

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики открытых систем

Несколько программных пакетов

название темы выпускной квалификационной работы полужирным шрифтом

для анализа сложных сигналов

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 4041 группы

направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии»

код и наименование направления (специальности)

Института физики

наименование факультета, института, колледжа

Седовой Дины Кирилловны

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

Профессор кафедры ФОС,

д.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

О.И. Москаленко

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

А.А. Короновский

инициалы, фамилия

Саратов 2021 год

Введение

Использование вычислительной техники для визуализации и анализа научных данных стало уже традиционным. Это вполне естественно, ведь с задачей наглядного представления и анализа больших массивов числовой информации сталкиваются во многих областях. Это моделирование, обработка результатов экспериментов, анализ данных дистанционного зондирования, решение различных инженерных задач.

В дипломной работе изучаются четыре вида сложных сигналов:

1. Периодический;
2. Шумовой;
3. Хаотический;
4. Реальный нейрофизиологический.

Сигнал – это материальное воплощение сообщения для использования при передаче, переработке и хранении информации.

Изучение, анализ и визуализация сложных сигналов с помощью предназначенных для этого программ весьма актуально. Актуальность заключается в том, что нестационарными сигналами являются очень многие сигналы в природе, в частности, практически все процессы, регистрируемые в динамике живых систем. Актуальность анализа реальных нейрофизиологических сигналов заключается в перспективе осуществления обработки данных и диагностирования наличия и степени синхронных режимов по нейрофизиологическим данным, что, в свою очередь, может быть полезно при обнаружении/использовании данного эффекта в практических приложениях, в частности при осуществлении медицинской диагностики.

В дипломной работе проведено изучение характеристик сложных сигналов с помощью программных продуктов:

1. Gnuplot;
2. QtiPlot;
3. Wolfram Mathematica.

Выпускная квалификационная работа содержит 3 главы:

1. Программные пакеты;
2. Сложные сигналы;
3. Практическая часть

Последняя глава разбивается на три части, каждая из которых соответствует отдельному программному продукту. Главы 1 и 2 носят теоретический характер, а глава 3 – практический.

Основное содержание работы

При использовании нескольких программных пакетов в ВКР проводится изучение и анализ следующих сигналов:

1. Периодический сигнал – это детерминированный сигнал, мгновенные значения которого повторяются через равные промежутки времени.
2. Шумовой сигнал – это беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры. Анализ шумового сигнала происходит на примере нормального распределения (распределения Гаусса).
3. Рассмотрение и анализ хаотического сигнала происходит на примере системы Рёсслера

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -y - z \\ \frac{dy}{dt} = x + ay \\ \frac{dz}{dt} = b + z(x - c) \end{cases}$$

Анализируемый сигнал – это временная зависимость координаты x исследуемой системы.

4. Помимо рассмотрения модельных сигналов, также проводится анализ реального нейрофизиологического сигнала. В качестве такого сигнала рассмотрена одна из записей электрической активности головного мозга человека – электроэнцефалограмма человека, страдающего эпилепсией.

Изучение и визуализация периодического сигнала

Для получения и вывода данных периодического сигнала в программных продуктах Gnuplot и QtiPlot используется программный код, написанный с использованием языка программирования Pascal. Далее, используя файл с полученными данными и команду plot в программе Gnuplot, производится построение временной реализации периодического сигнала (Рис. 1).

Для получения временной реализации периодического сигнала в QtiPlot, выделяется столбец данных В(У) и с помощью функции построения графика происходит визуализация. В итоге, в QtiPlot также можно визуализировать периодический сигнал, как и в Gnuplot.

Эта функция позволяет наглядно увидеть периодический сигнал, а также проанализировать такое свойство, как период сигнала.

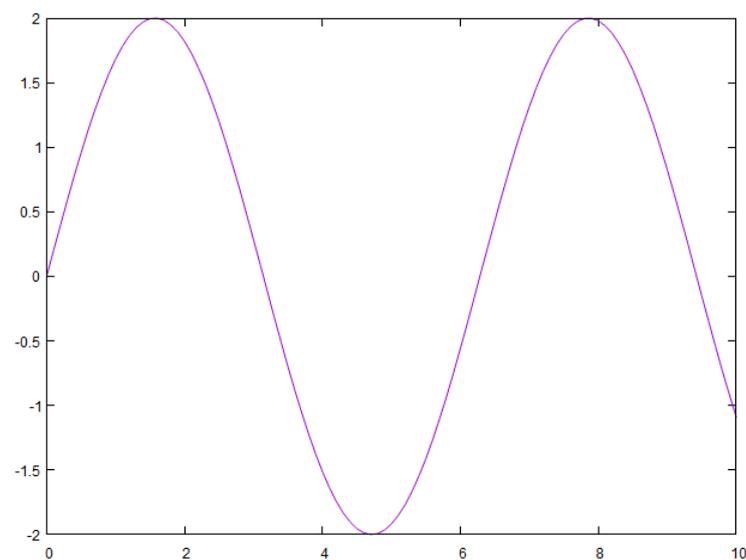


Рисунок 1 – Временная реализация периодического сигнала, построенная в Gnuplot

Распределение плотности вероятности и фурье-спектр периодического сигнала, построенные в QtiPlot, представлены на Рис. 2-3.

Для визуализации распределения плотности вероятности периодического сигнала используется команда frequency count.

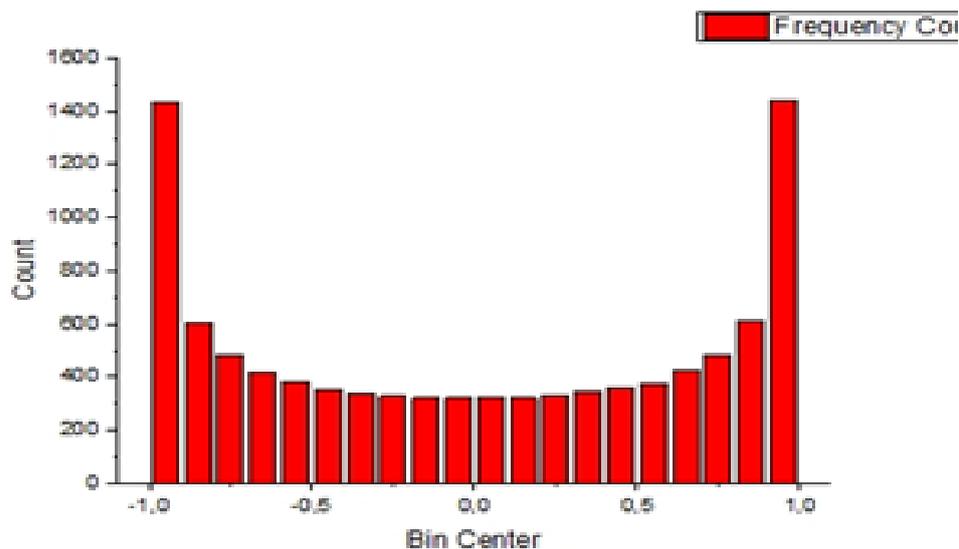


Рисунок 2 – Распределение плотности вероятности периодического сигнала

В вероятностном распределении сигнала можно легко увидеть ярко выраженные пики при значениях -1 и 1, а по мере приближения к нулю вероятность распределения снижается.

Далее, с помощью применения функции `analysis signal processing` строится фурье-спектр.

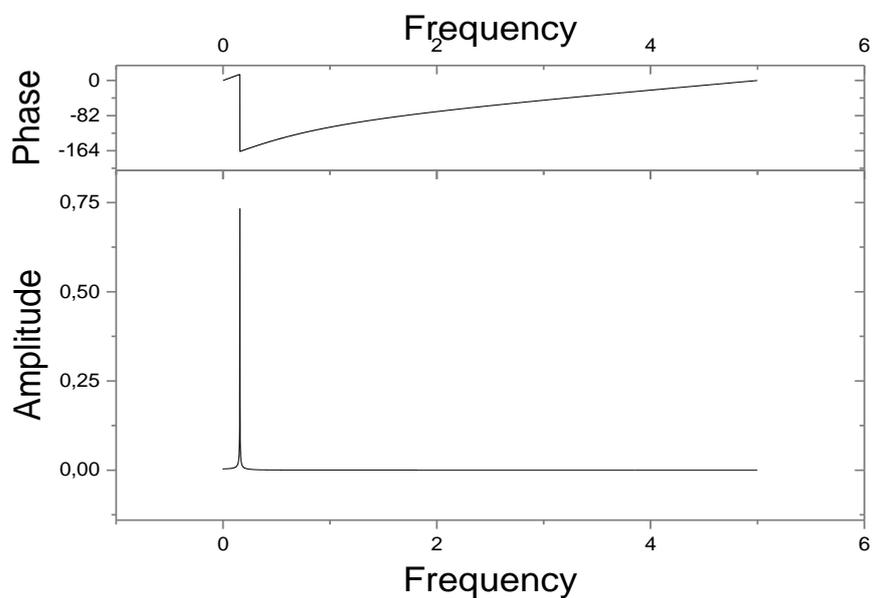


Рисунок 3 – Фурье-спектр периодического сигнала

На полученном спектре наблюдается одна чётко выраженная спектральная компонента, поскольку сигнал является периодическим и имеет только одну частоту.

Аналогичные статистические характеристики для периодического сигнала можно получить с помощью программного продукта Wolfram Mathematica.

Изучение и визуализация шумового сигнала

В работе с программными продуктами Gnuplot и QtiPlot для получения данных шумового сигнала используется программный код, написанный с использованием языка программирования Pascal.

В работе с продуктом Wolfram Mathematica анализ шумового сигнала происходит на примере нормального распределения (распределения Гаусса). Используя знакомые команды, производится построение временной реализации в программном продукте Gnuplot (Рис. 4).

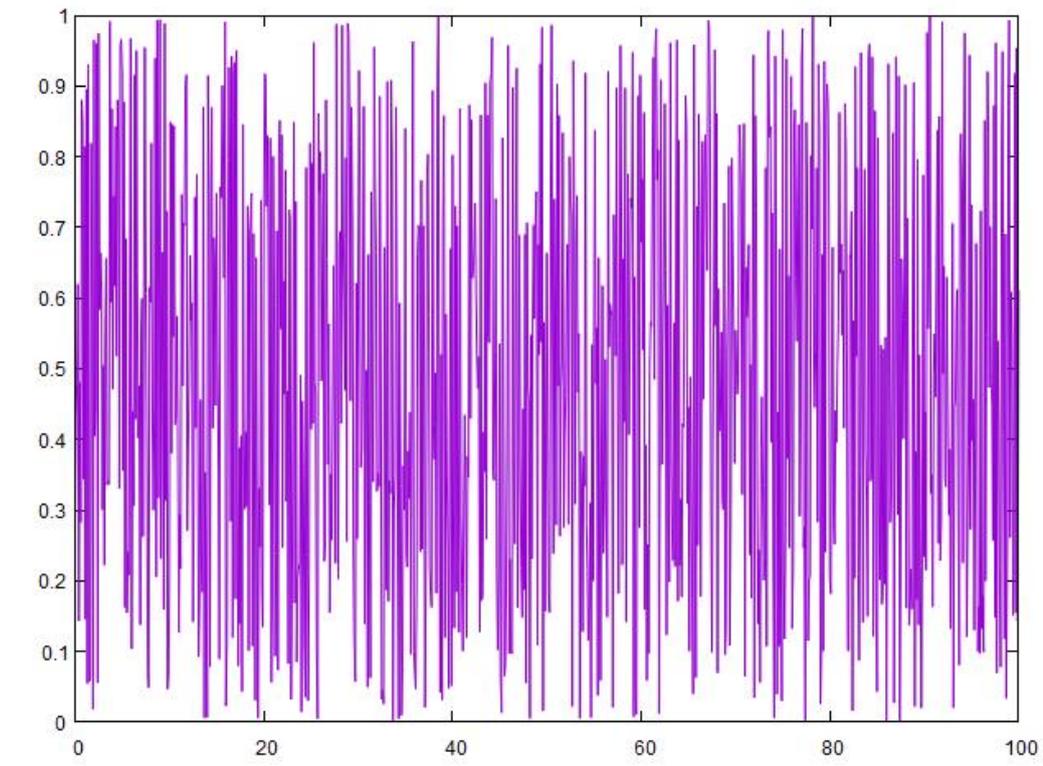


Рисунок 4 – Временная реализация шумового сигнала, построенная в Gnuplot

Аналогичную временную зависимость можно увидеть в продукте QtiPlot. Заметим, во временной реализации шумового сигнала нельзя выделить никакой регулярности, в отличие от периодического сигнала.

Далее, произведем построение распределения плотности вероятности шумового сигнала в программных продуктах QtiPlot и Wolfram Mathematica (Рис. 5-6).

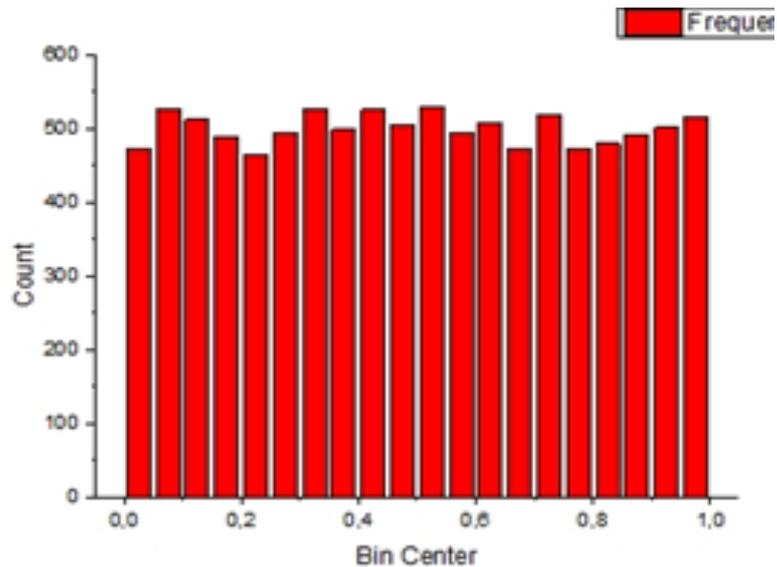


Рисунок 5 – Распределение плотности вероятности шумового сигнала, построенное в QtiPlot

Вероятностное распределение шумового сигнала, построенного в QtiPlot, оказывается равномерно распределённым по диапазону от 0 до 1.

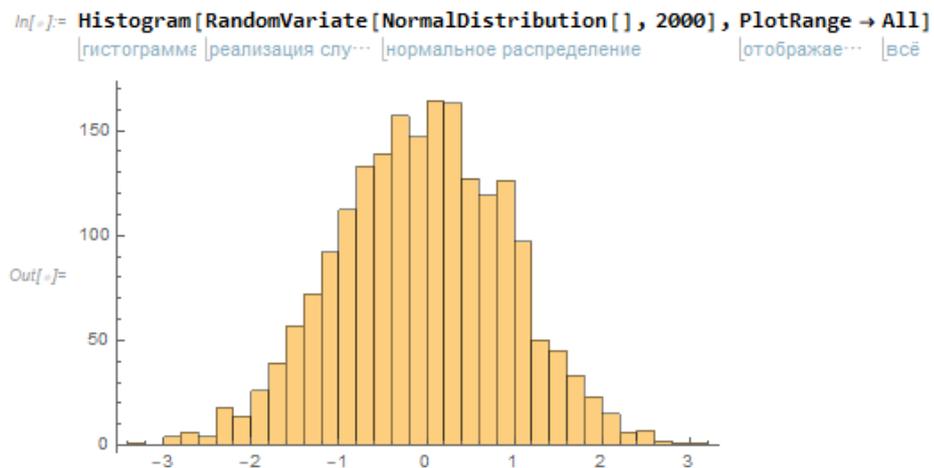


Рисунок 6 – Распределение плотности вероятности шумового сигнала, построенное в Wolfram Mathematica

Для распределения плотности вероятности (Рис. 6) чётко выраженных пиков не наблюдается, распределение подчиняется нормальному закону.

Изучение и визуализация хаотического сигнала

Для визуализации хаотического сигнала в Gnuplot и QtiPlot используется файл, содержащий временные зависимости координат системы Рёсслера, а построение происходит аналогичными командами.

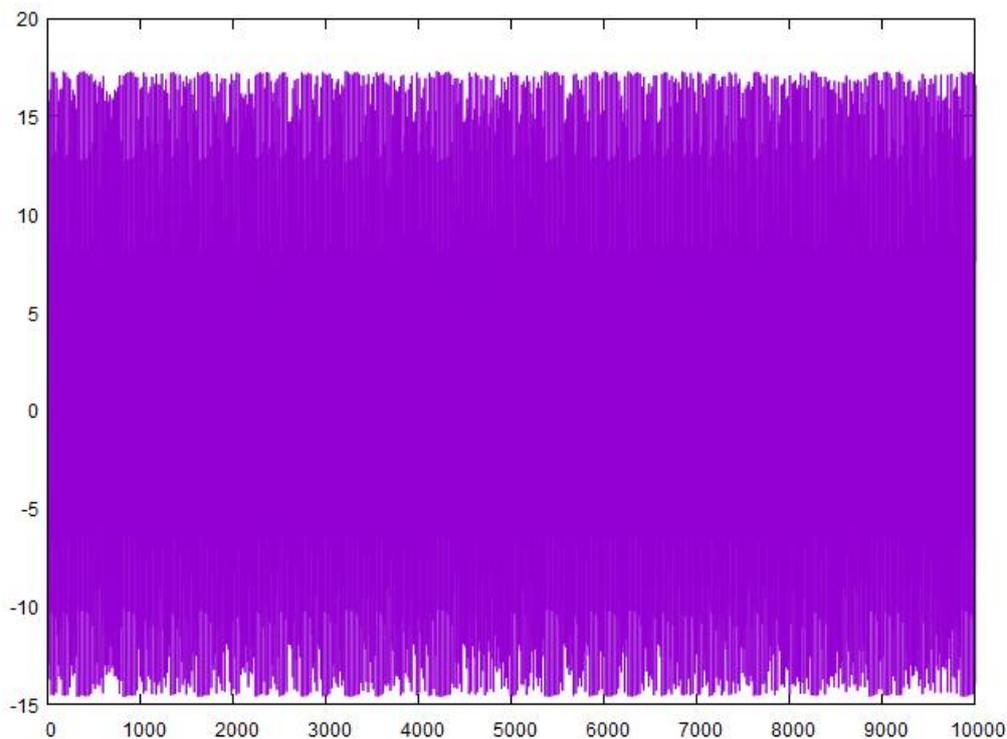


Рисунок 7 – Временная реализация хаотического сигнала, построенная в Gnuplot

Ожидаемо, что результаты в виде временных реализаций хаотического сигнала, построенные в двух остальных программах, очень схожи.

Распределение плотности вероятности хаотического сигнала, построенное в QtiPlot, приведено на Рис. 8.

Вероятностное распределение шумового сигнала, является, грубо говоря, чем-то средним между распределениями периодического и шумового сигналов. В этом случае происходят беспорядочные колебания, но всё же можно выделить несколько выраженных пиков.

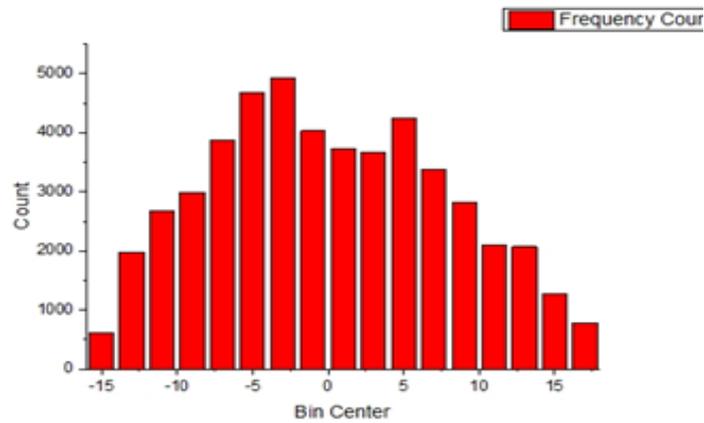


Рисунок 8 – Вероятностное распределение хаотического сигнала, построенное в QtiPlot

Последним строится фурье-спектр хаотического сигнала в программе Wolfram Mathematica (Рис. 9).

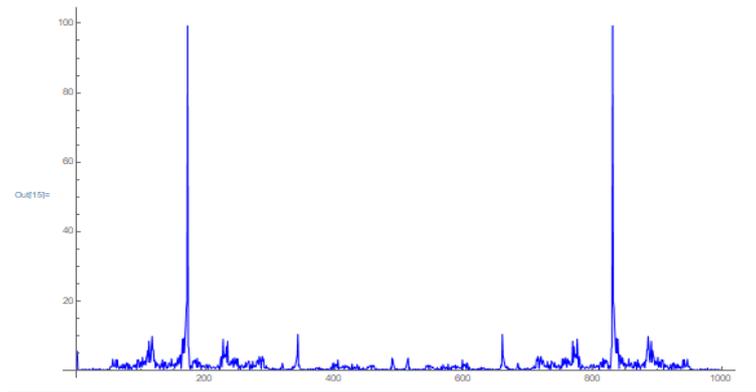


Рисунок 9 – Фурье-спектр хаотического сигнала

На данном спектре, как и для периодического сигнала, наблюдается чётко выраженная спектральная компонента. В нижней части спектра вблизи основной спектральной компоненты наблюдается так называемый хаотический пьедестал, являющийся «отражением» хаотичности рассматриваемого сигнала.

Изучение реального нейрофизиологического сигнала

Файл, содержащий данные нейрофизиологического сигнала, загружается в программы Gnuplot и QtiPlot. Временная реализация данного сигнала представлена на Рис. 10.

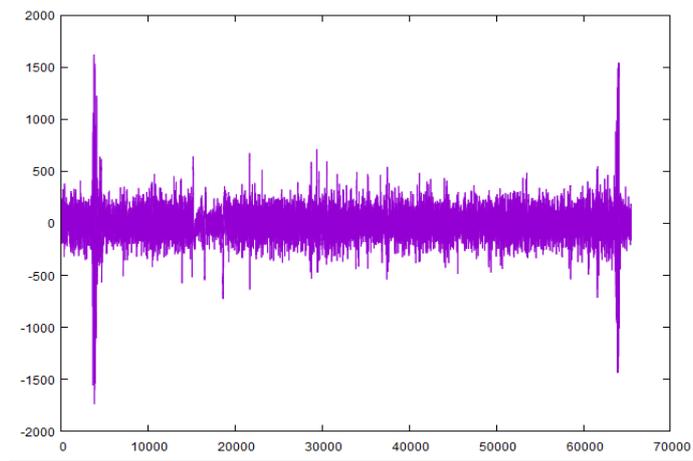


Рисунок 10 – Временная реализация реального нейрофизиологического сигнала, построенная в Gnuplot

Во временной реализации данного сигнала можно наглядно увидеть два чётко выраженных всплеска, называемых пик-волновыми разрядами. Известно, что пик-волновые разряды соответствуют приступам эпилепсии и характеризуются высокой степенью синхронизма. Понятно, что сигнал, полученный в QtiPlot, будет совпадать с сигналом на Рис. 10.

Произведем построение фурье-спектра реального нейрофизиологического сигнала (Рис. 11).

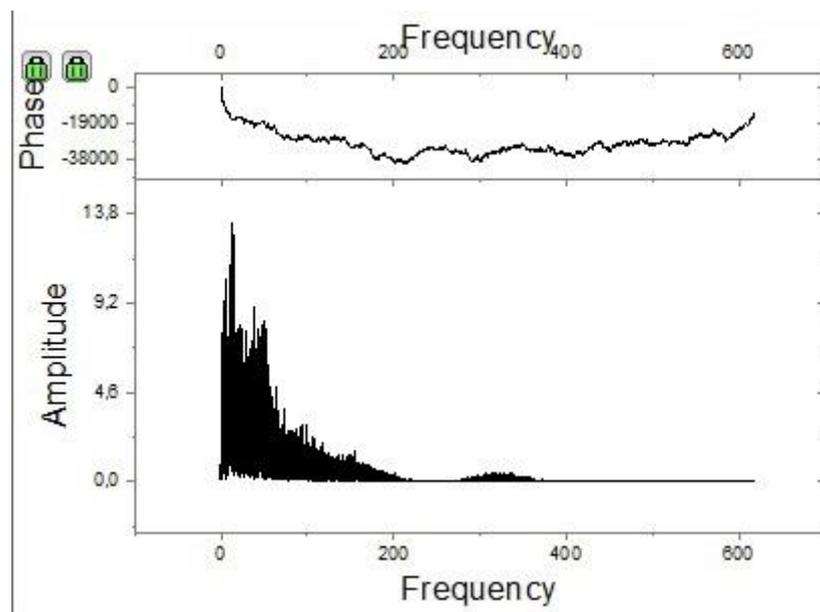


Рисунок 11 – Фурье-спектр реального нейрофизиологического сигнала

На данном фурье-спектре можно заметить несколько пиков, характеризующих сосуществование различных типов поведения в данном сигнале.

Заключение

В настоящей дипломной работе были изучены четыре вида сложных сигналов: периодический, шумовой, хаотический и реальный нейрофизиологический. Изучение происходило с применением программных продуктов:

- Gnuplot,
- QtiPlot,
- Wolfram Mathematica.

С помощью программного продукта Gnuplot проведено построение графиков функций, также получены временные зависимости для изучаемых сигналов и построен фазовый портрет.

С помощью программных продуктов QtiPlot и Wolfram Mathematica получены и построены такие характеристики как:

- временная реализация,
- распределение плотности вероятности,
- фурье-спектр.

При получении этих характеристик, можно визуализировать любой из данных сигналов, проанализировать его свойства, а также увидеть его изменения с течением времени.