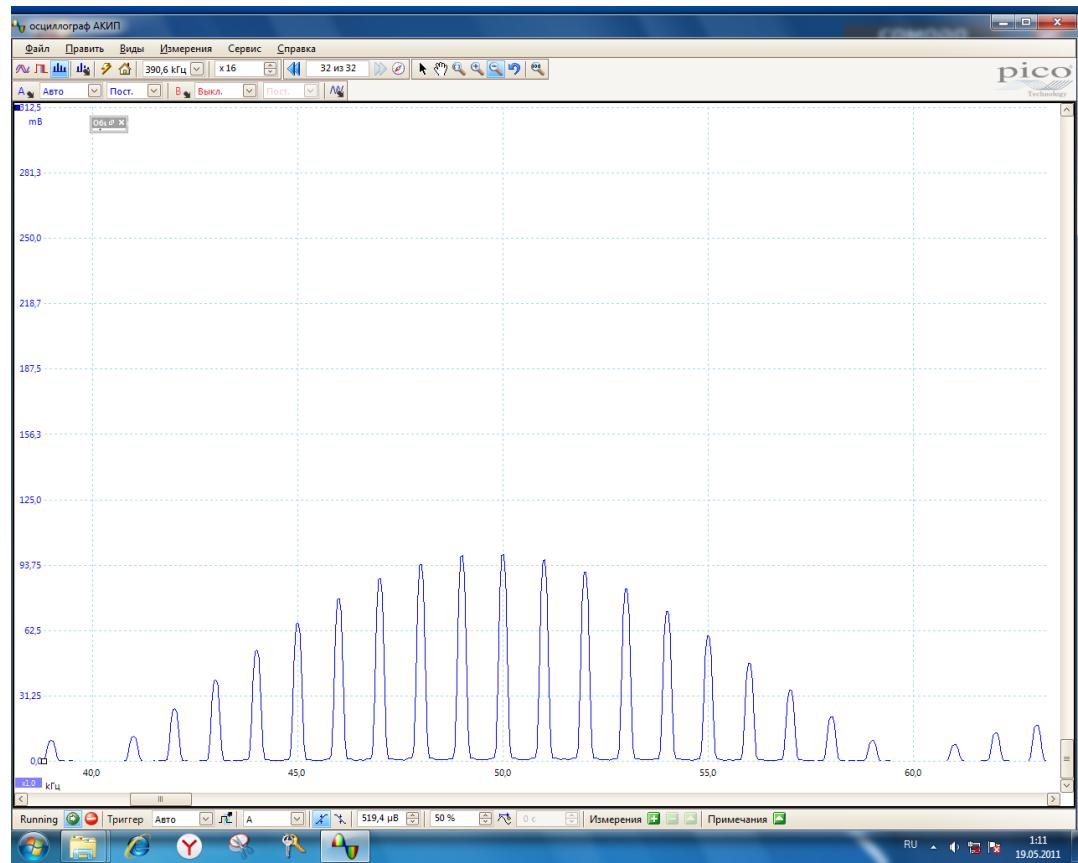


Рисунок 7. $N = 5$, $T = 1$ мс, $v_0 = 50$ кГц

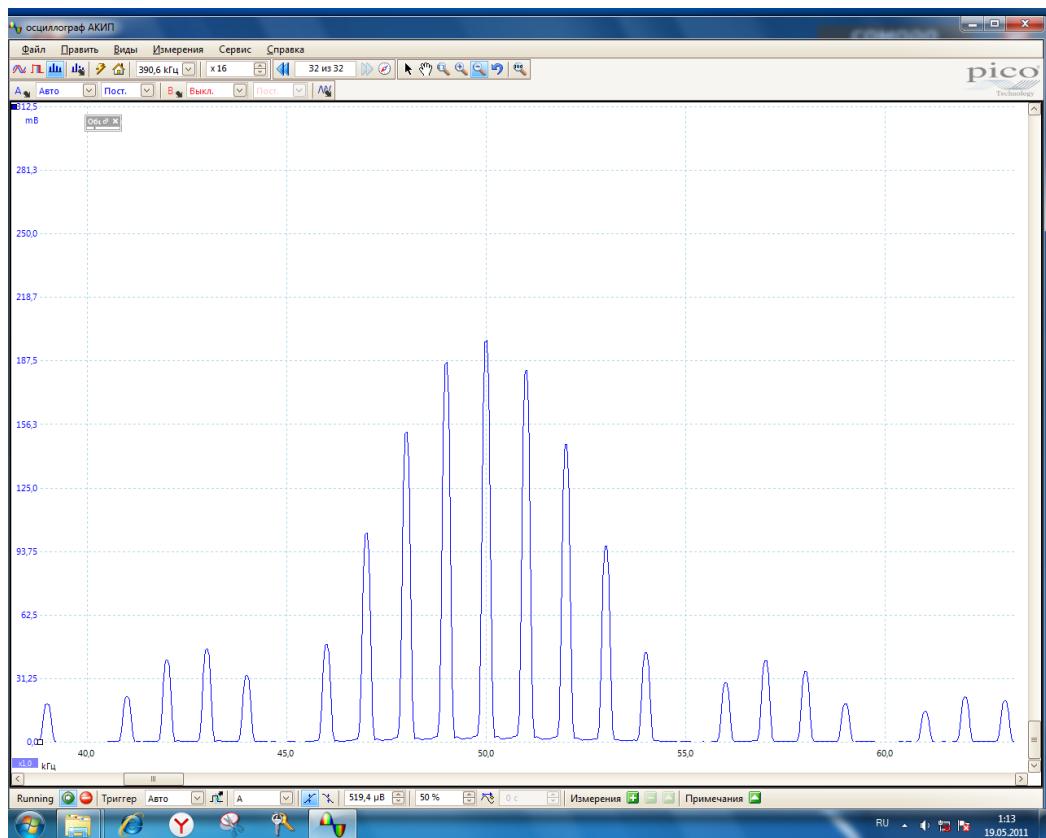


Рисунок 8. $N = 10$, $T = 1$ мс, $v_0 = 50$ кГц

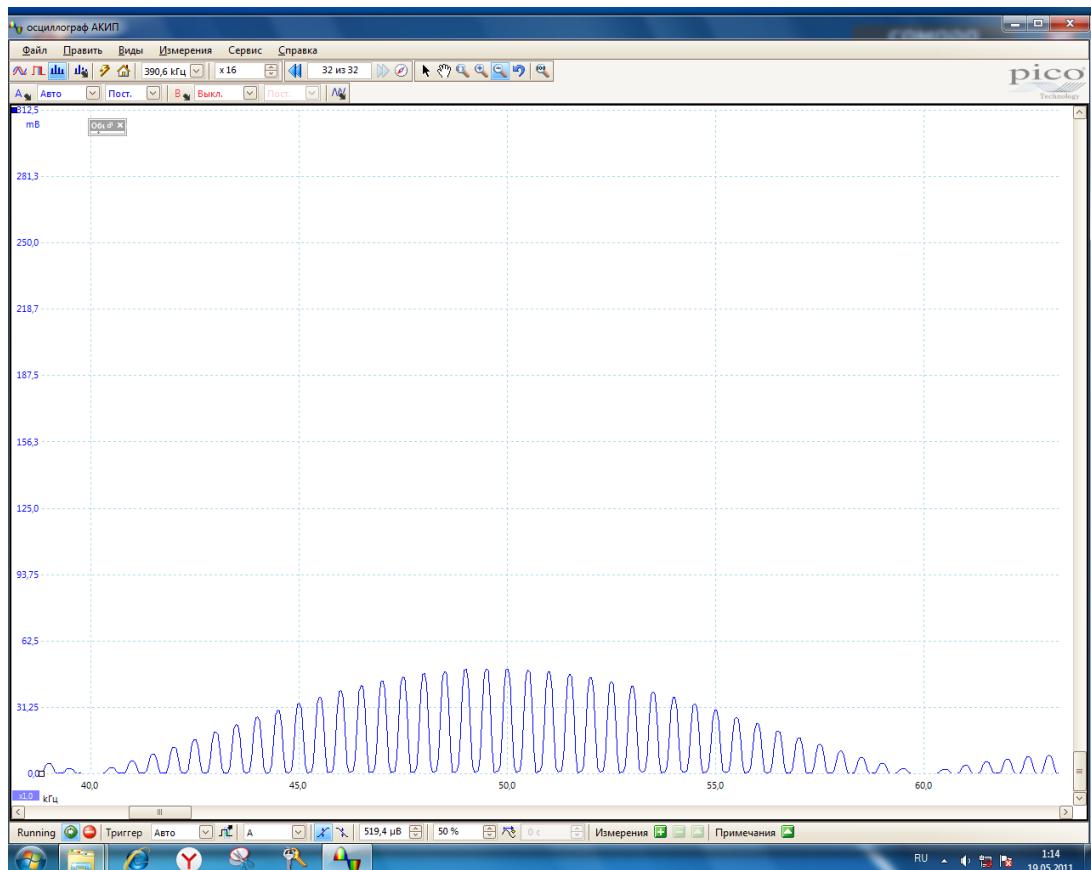


Рисунок 9. $N = 5$, $T = 2$ мс, $v_0 = 50$ кГц

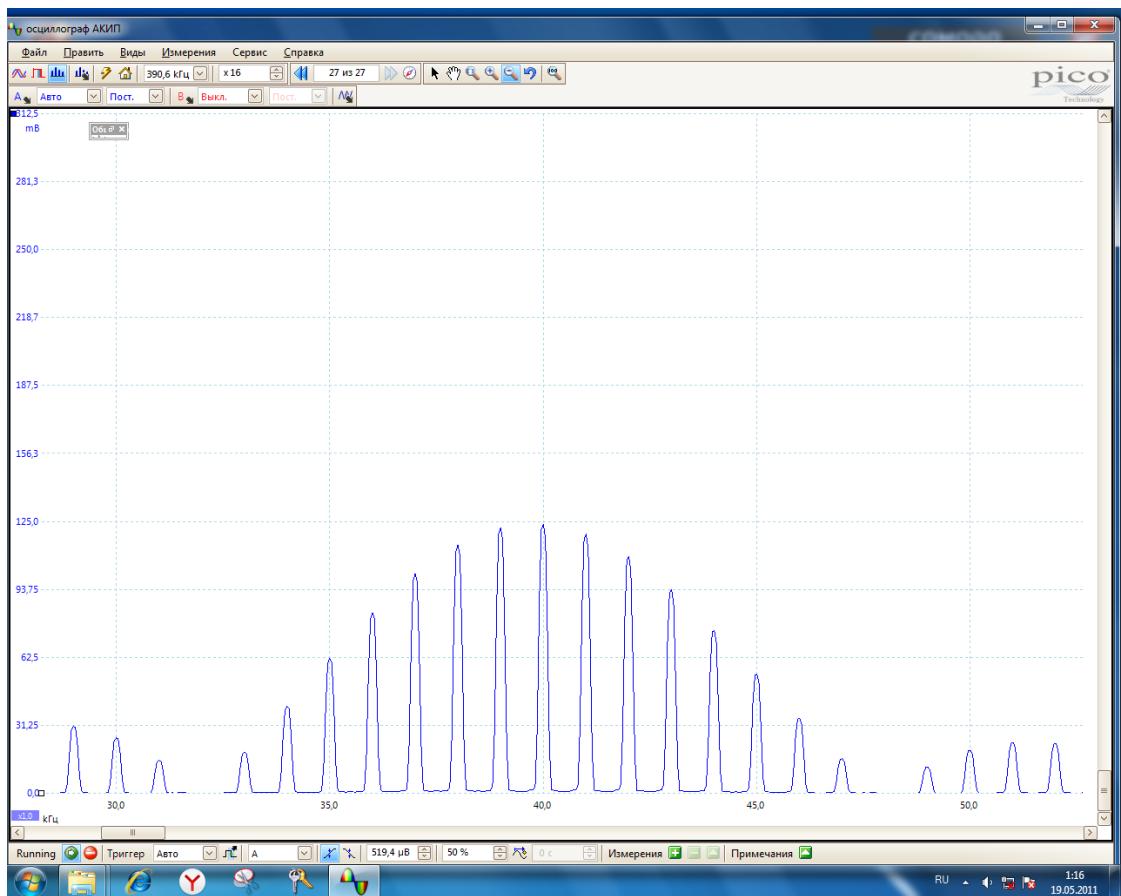


Рисунок 10. $N = 5$, $T = 1$ мс, $v_0 = 40$ кГц

Пункт 14(Б):

№	1	2	3	4
v_0(центр), кГц	50	50	50	45
$2\Delta v$, кГц	20	10	20	18
δv, кГц	1	1	0,5	0,1

Таблица 2. Данные с графиков

Часть В*:

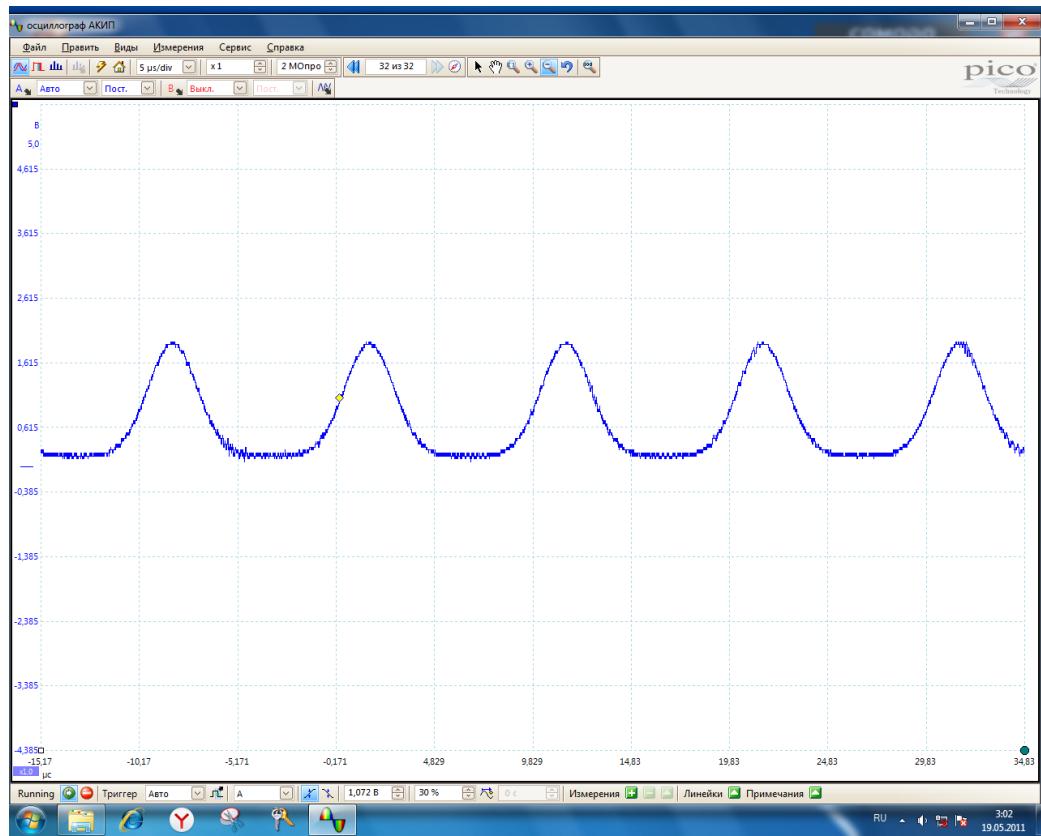


Рисунок 11. Гауссиан 1 ($\Delta\tau = 313$ мкс, $T = 10$ мс, $\Delta\nu = 3.4$ кГц)

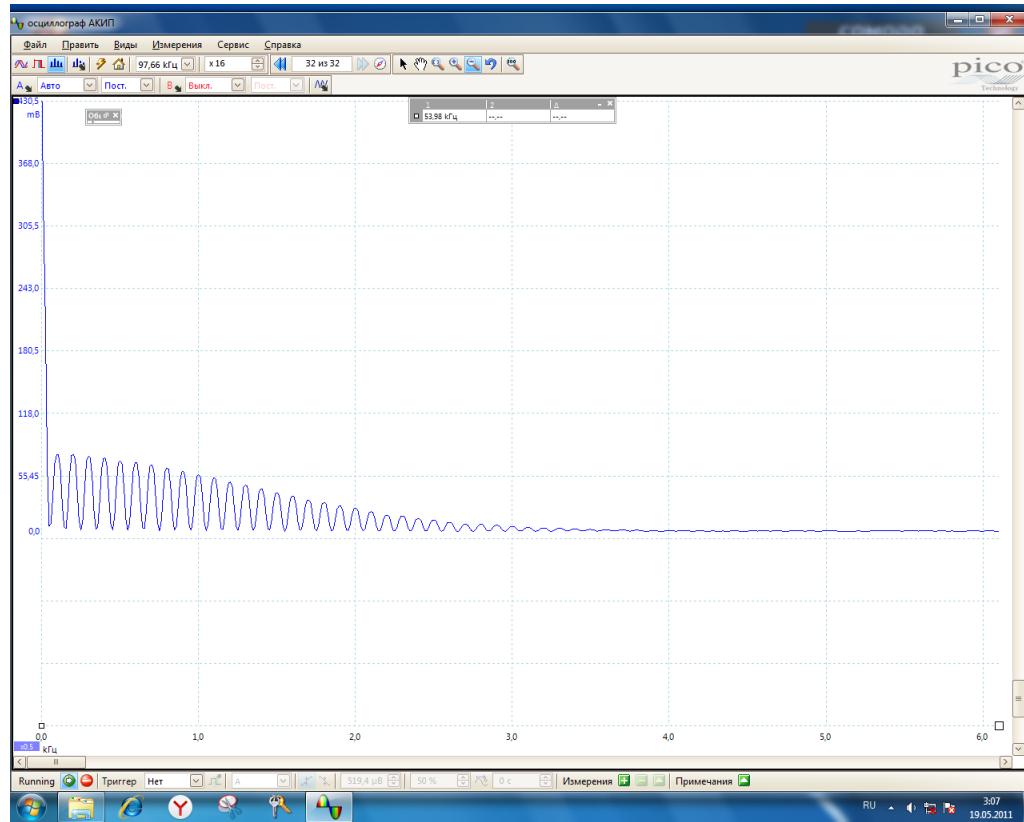


Рисунок 12. Разложение гауссиана 1

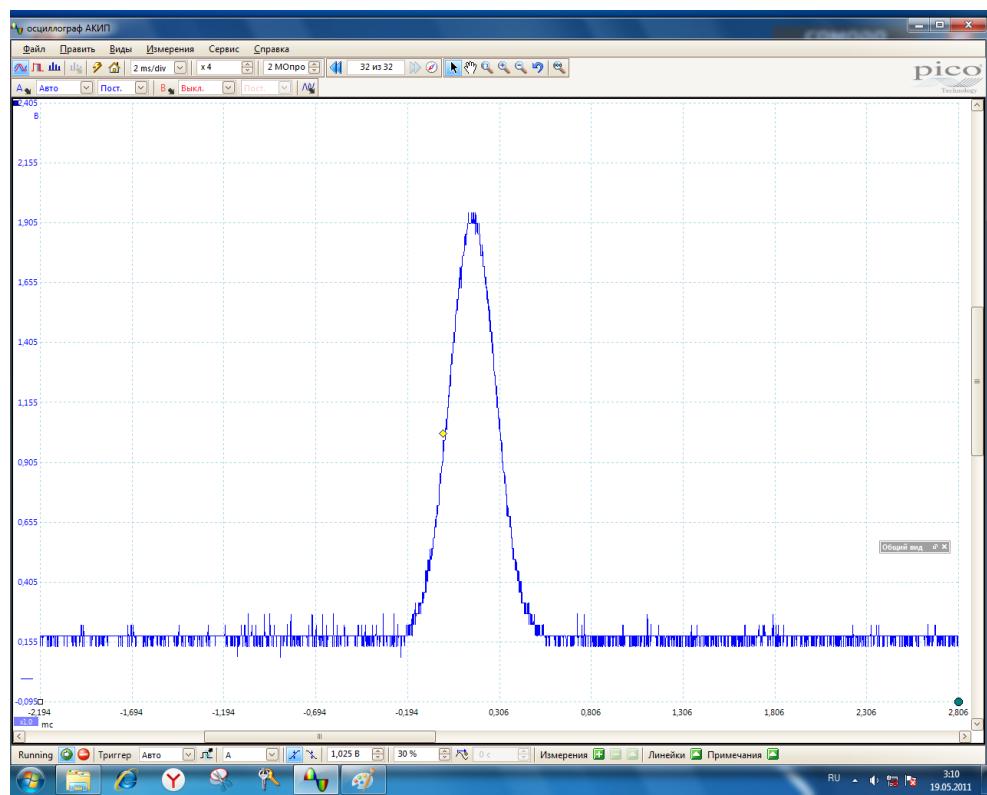


Рисунок 13. Гауссиан 2 ($\Delta\tau = 307.6$ мкс, $T = 15$ мс, $\Delta\nu = 3.06$ кГц)

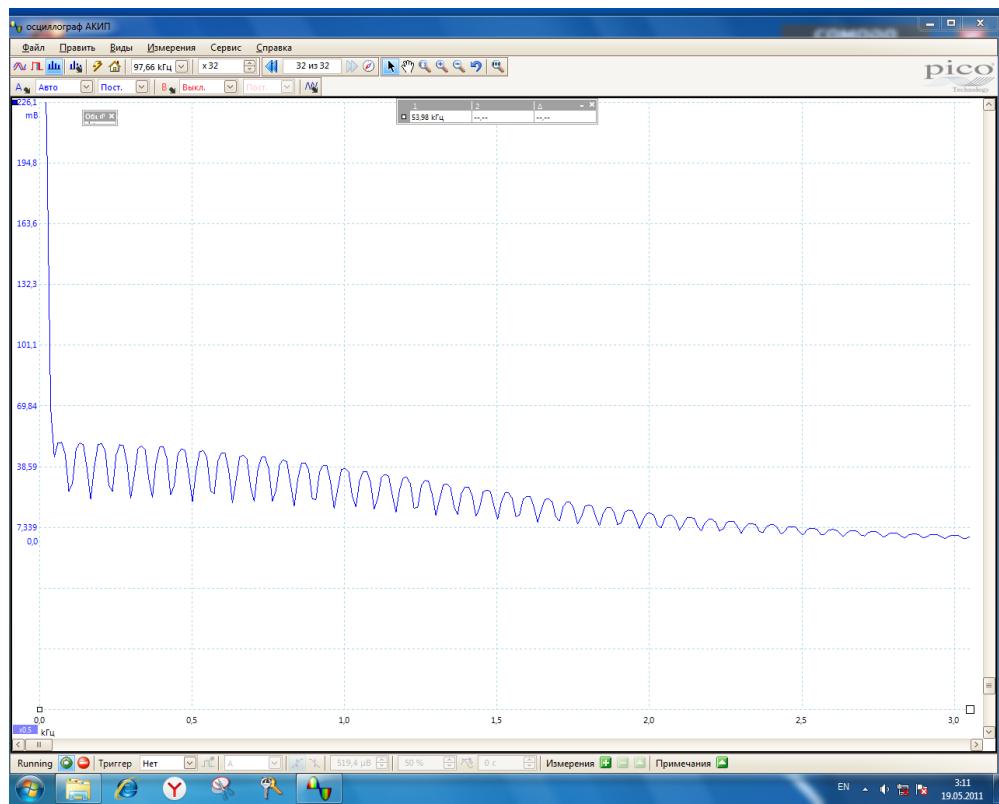


Рисунок 14. Разложение гауссиана 2

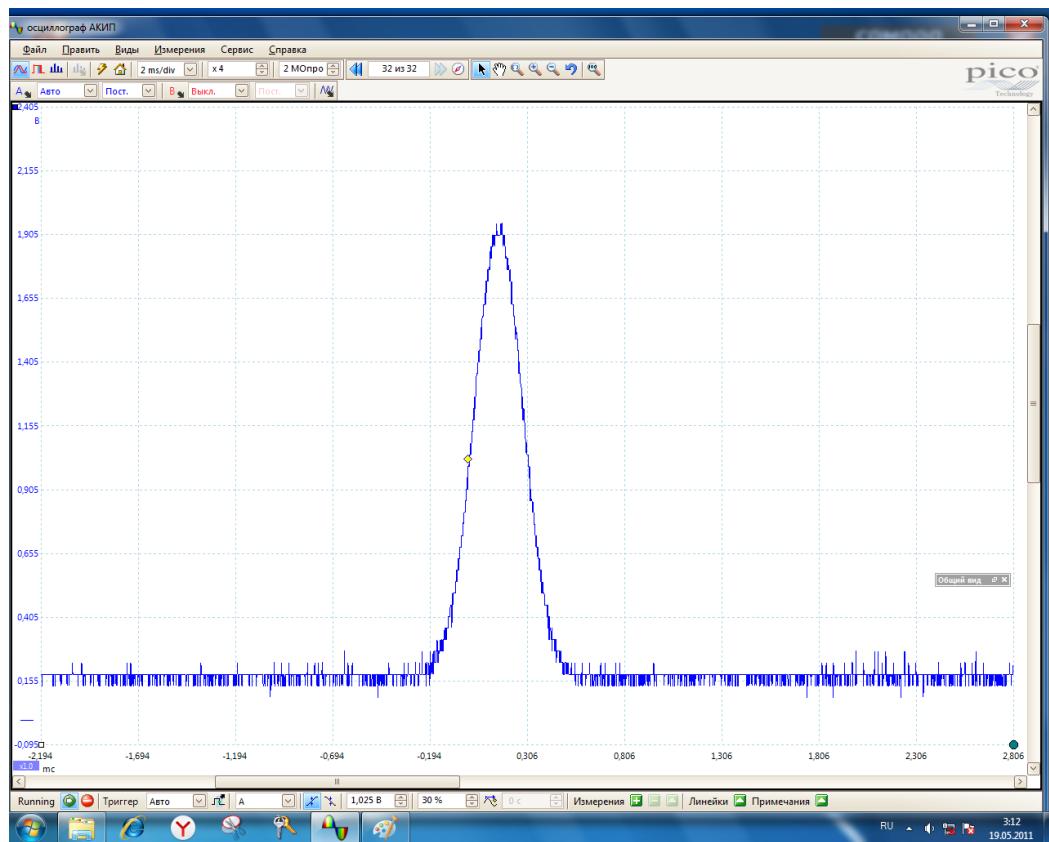


Рисунок 15. Гауссиан 3 ($\Delta\tau = 297.1$ мкс, $T = 5$ мс, $\Delta\nu = 4.062$ кГц)

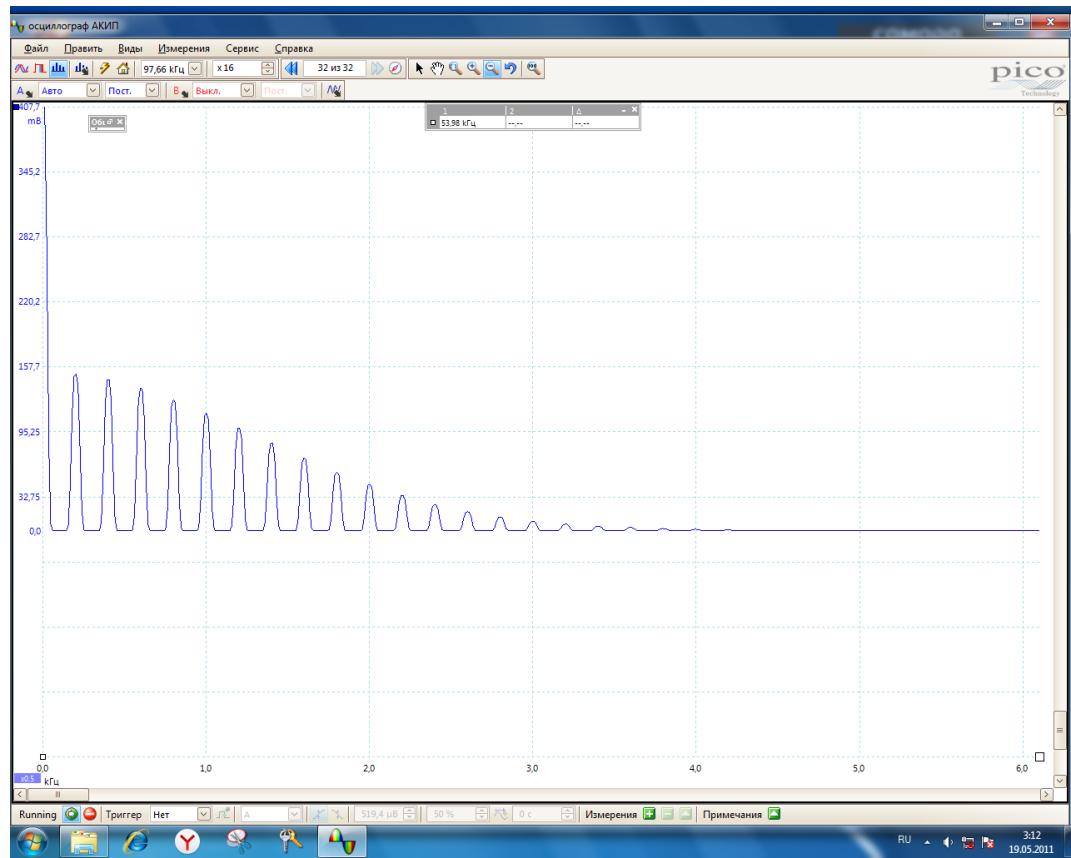


Рисунок 16. Разложение гауссиана 3

Часть Д*:

Пункт 25(Д*):

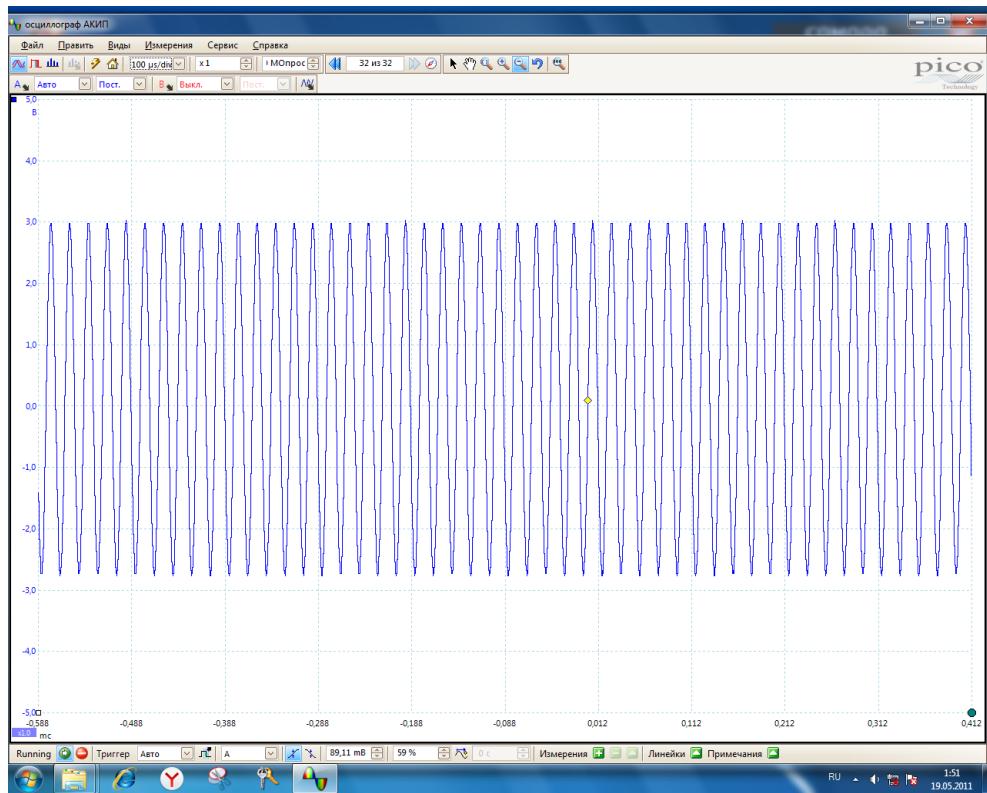


Рисунок 17. FM сигнал

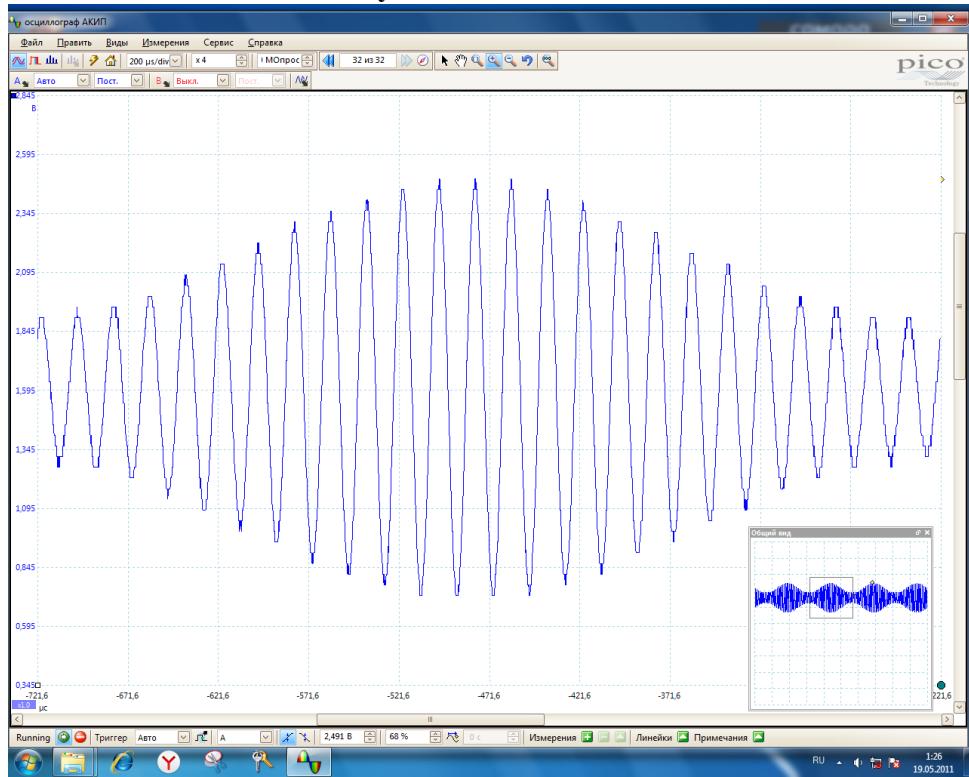


Рисунок 18. АМ сигнал

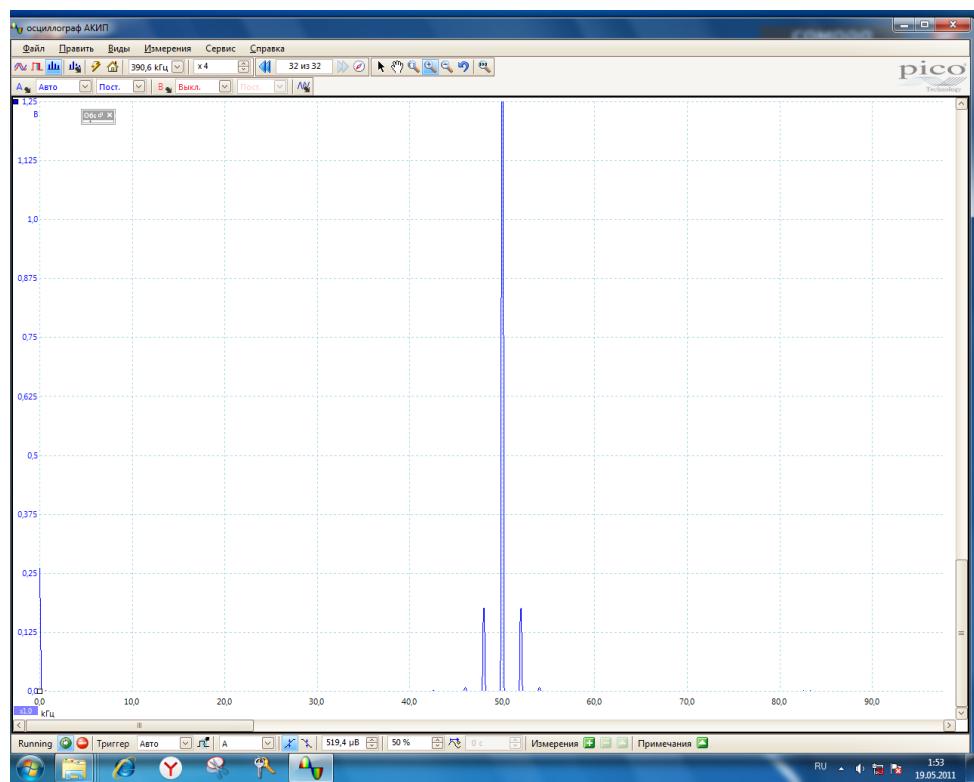


Рисунок 19. $v_0 = 50$ кГц, $v_{\text{мод}} = 2$ кГц, $\phi = 10^0$ (стал шире)

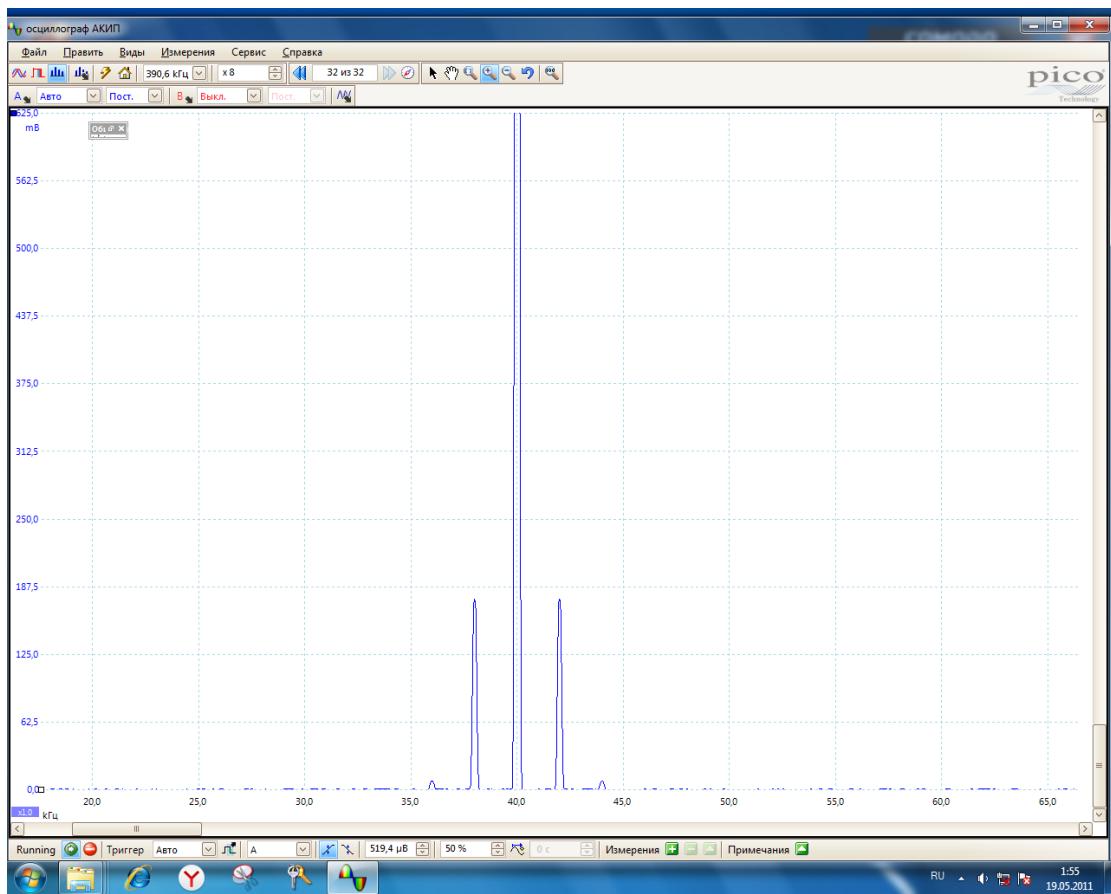


Рисунок 20. $v_0 = 40$ кГц, $v_{\text{мод}} = 2$ кГц, $\phi = 10^0$ (сместился)

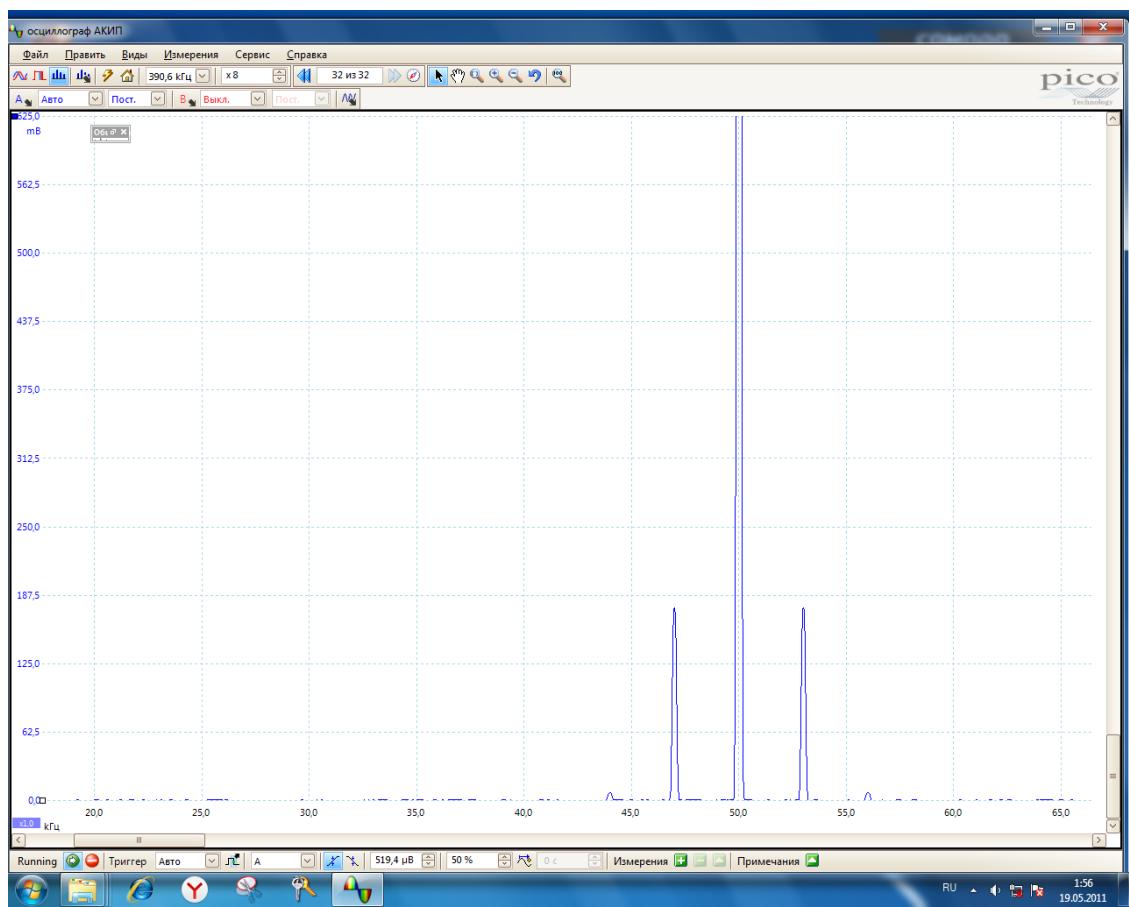


Рисунок 21. $v_0 = 50$ кГц, $v_{\text{мод}} = 3$ кГц, $\phi = 10^0$ (стал шире)

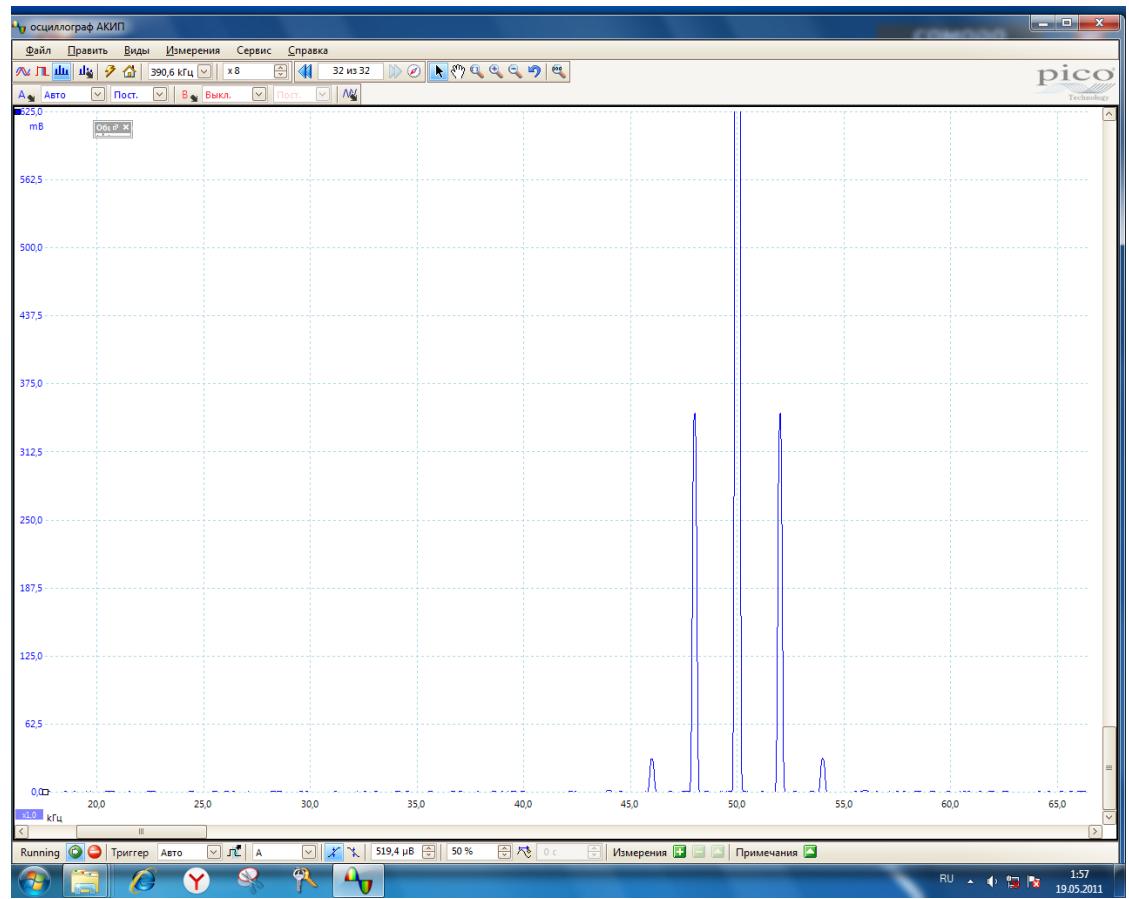


Рисунок 22. $v_0 = 50$ кГц, $v_{\text{мод}} = 2$ кГц, $\phi = 20^0$ (стали больше a_{60k})

Часть Е:

Пункт 27(Е):

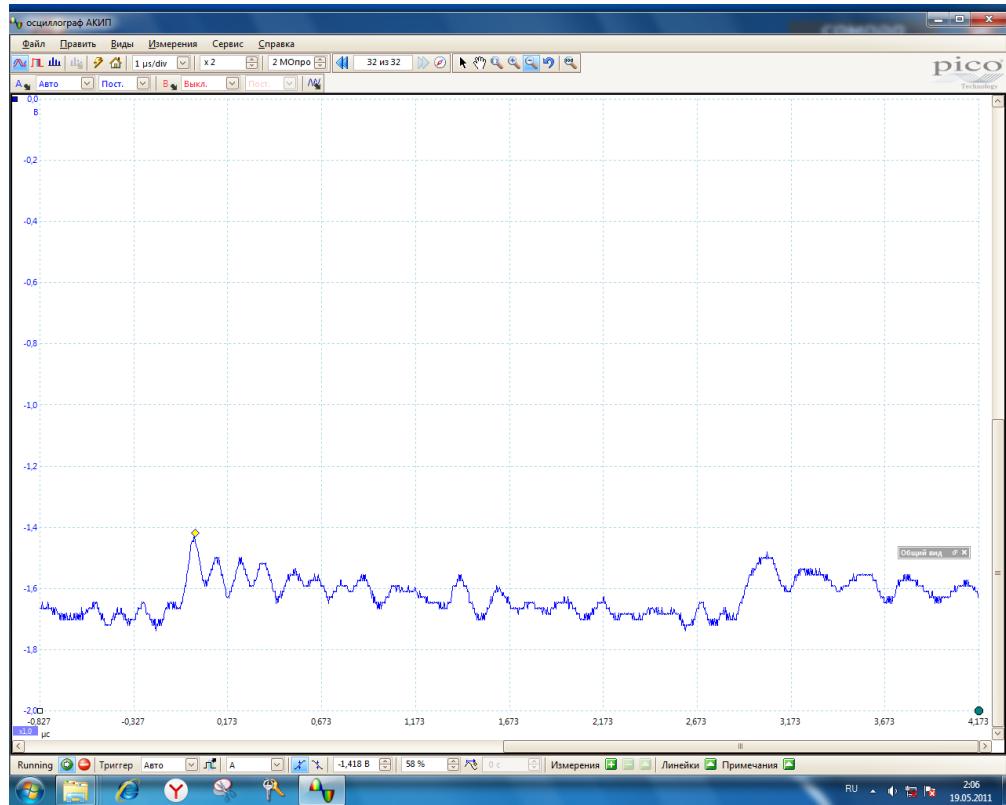


Рисунок 23. Прямоугольный сигнал 1

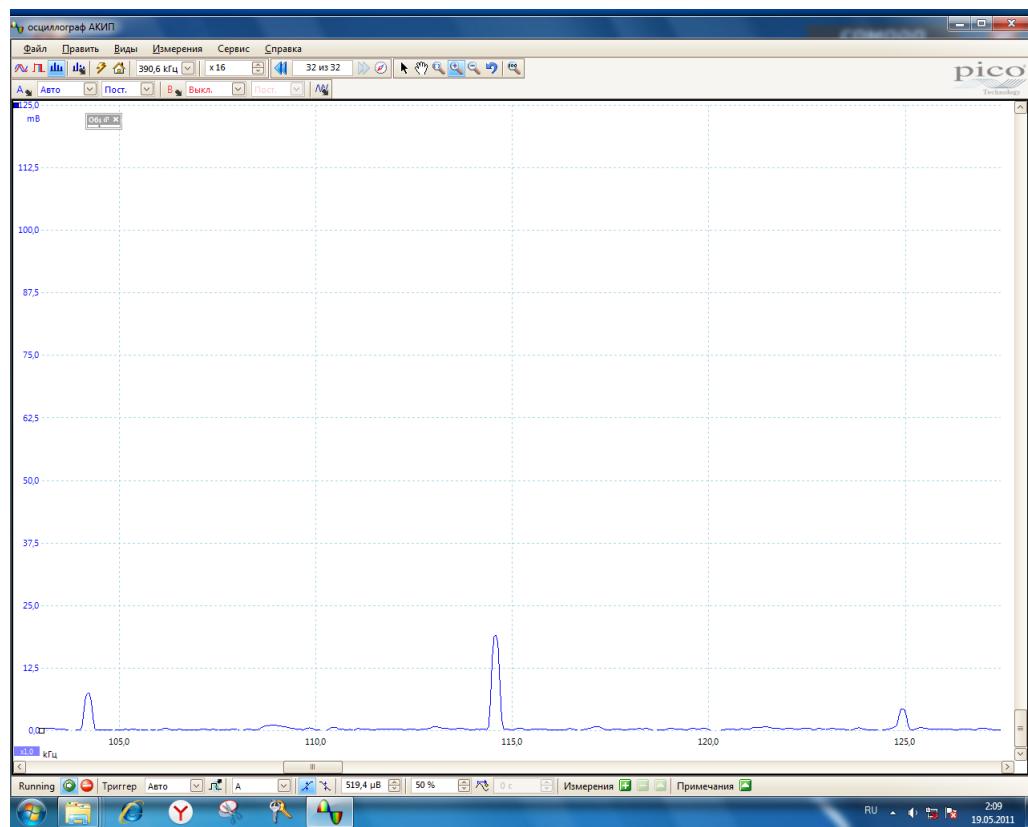


Рисунок 24. Спектр сигнала 1

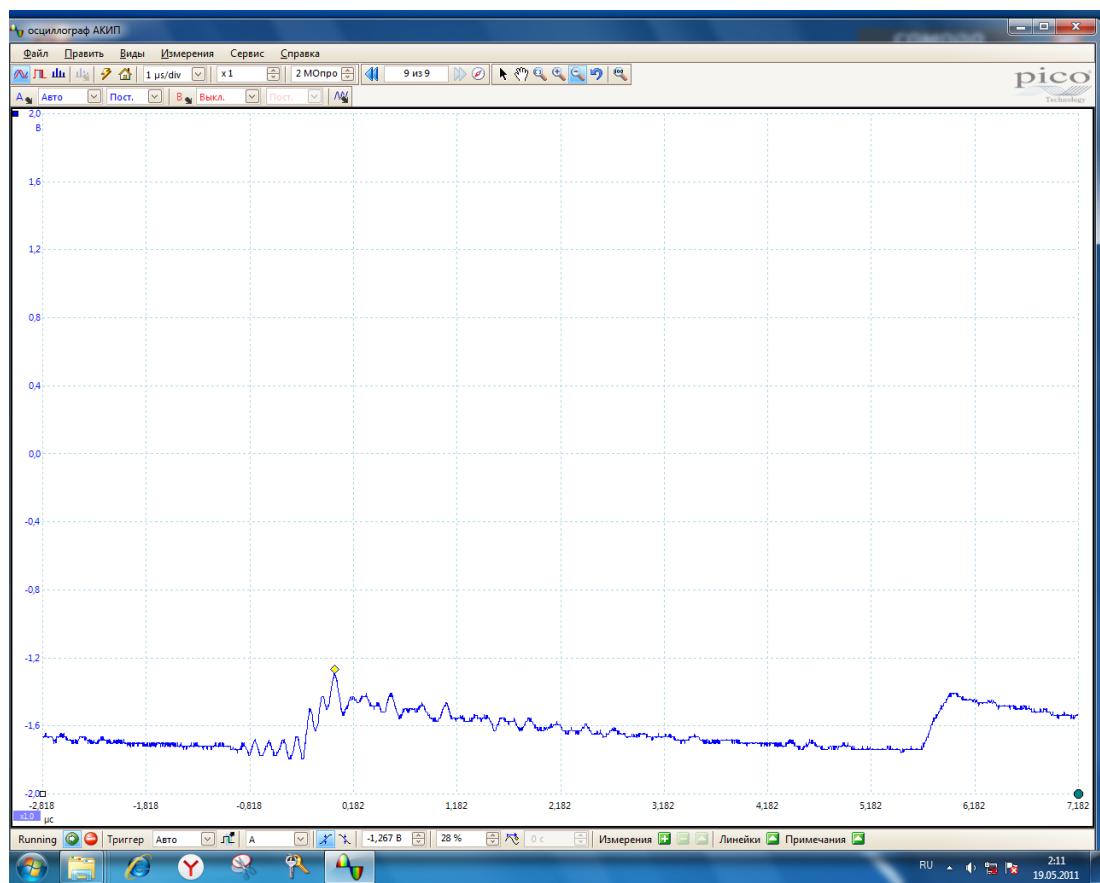


Рисунок 25. Прямоугольный сигнал 2

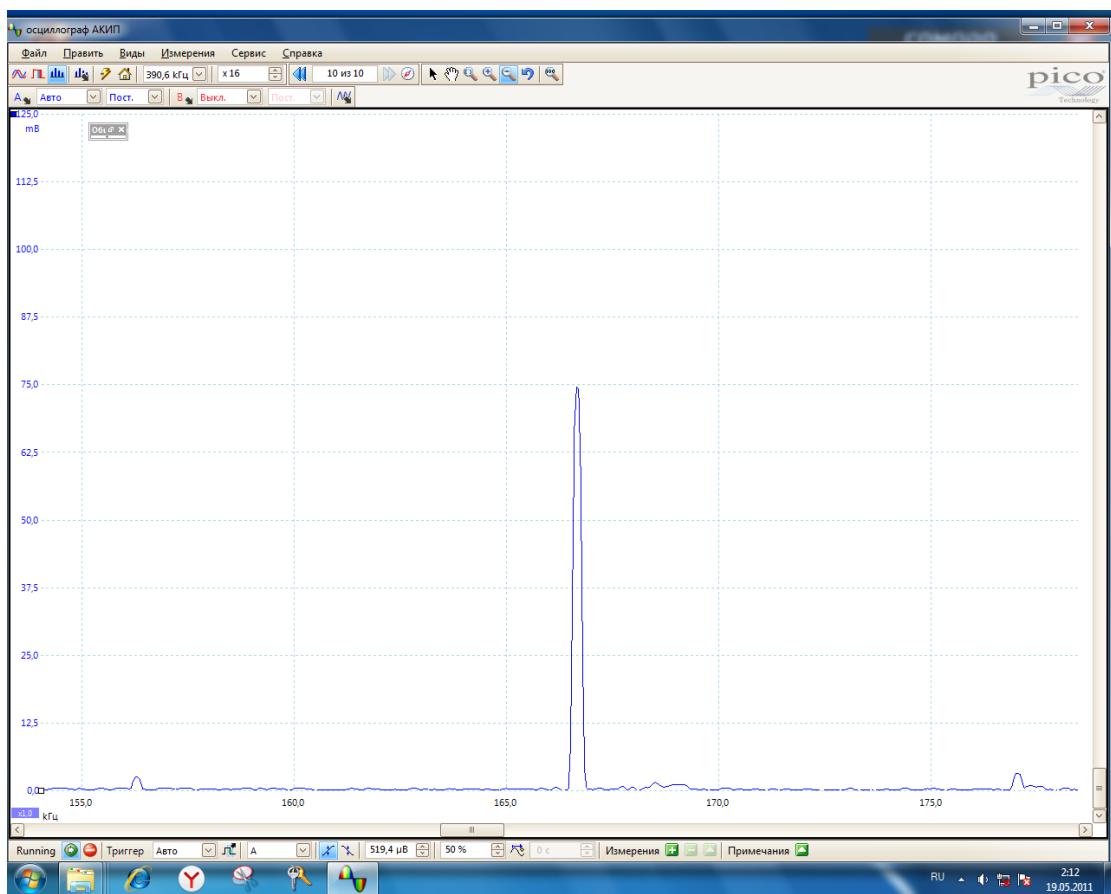


Рисунок 26. Спектр сигнала 2

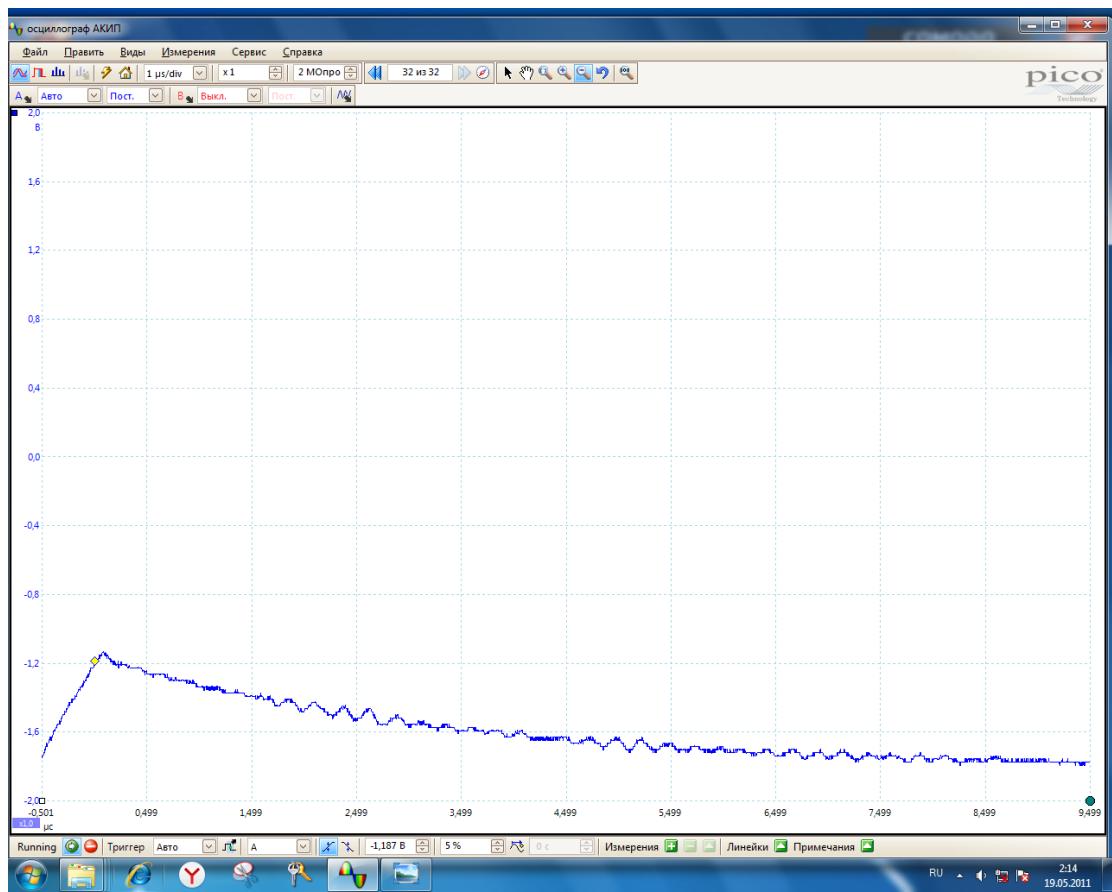


Рисунок 27. Прямоугольный сигнал 3

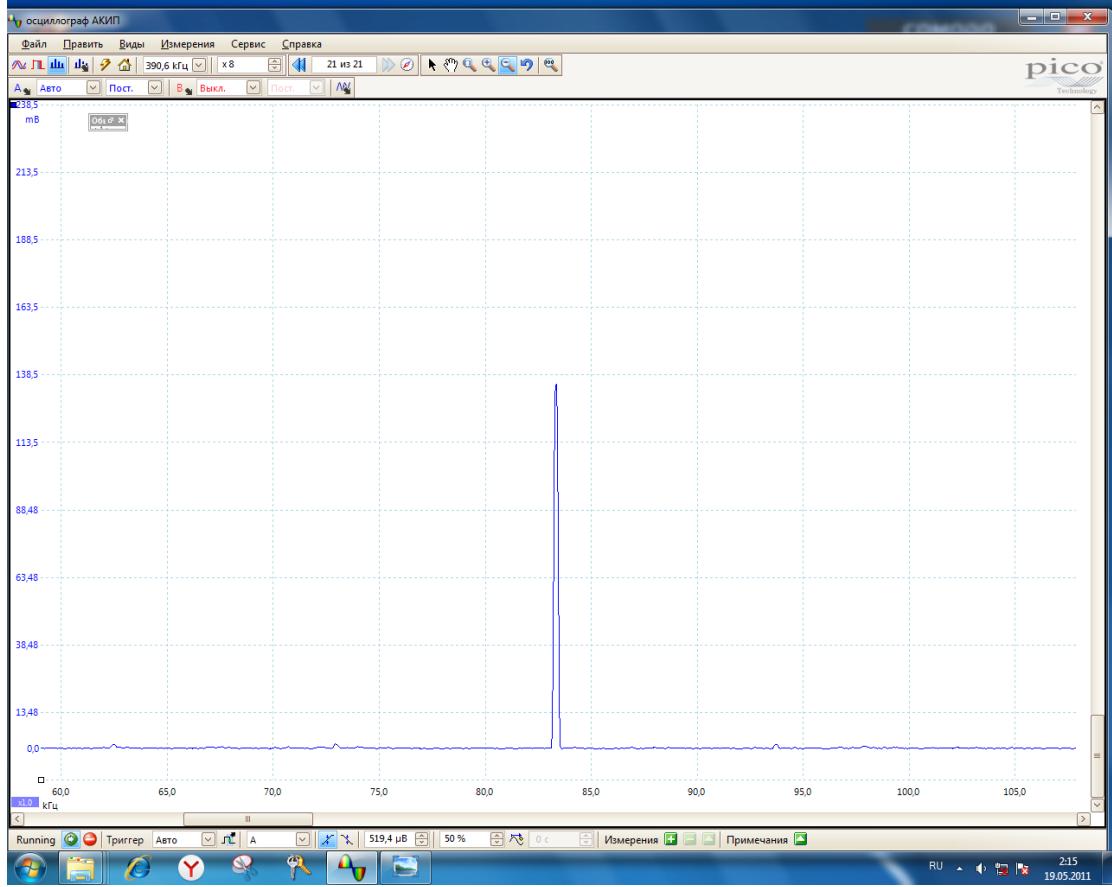


Рисунок 28. Спектр сигнала 3