

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

Радиотехники и Электроники
(факультет)

Кафедра радиоэлектронных устройств и систем

Отчёт по лабораторной работе №2
по дисциплине «Статистическая радиотехника»
Тема «Энергетические характеристики случайных процессов»

Выполнил студент группы РП-201 _____ Гуров
М.И.

Подпись, дата _____ Инициалы,
фамилия _____

Выполнил студент группы РП-201 _____ Шероухов К.С.

Подпись, дата _____ Инициалы,
фамилия _____

Проверил _____ Токарев А.
Б.

Подпись, дата _____ Инициалы,
фамилия _____

Защищена _____ Оценка _____

«Вероятностные характеристики случайных процессов»

Вариант НБ=25

Цель работы – экспериментальное исследование энергетических (корреляционных и спектральных) характеристик СП

В работе изучаются основные свойства функции распределения вероятностей и плотности вероятностей СП – шума, периодической последовательности импульсов и смеси сигнала с шумом. Для разных типов процессов измеряются математическое ожидание и дисперсия, анализируются взаимосвязи числовых и вероятностных характеристик, исследуется влияние шумов на сигналы.

Домашнее задание к лабораторной работе

Номер бригады НБ=25, а также параметр ГП=0.

Для своего варианта рассчитаем графики СПМ и корреляционной функции шума.

Таблица 1 – Параметры шума

НБ	Тип шума: ограничен по...	Максимальное значение СПМ S_0 , В ² /Гц	Частотные ограничения, кГц
25	Частоте	$22 \cdot 10^{-5}$	$F_{\text{MAX}}=5.5$

СПМ $S_{Oч}(f)=S_0$, при $|f| < F_{\text{MAX}}$,

Корреляционная функция $B_{Oч}(\tau)=2 \cdot S_0 \cdot F_{\text{MAX}} \cdot \text{sinc}(2 \cdot \pi \cdot F_{\text{MAX}} \cdot \tau)$,

Дисперсия $D_{Oч}=2 \cdot S_0 \cdot F_{\text{MAX}}$.

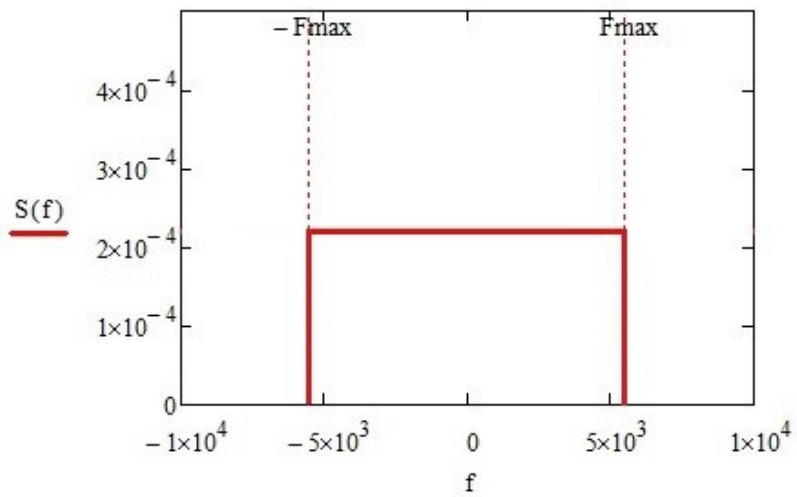


Рисунок 1 – СПМ шума, ограниченного по частоте

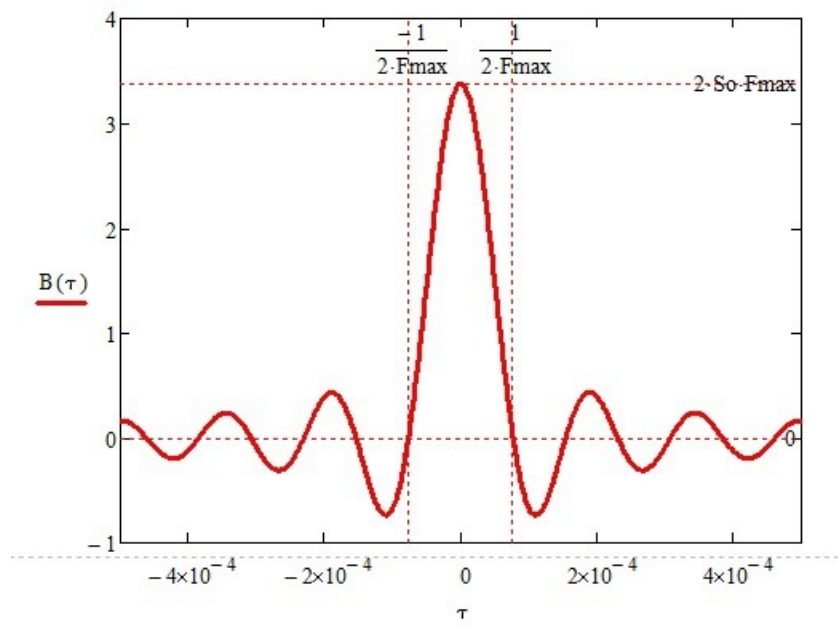


Рисунок 2 – Корреляционная функция шума, ограниченного по частоте

Таблица 2 – Данные квазислучайного сигнала

НБ	Вид формируемого сигнала	Параметры сигнала
25	Прямоугольный	$U_m = A_{max}$, $F = 2$ кГц

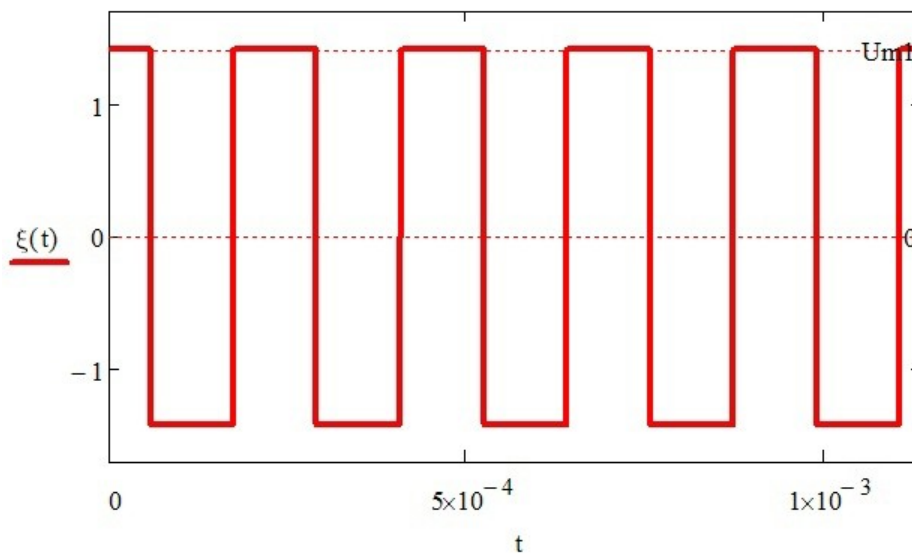


Рисунок 3 – График гармонического сигнала

Необходимо рассчитать амплитуду сигнала A_{MAX} , обеспечивающую отношение сигнал-шум по напряжению $h=2$, и амплитуду сигнала A_{MIN} , обеспечивающую отношение сигнал-шум $h=0.2$. Для каждой из найденных амплитуд построим графики корреляционных функций и СПМ аддитивной смеси сигнала и шума.

$$\sigma_{шум} = \sqrt{D_{Oч}} = \sqrt{2 \cdot 22 \cdot 10^{-5} \cdot 5.5 \cdot 10^3} = 1.55 \text{ В}$$

При $h = \frac{\sigma_{сигн}}{\sigma_{шум}} = 2$, $\sigma_{сигн} = 3.1 \text{ В}$. Т.к. сигнал прямоугольный, то $\sigma_{сигн} = U_m = A_{max} = 3.1 \text{ В}$.

При $h = \frac{\sigma_{\text{сигн}}}{\sigma_{\text{шум}}} = 0.2$, $\sigma_{\text{сигн}} = 0.31 \text{ В}$. Т.к. сигнал прямоугольный, то $\sigma_{\text{сигн}} = U_m = A_{\text{min}} = 0.31 \text{ В}$.

Используем примечание: при построении энергетических характеристик смеси сигнала и шума следует иметь в виду, что для некоррелированных СП корреляционная функция суммы равна сумме корреляционных функций слагаемых. Аналогичное утверждение справедливо и для спектральной плотности процессов.

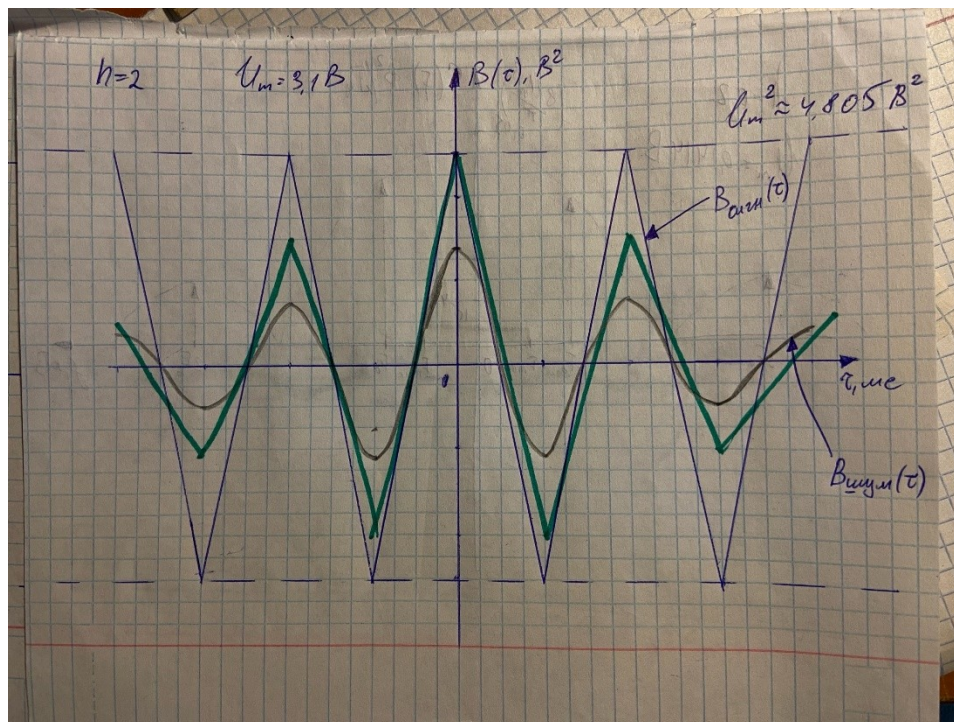


Рисунок 4 – Корреляционная функция смеси при $h=2$

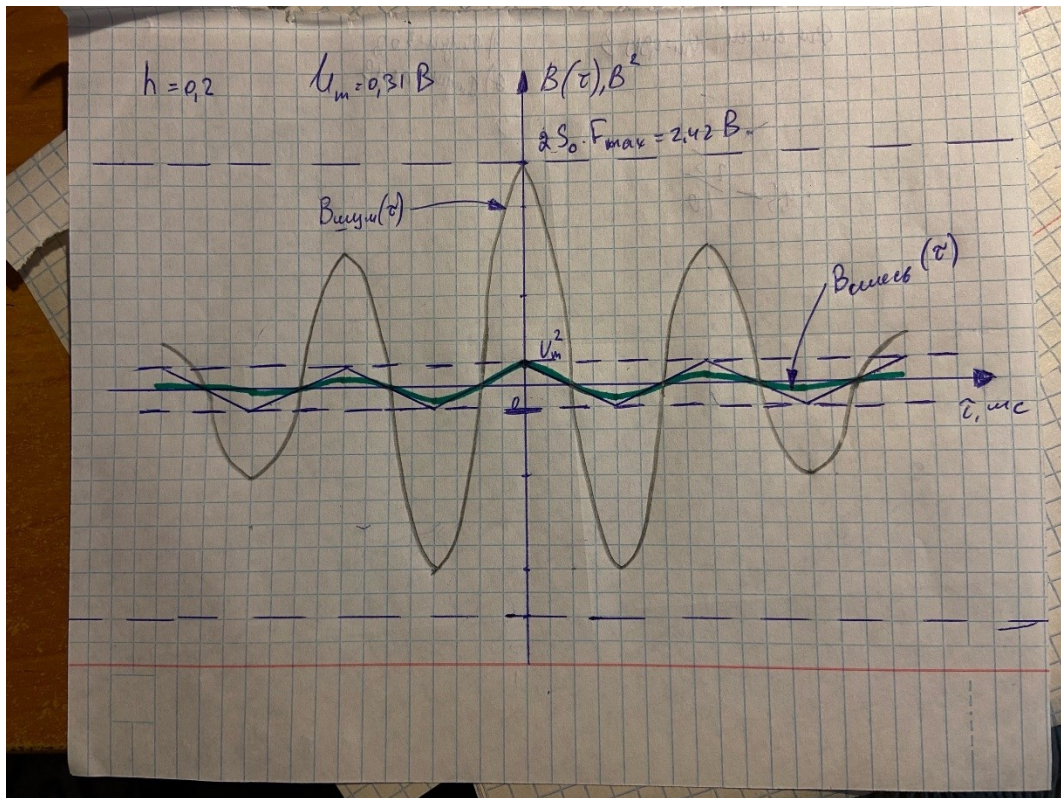


Рисунок 5 - Корреляционная функция смеси при $h=0.2$

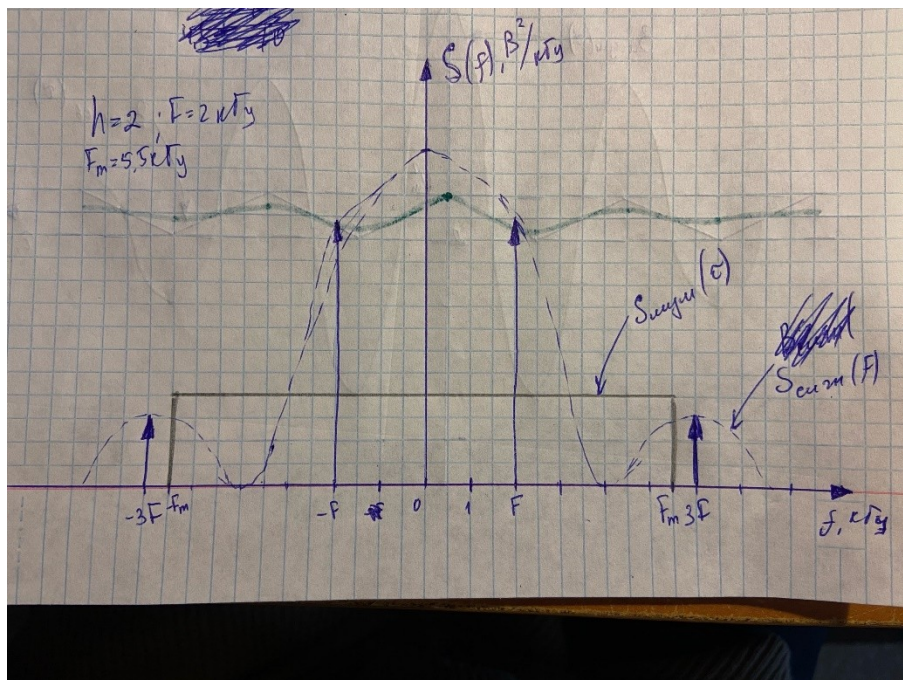


Рисунок 6 – СПМ смеси при $h=2$



Рисунок 7 – СПМ смеси при $h=0.2$

2. Выполнение лабораторных исследований

Этап 1. Исследование Энергетических характеристик шума

Устанавливается тип и параметры модуля №1, в соответствии с вариантом 1, схемы моделирования случайных процессов на формирование шума с эффективным значением

$$\sigma = \left(0,5 + \frac{НБ - 1}{40} + \frac{ГП}{5} \right) = (0,5 + 0,6 + 0) = 1,1 В, \quad (4)$$

Тип шума и прочие параметры модуля №1 устанавливаются в соответствии с вариантами 25 - источник шума – низкочастотный, с дополнительным параметром

$$\tau = (3 + ГП + 0,1 \cdot НБ)^{-1} = (3 + 0 + 0,1 \cdot 1)^{-1} \approx 0,181 мс, \quad (4)$$

Остальные модули переводятся в выключенное состояние. Объем формируемой выборки $N = 4096$ отсчетов. Частота дискретизации $F_d = 48$ кГц. В блоке анализаторов оба анализатора настраиваются на контрольную точку №1; устанавливается левый анализатор в состояние осциллографа, а правый – коррелометра.

Формируя новые реализации СП путем нажатия кнопки "Обновить данные", проводится серия из 15 экспериментов. По полученным графикам производится анализ стабильности корреляционной функции. Результат моделирования представлен на рисунке 5.

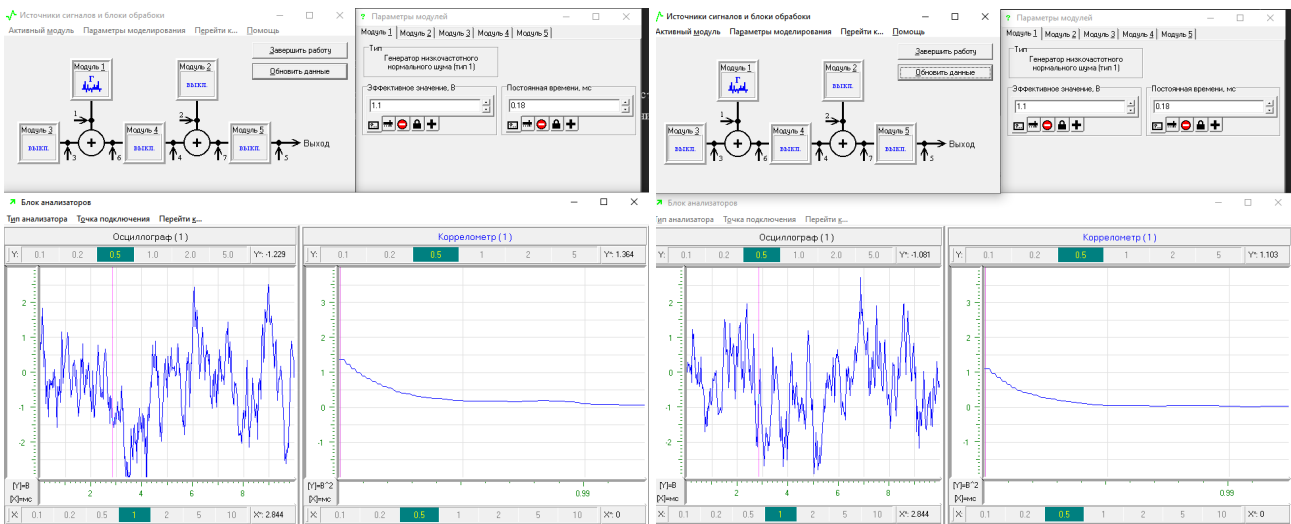


Рисунок 5 – Наблюдаемая корреляционная функция

Из графиков на рисунке 5 можно сделать вывод, что корреляционная функция стабильна.

Далее, правый анализатор переключается в состояние спектроанализатора, и также проводится серия из 15 экспериментов. Результат приведен на рисунке 6.

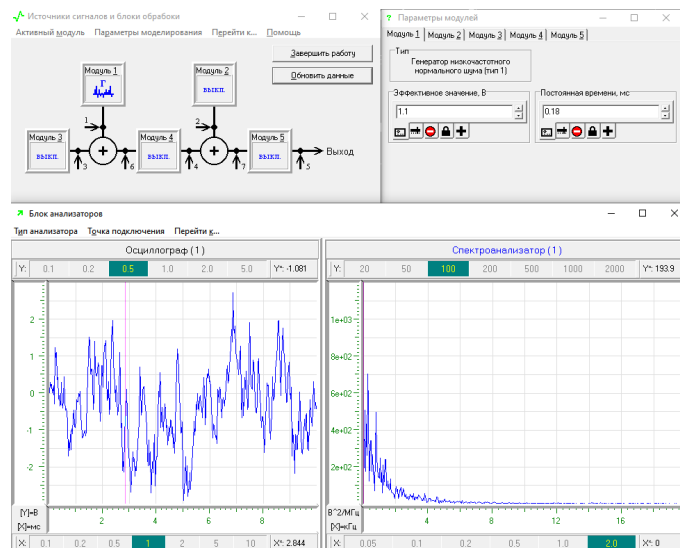


Рисунок 6 – Оценка спектральной плотности мощности

Из графика на рисунке 6 можно сказать, что в отличие от корреляционной функции оценка спектральной плотности мощности даже при большой длительности выборки оказывается весьма неустойчивой.

При сравнении с теоретическими расчетами выявлены отличия энергетических характеристик СП.

Этап 2. Исследование энергетических характеристик квазислучайных процессов

Установить тип и параметры модуля №1 моделирующей программы в соответствии с вариантом 25 (вид формируемого сигнала – прямоугольный, параметры сигнала – $U_m = A_{max} = 3,1 В; F = 2 кГц$). После чего проводится исследование оценки спектральной плотности мощности СП. Результат моделирование представлен на рисунке 7

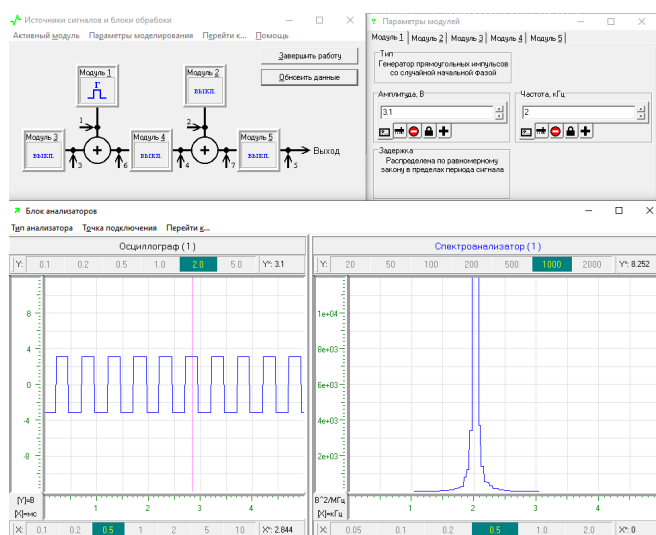


Рисунок 7 – Спектральной плотность мощности реализации СП

Из графиков на рисунке 7 можно сделать вывод, что ценка спектральной плотности мощности СП стабильна.

Далее, левый анализатор переключается в режим оценки числовых характеристик СП, а правый анализатор – в состояние коррелометра, после чего проводится серия из 15 экспериментов. Результат моделирования представлен на рисунке 8.

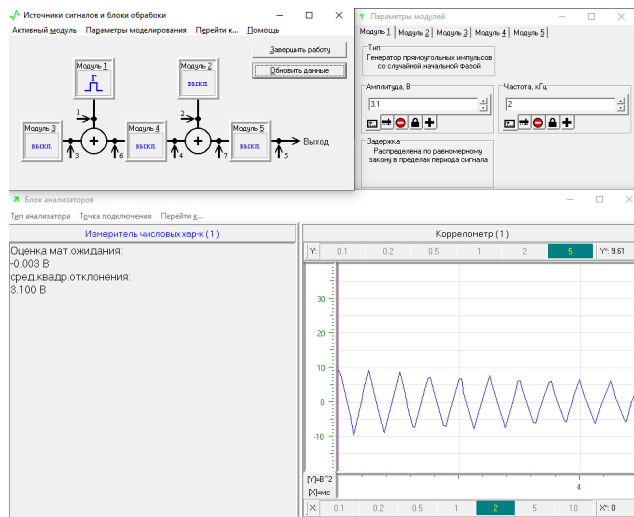


Рисунок 8 – Корреляционная функция реализаций СП

После этого, объём выборки устанавливается на значение $N = 512$ отсчётов, а затем проводится серия из 15 экспериментов. Результат моделирования представлен на рисунке 9.

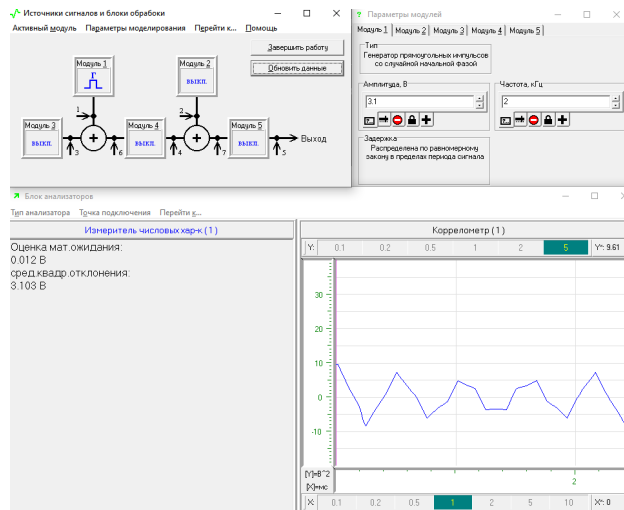


Рисунок 9- Влияние объёма выборки N на результат наблюдаемых оценок

Далее, объём выборки снова устанавливается на значение $N = 4096$ отсчётов, оба анализатора на выход первого сумматора переключается на контрольную точку №6, а модуль №3 схема моделирования переводится в режим формирования постоянной составляющей с величиной, равной

$$U = 0,4 + \frac{HB}{10} = 2,9 \text{ В},$$

(5)

И проводится аналогичному ранее исследованию, где левый анализатор переключается в режим оценки числовых характеристик СП, а правый анализатор – в состояние коррелометра, после чего проводится серия из 15 экспериментов. Результат моделирования представлен на рисунке 10.

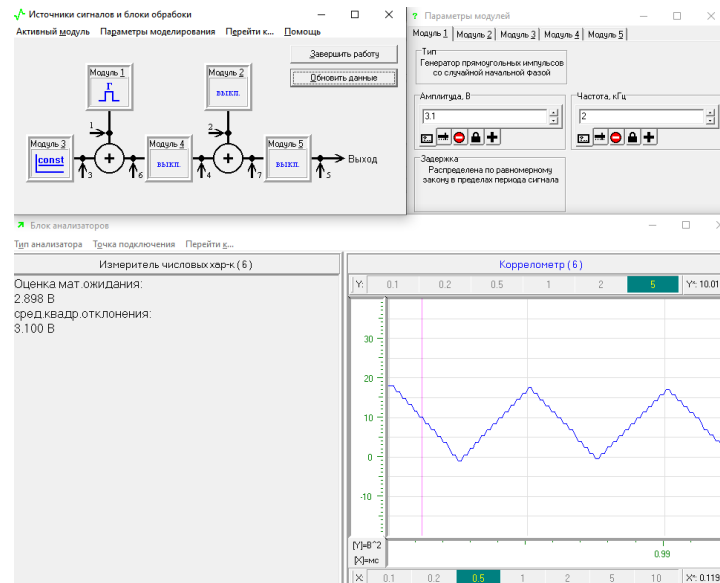


Рисунок 10 - Влияние постоянной составляющей на результат наблюдаемых оценок

Этап 3. Исследование влияния аддитивного шума на вероятностные характеристики СП.

В соответствии с вариантом 25 настраивается модуль №1 схемы моделирования на формирование сигнала (вид формируемого сигнала – прямоугольный, параметры сигнала – $U_m = A_{max} = 3.1 \text{ В}; F = 2 \text{ кГц}$), а модуль №3 на формирование шума (источник шума – низкочастотный, $\sigma = 1,1 \text{ В}, \tau = 0,181 \text{ мс}$). Анализаторы устанавливаются в режим осциллографа и коррелометра, настраиваются на выход сумматора, т.е. на контрольную точку №6. Результат моделирования представлен на рисунке 11.

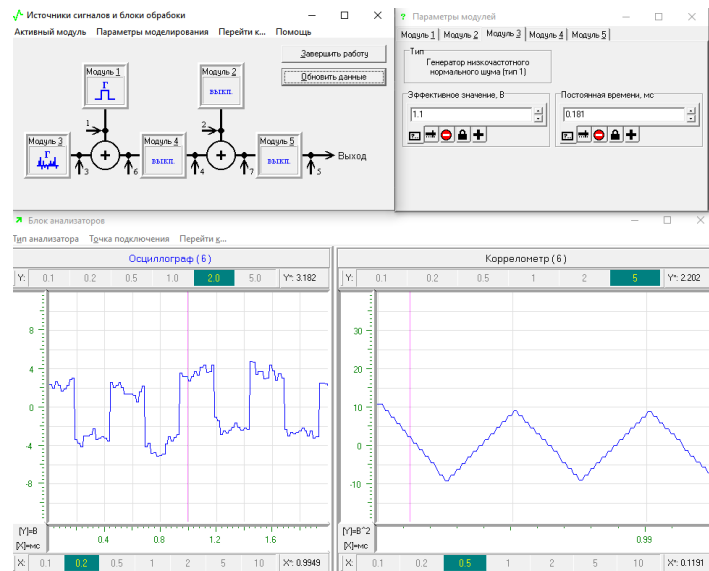


Рисунок 11 – Типовая корреляционная функция смеси сигнала и шума

Далее, необходимо повторить исследование изменив амплитуду сигнала, формируемого модулем №1, на величину $A_{min}=0,141$. Результат моделирования представлен на рисунке 12.

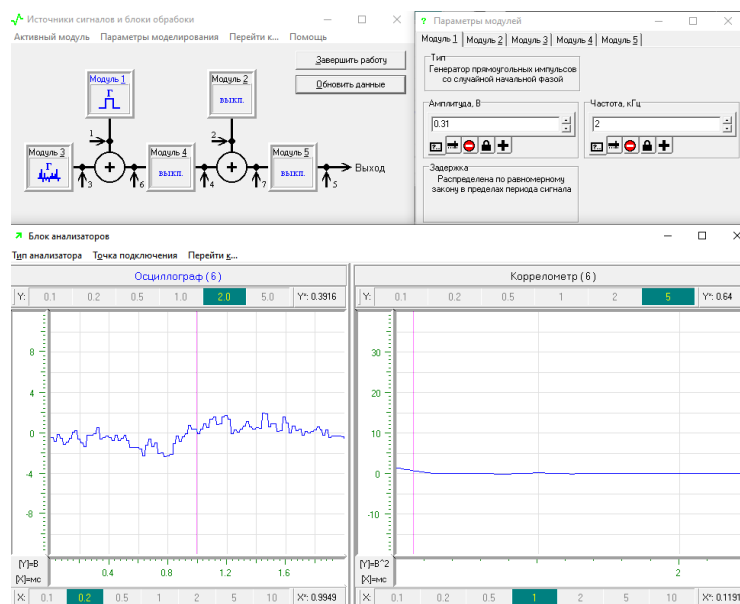


Рисунок 12 – Типовая корреляционная функция смеси сигнала и шума при амплитуда равной A_{min}

После этого, нужно в окне программы «Параметры модулей» открыть вкладку «Модуль 3», контролирую параметры формируемого схемой моделирования шума. Осуществляя ручную корректировку уровня шума в

пределах от $0,2\sigma$ до 2σ (где σ определяется вариантом 25), проследить за изменением оценок корреляционной функции СП, обращая внимание на разницу в поведении этих функций при значениях аргумента $|\tau| \approx 0$ и $|\tau| \gg 0$. Результаты моделирования представлены на рисунке 13, 14, 15 и 16.

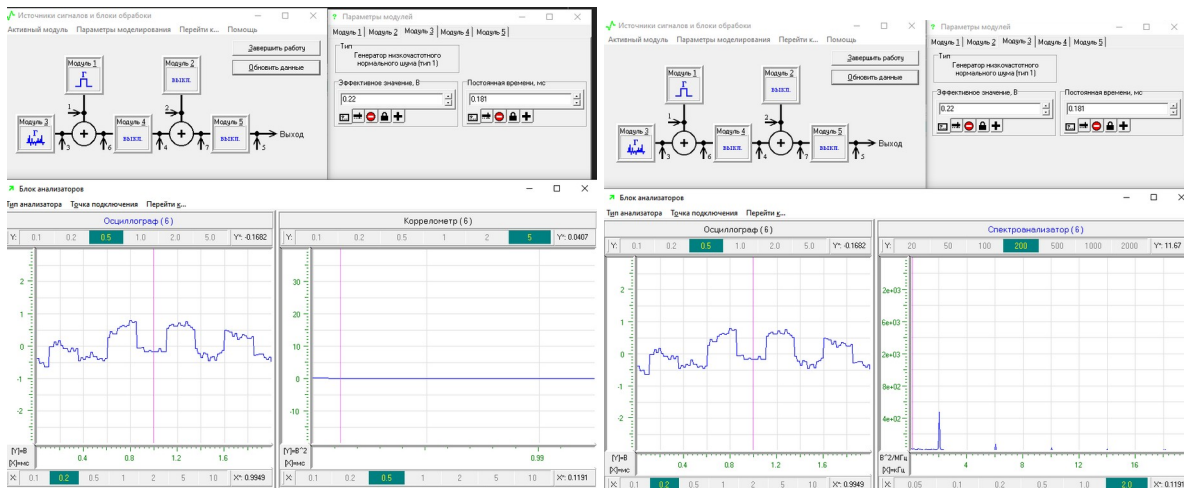


Рисунок 13 – Корреляционная характеристика и спектральная плотность мощности при уровне шума $\sigma=0,22$



Рисунок 14 – Корреляционная характеристика и спектральная плотность мощности при уровне шума $\sigma=0,55$

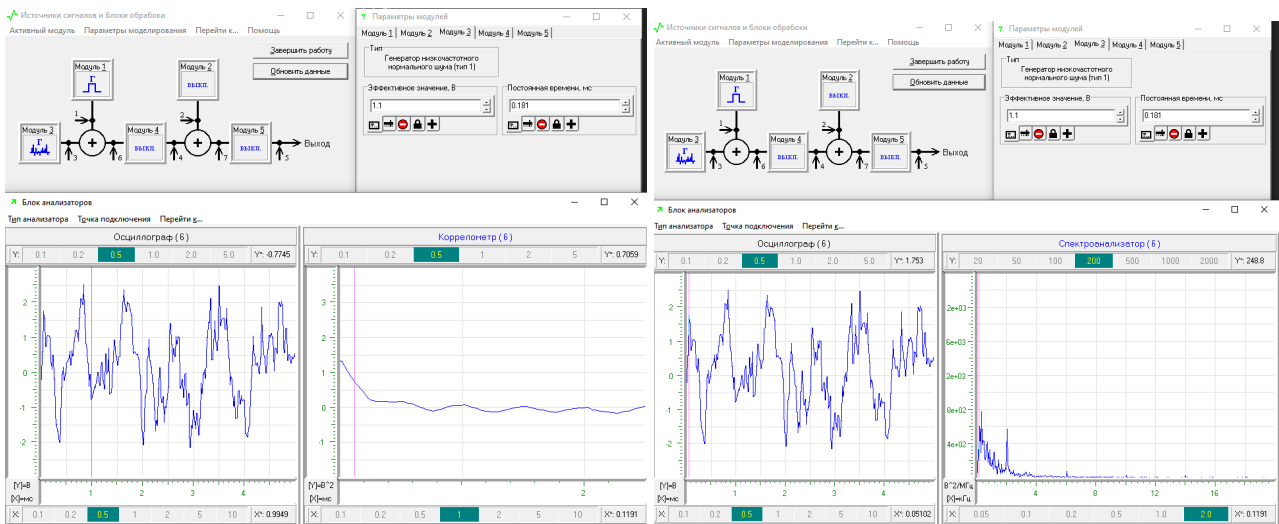


Рисунок 15 – Корреляционная характеристика и спектральная плотность мощности при уровне шума $\sigma = 1, 1$

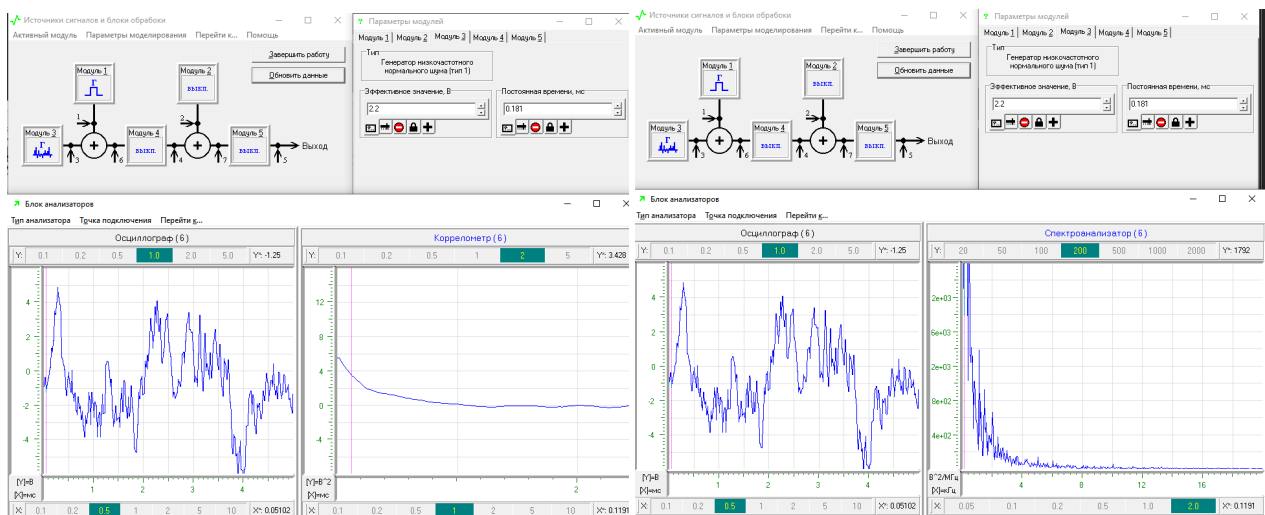


Рисунок 16 – Корреляционная характеристика и спектральная плотность мощности при уровне шума $\sigma = 2, 2$

При увеличении эффективного значения шума:

1. Шум становится ярко выраженным
2. Корреляционные функции не стабильны .

Вывод: экспериментально исследовали энергетических (корреляционных и спектральных) характеристик СП.