

Лабораторная работа № 3.6.1 "Спектральный анализ электрических сигналов"

Петров Артём Антонович, группа 721

16 ноября 2018 г.

Вся работа по исследованию электрических сигналов с помощью спектрального анализа будет поделена на три пункта:

Пункт А - изучение прямоугольных импульсов

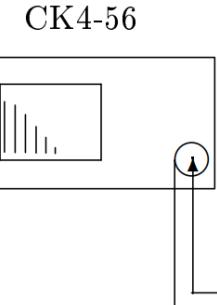
Пункт Б - изучение последовательности цугов гармонических колебаний

Пункт В - изучение амплитудно-модулированного сигнала

Пункт А

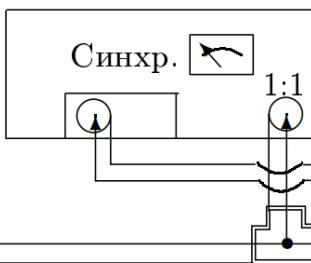
Экспериментальная установка во всех пунктах довольно проста: она состоит из генератора (или системы из двух генераторов) для генерации импульсов и спектрометра с осциллографом для анализа этих импульсов.

Анализатор спектра



CK4-56

Генератор Г5-54



Осциллограф

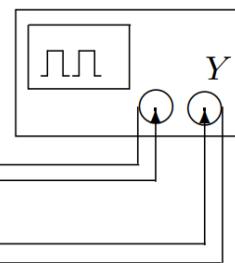


Рис. 1: Схема установки для пункта А

Изначально на вход подавалась последовательность прямоугольных импульсов с параметрами:

частота повторения импульсов $f_{\text{повт}} = 1kHz$,

продолжительность одного импульса $\tau = 25\mu sec$.

На рисунке 2 видно, как меняется спектр сигнала при изменении (увеличении в два раза) каждого из этих параметров.

Далее была получена зависимость ширины спектра $\Delta\nu$ от τ при фиксированной $f_{\text{повт}} = 1kHz$ (Рис. 4).

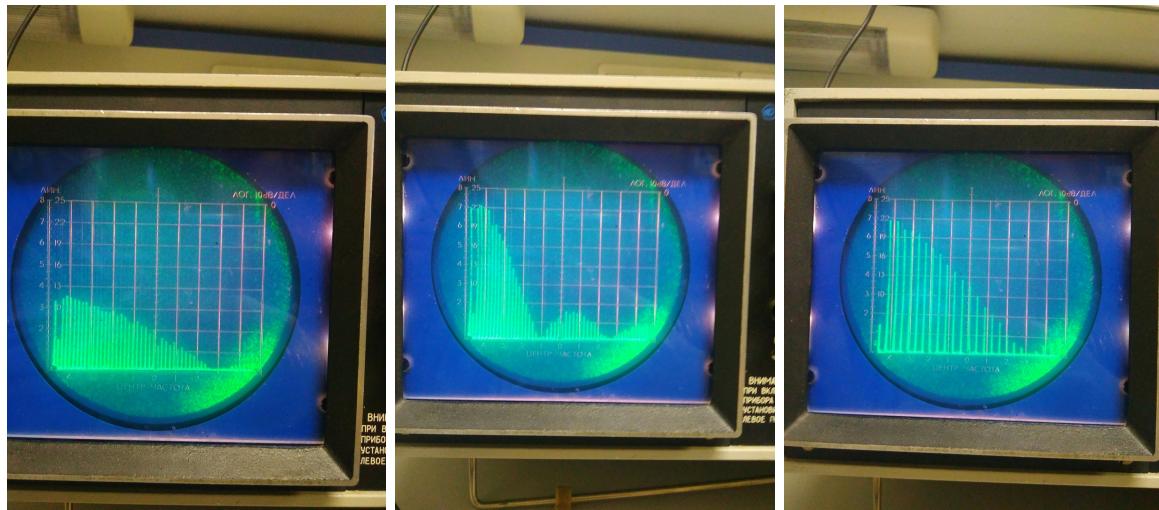


Рис. 2: (слева-направо) Спектр сигнала из пункта А до изменения параметров; при удвоенном τ ; при удвоенной $f_{\text{повт}}$.

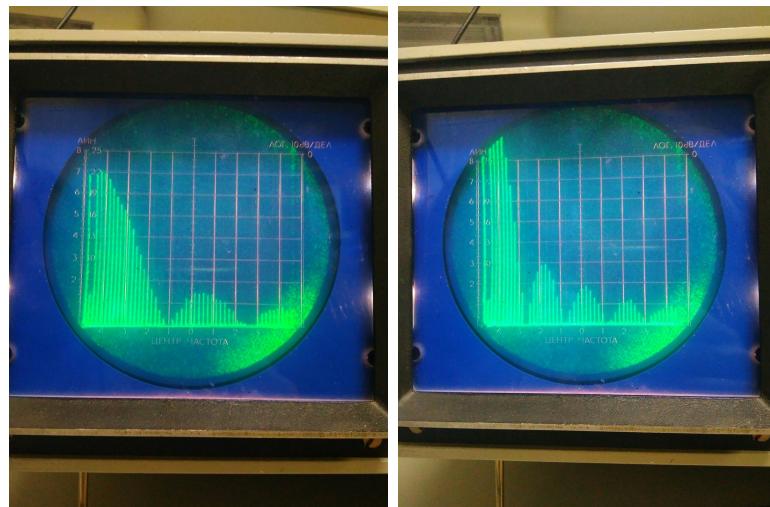


Рис. 3: (слева-направо) Спектры сигнала из пункта А при значениях $\tau = 50\mu\text{sec}$ и $\tau = 100\mu\text{sec}$.

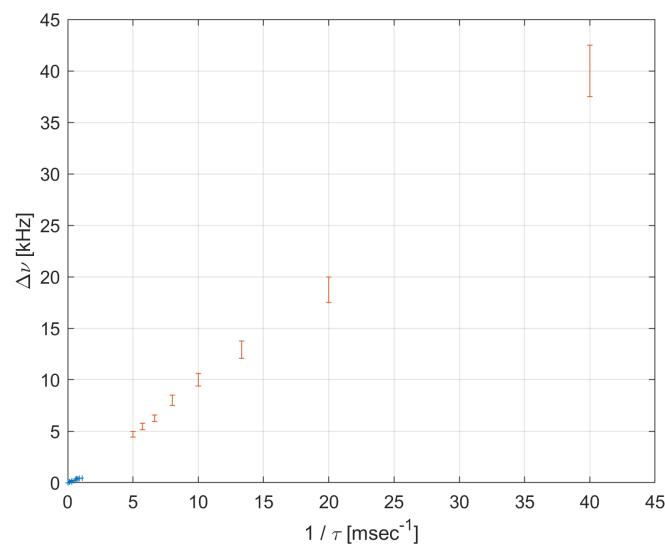


Рис. 4: Зависимость ширины спектра $\Delta\nu$ от τ при фиксированной $f_{\text{повт}} = 1\text{kHz}$.

Как видно, эта зависимость линейная с коэффициентом пропорциональности примерно равным единице. Что говорит о том, что $\Delta\nu\tau \approx 1$, что отвечает своего рода соотношению неопределённости: чем больше сигнал размазан по времени (чем больше τ), тем точнее мы можем определить его спектр (тем меньше $\Delta\nu$).

Пункт Б

В этом пункте на вход подавалась последовательность цугов гармонических колебаний с параметрами:

частота повторения цугов $f_{\text{повт}} = 1kHz$,
продолжительность одного импульса $\tau = 50\mu\text{sec}$,
частота несущей (гармонических колебаний) $\nu_0 = 25kHz$.

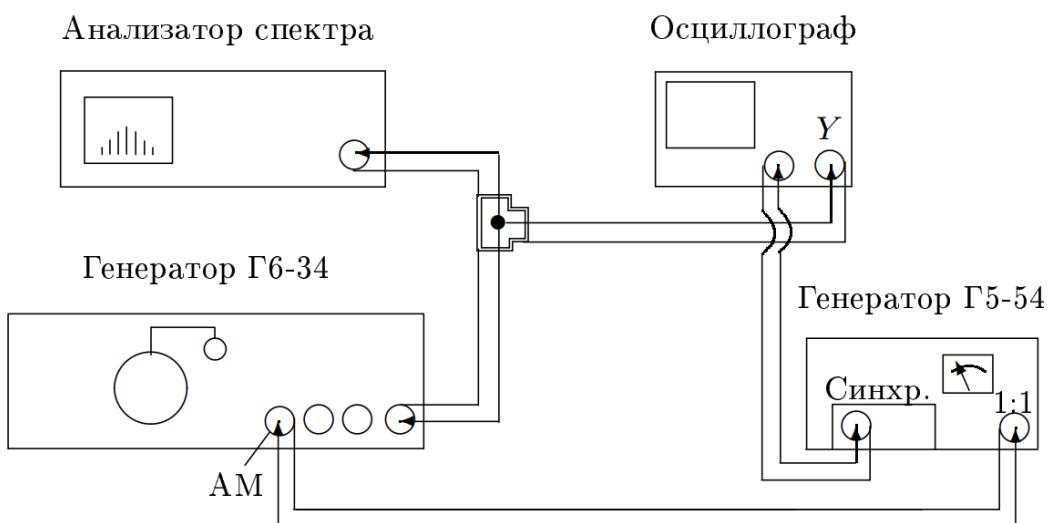


Рис. 5: Схема установки для пункта Б

На рисунках 6 и 7 видно, как изменяется спектр при изменении параметров сигнала.

Была снята зависимость расстояния между соседними спектральными линиями $\delta\nu$ от частоты повторения цугов $f_{\text{повт}}$. Её можно видеть на графике 9.

Можно видеть, что эта зависимость имеет коэффициент наклона примерно равный единице, что означает, что $\frac{\delta\nu}{f_{\text{повт}}} \approx 1$. Что в лабнике называют соотношением неопределённости, хотя я не до конца понимаю, где тут неопределённость (уменьшение времени между цугами (увеличение $f_{\text{повт}}$), т.е. уменьшение точности по времени, соответствует увеличению расстояния между соседними спектральными линиями $\delta\nu$, т.е. увеличение точности по определению ν_0 ?). Но тем не менее эта штука и правда равна единице. Я бы сказал, что это просто свойство спектрального разложения в случае дискретного спектра: линии спектра удалены друг от друга на величину частоты, определяющей периодичность всего сигнала, то-есть $f_{\text{повт}}$ в нашем случае.

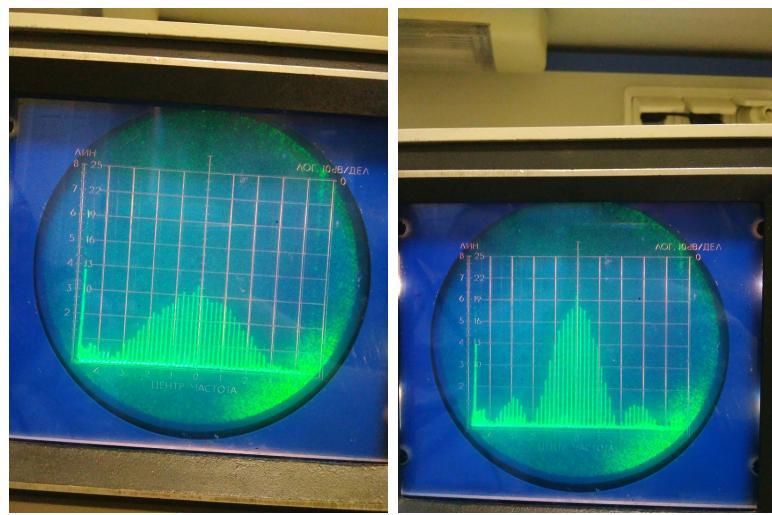


Рис. 6: (слева-направо) Спектр сигнала из пункта Б до изменения параметров; при удвоенном τ .

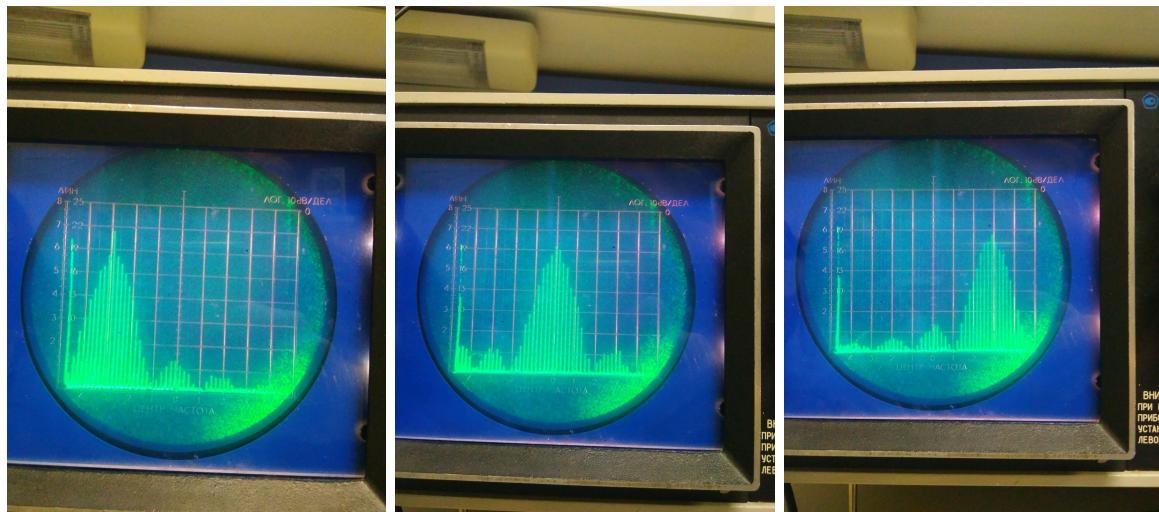


Рис. 7: (слева-направо) Спектр сигнала из пункта Б при значениях несущей частоты $\nu_0 = 10kHz$; $\nu_0 = 25kHz$; $\nu_0 = 40kHz$.

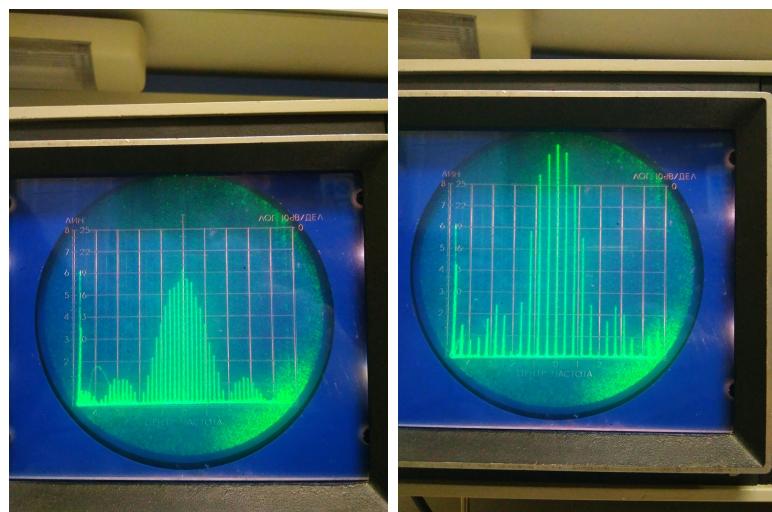


Рис. 8: (слева-направо) Спектр сигнала из пункта Б при $\tau = 100\mu sec$ и $f_{\text{повт}} = 1kHz$; $f_{\text{повт}} = 2kHz$.

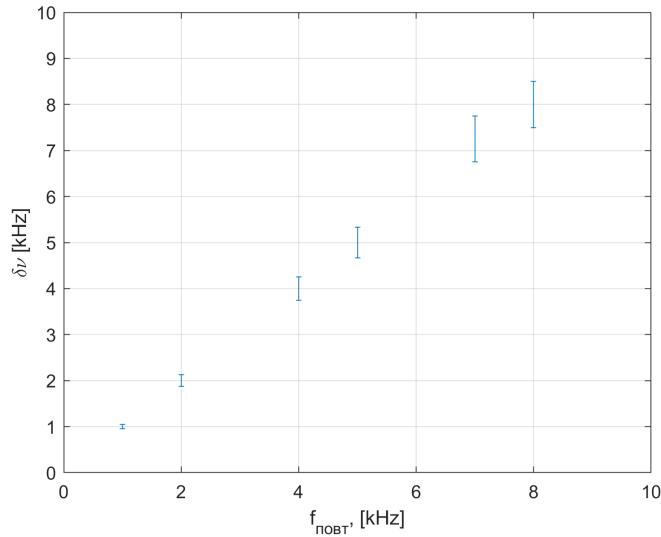


Рис. 9: Зависимость расстояния между соседними спектральными линиями $\delta\nu$ от частоты повторения цугов $f_{\text{повт}}$

Пункт В

В этом пункте на вход подавался амплитудно-моделированный сигнал с параметрами:

частота модуляции цугов $f_{\text{мод}} = 1kHz$,
частота несущей (гармонических колебаний) $\nu_0 = 25kHz$,
и переменной глубиной модуляции t .

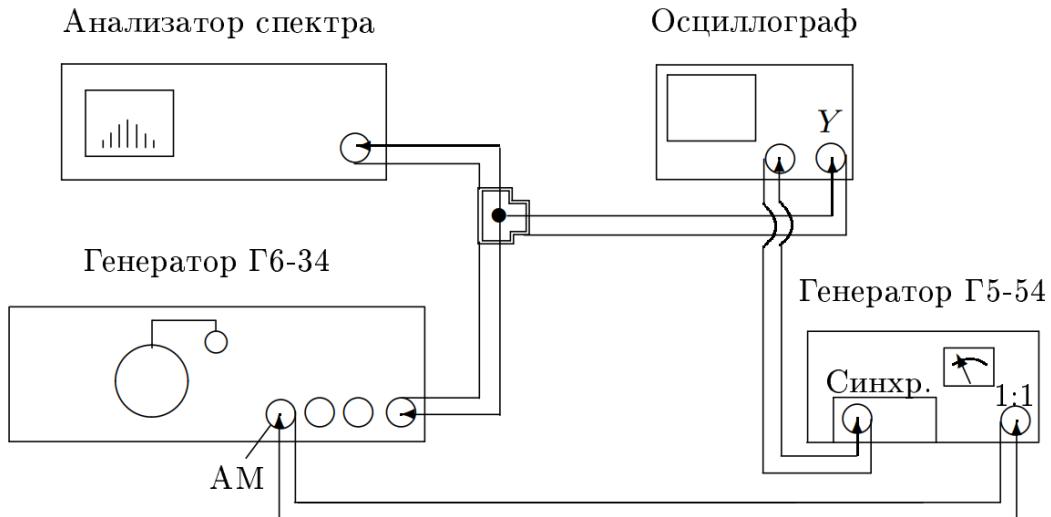


Рис. 10: Схема установки для пункта В

Была получена зависимость отношения амплитуды боковой линии спектра к амплитуде центральной линии $\frac{a_{\text{бок}}}{a_{\text{осн}}}$ от глубины модуляции t . Она представлена на графике 12. Как видно, коэффициент наклона этого графика равен примерно половине, что соответствует значению, полученному из теории: $\frac{a_{\text{бок}}}{a_{\text{осн}}} = 0,5t$.

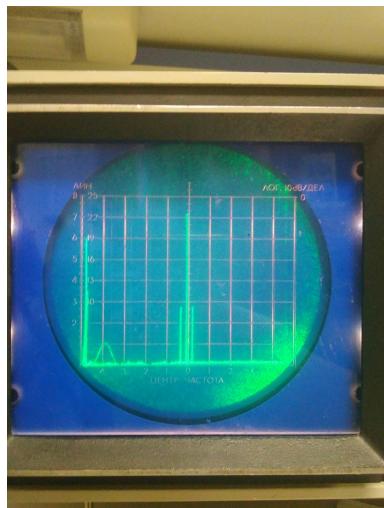


Рис. 11: Пример спектра АМ сигнала

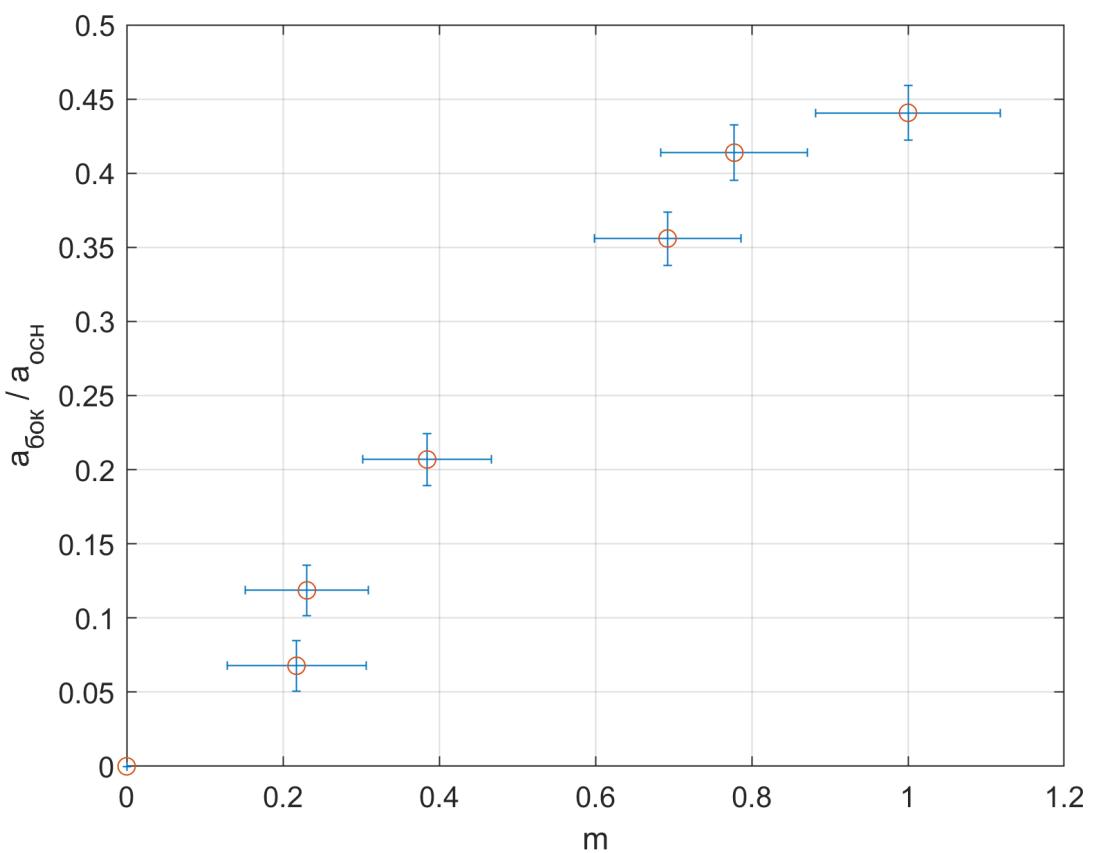


Рис. 12: Зависимость отношения амплитуды боковой линии спектра к амплитуде центральной линии $\frac{a_{\text{бок}}}{a_{\text{осн}}}$ от глубины модуляции m .

Итог

Во всех пунктах данной работы (для всех исследованных видов сигналов) предсказания из теории (соотношения неопределенности и зависимость отношения амплитуд побочных линий к амплитуде основной для спектра АМ сигнала) подтвердились на эксперименте. Что вообще является благородным научным делом - проверять результаты, полученные другими группами. Другое дело, что эти конкретно результаты с большой вероятностью уже были проверены до меня.

Приложение

del	tau, mksec	amount of peaks	f/del, kHz	nu, kHz	1/tau, msec^-1	d(nu), kHz
8	25	1	5	40,0	40,0	2,5
7,5	50	2	5	18,8	20,0	1,3
7,75	75	3	5	12,9	13,3	0,8
8	100	4	5	10,0	10,0	0,6
8	125	5	5	8,0	8,0	0,5
10	150	8	5	6,3	6,7	0,3
8,75	175	8	5	5,5	5,7	0,3
8,5	200	9	5	4,7	5,0	0,3

Рис. 13: Зависимость ширины спектра $\Delta\nu$ от τ при фиксированной $f_{\text{повт}} = 1kHz$.

del	n	f/del, kHz	f_povt, kHz	nu, kHz	d(nu), kHz
10	10	1	1	1	0,05
8	4	1	2	2	0,13
8	4	2	4	4	0,25
7,5	3	2	5	5	0,33
7,25	2	2	7	7,25	0,50
8	2	2	8	8	0,50

Рис. 14: Зависимость расстояния между соседними спектральными линиями $\delta\nu$ от частоты повторения цугов $f_{\text{повт}}$

N	a, cm	a_extra,cm	A_max, del	A_min, del	a_extra/a	d(a_extra/a)	m	d(m)
1	5,9	2,1	22	4	0,36	0,02	0,69	0,09
2	5,8	1,2	18	8	0,21	0,02	0,38	0,08
3	5,8	2,4	24	3	0,41	0,02	0,78	0,09
4	5,9	0,7	16	10	0,12	0,02	0,23	0,08
5	5,9	0,4	14	9	0,07	0,02	0,22	0,09
6	5,9	0	12	12	0,00	0,00	0,00	0,00
7	5,9	2,6	24	0	0,44	0,02	1,00	0,12

Рис. 15: Зависимость отношения амплитуды боковой линии спектра к амплитуде центральной линии $\frac{a_{\text{бок}}}{a_{\text{очн}}}$ от глубины модуляции m .