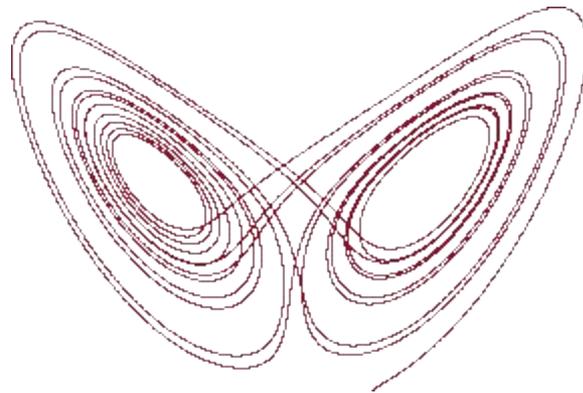


# Московская Государственная Академия Приборостроения и Информатики

Диплом на тему:  
"Моделирование систем синхронизации с использованием хаотических сигналов".



Выполнила:  
Белова Н.Ю.

Научный руководитель:  
Мельников А.О.

Москва, 2004

# Цель дипломного проекта

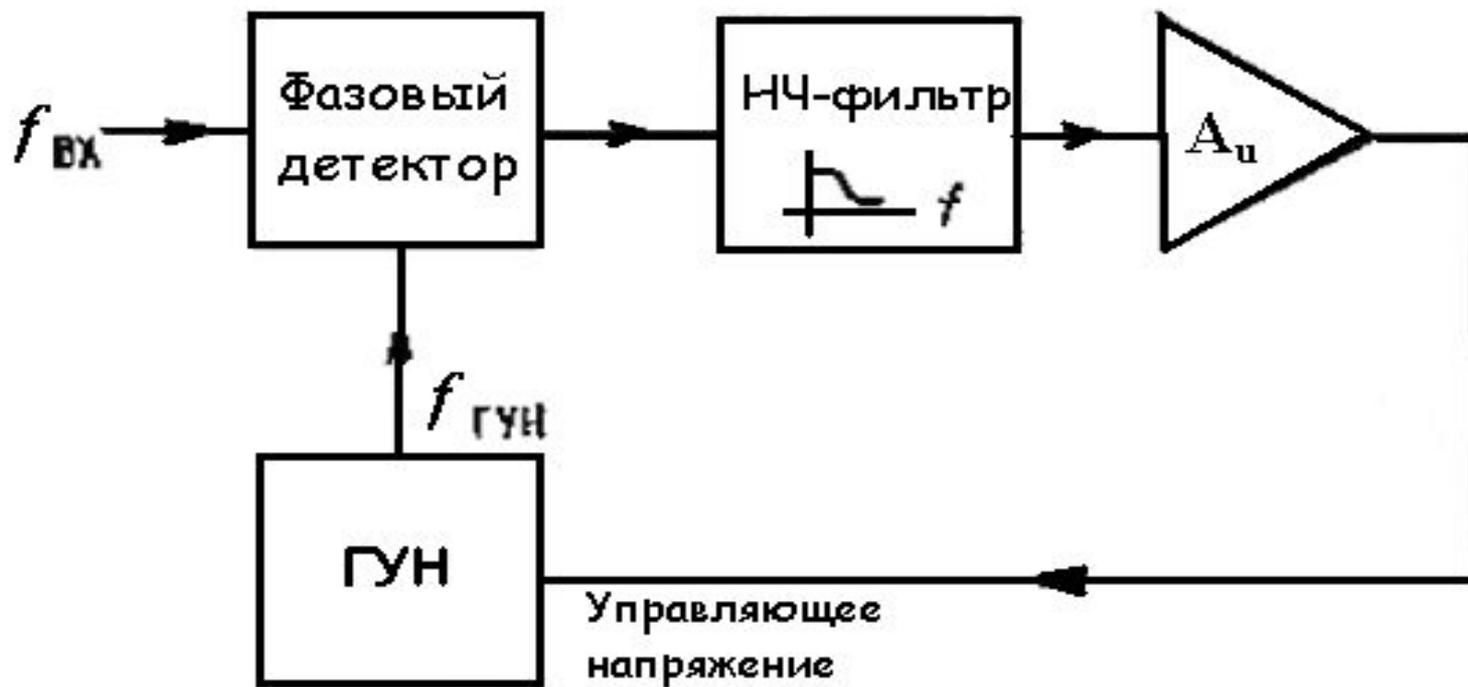
**Цель:** Исследование и программная реализация синхронизации двух динамических систем с использованием хаотического сигнала

***В рамках данного дипломного проекта были поставлены и успешно решены следующие задачи:***

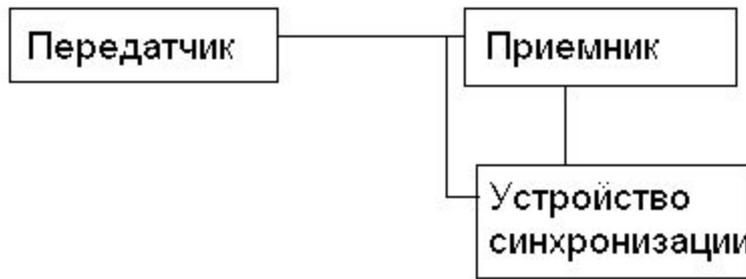
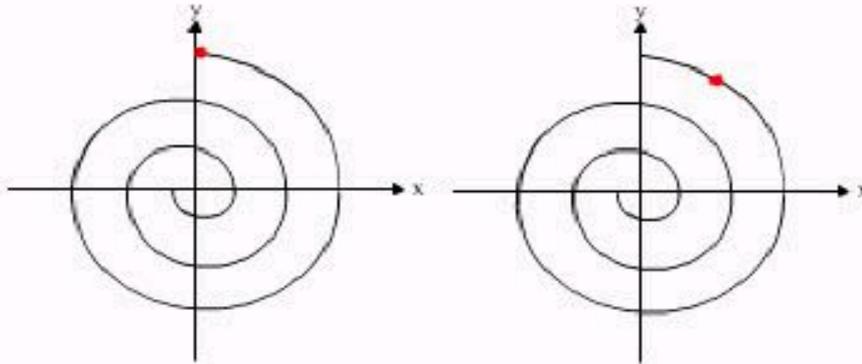
1. Проведен обзор основных методов синхронизации в современных устройствах передачи данных.
2. Выделены приоритетные направления развития и новые методы синхронизации.
3. Подробно рассмотрена возможность применения методов динамического хаоса к задачам синхронизации.
4. Разработано программное обеспечение для проведения численных экспериментов по синхронизации нелинейных динамических систем, восстановлению полезного сигнала на фоне хаотической помехи, дополнительной оптимальной линейной фильтрации.
5. Рассмотрены способы встраивания полезного сигнала внутрь хаотической несущей.

## Обзор методов синхронизации в системах связи

Существует два типа модемов: когерентный и некогерентный. Когерентный модем требует наличия в принимающем устройстве копии сигнала передатчика (т.е. такого же сигнала с точностью до частоты и фазы). Следовательно на приемной стороне должен быть генератор, который засинхронизирован с генератором передатчика. Засинхронизироваться генератор приемника может только от принимаемого сигнала, а он в свою очередь может быть искажен, что бы решить эту задачу используется ФАПЧ.



# Синхронизация двух динамических систем



Хаос имеет длительное непредсказуемое поведение. Это - обычно выражается математически как чувствительность к начальным условиям, очень трудно предсказать, где динамика системы берет начало. Хотя хаотическая система может иметь образец (аттрактор) в пространстве состояния, определить, где на аттракторе находится система в отдаленном будущем, учитывая ее позицию в прошлом, очень трудно и эта проблема становится еще труднее с течением времени. Один из способов продемонстрировать данное свойство это решить две, идентичные хаотические системы шаг за шагом, начав обе системы с близких, но не одинаковых начальных условий. Вскоре траектории разойдутся и будут принадлежать двум разным аттракторам. При этом факт нахождения первой системы в какой-то точке своего аттрактора никак не зависит от состояния второй системы.

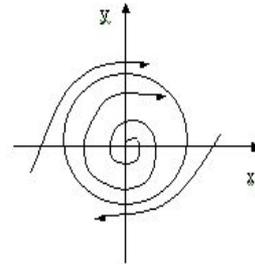
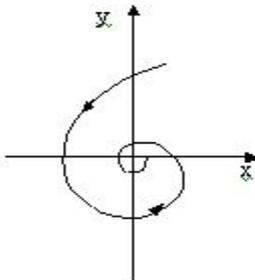
Использование хаотического сигнала в коммуникациях немедленно приводит к необходимости того, чтобы приемник копировал хаотический сигнал передатчика или, еще лучше, синхронизировался с передатчиком. Для простоты хотелось бы достичь такой синхронизации, используя минимальное число сигналов между синхронными частями, использование одного сигнала было бы наилучшим вариантом.

# Примеры аттракторов

**Аттрактор** (от англ. to attract – притягивать) – геометрическая структура, характеризующая поведение в фазовом пространстве по прошествии длительного времени.

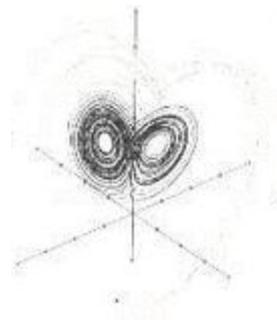
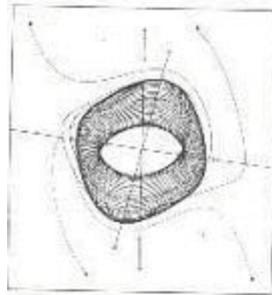
**Фазовое пространство** – это абстрактное пространство, координатами которого являются степени свободы системы.

Самым простым типом аттрактора является точка. Такой аттрактор характерен для маятника при наличии трения.



Следующим типом аттрактора является предельный цикл, который имеет вид замкнутой кривой линии. Примером такого аттрактора является маятник, на который не влияет сила трения.

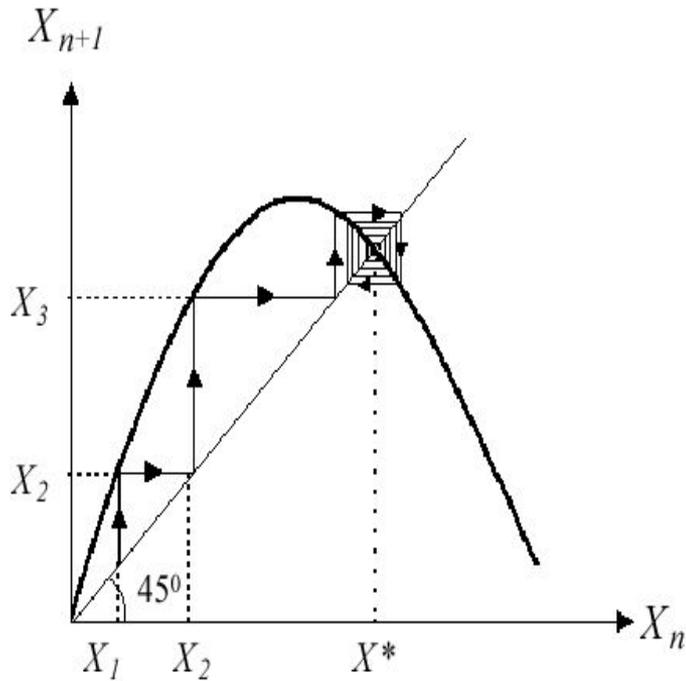
Третий тип аттрактора – тор.



Первым хаотическим аттрактором стал аттрактор Лоренца.

Несмотря на сложность поведения хаотических аттракторов, иногда называемых странными аттракторами, знание фазового пространства позволяет представить поведение системы в геометрической форме и соответственно предсказывать его. И хотя нахождение системы в конкретный момент времени в конкретной точке фазового пространства практически невозможно, область нахождения объекта и его стремление к аттрактору предсказуемы.

# Метод точечных отображений



Согласно этому методу, исследуют не фазовую траекторию системы, а ее отображение на секущую плоскость – сечение Пуанкаре. При этом в роли основного уравнения, описывающего эволюцию системы, выступает отображение Пуанкаре :

$$X_{n+1} = F(X_n)$$

где  $X_n$  – координата  $n$ -го пересечения фазовой траектории с секущей плоскостью ;  $X_{n+1}$  – координата  $(n+1)$ -го пересечения фазовой траектории с секущей плоскостью .

Графически точечное отображение часто представляют с помощью диаграммы Ламерея – графика отображения в координатах  $X_n$  и  $X_{n+1}$ .

Пересечение биссектрисы с графиком отображения  $F(X_n)$  дает стационарное решение  $X^*$  данного отображения .

Далее определим устойчивость неподвижной точки. В окрестности  $X^*$  возьмем некоторое начальное значение  $X_1$  и будем последовательно проводить шаги - итерации точечного отображения

$$X_2 = F(X_1)$$

$$X_3 = F(X_2)$$

... и т.д. На самой диаграмме этот итерационный процесс изображается с помощью стрелок -итераций . Если точка  $X^*$  является устойчивой , то с каждой итерацией стрелки сходятся к точке пересечения биссектрисы координатного угла и графика отображения  $F(X_n)$ . Если неустойчивой – расходятся . Каждая итерация – это определенный интервал времени между моментами наблюдения за системой .

# Использование хаотических сигналов в телекоммуникациях

**Динамический хаос** - сложные, непериодические колебания, порождаемые нелинейными динамическими системами

**Динамический хаос обладает следующими свойствами:**

- Сплошной спектр мощности
- Экспоненциально спадающая корреляционная функция
- Непредсказуемость на большие интервалы времени
- Высокая чувствительность к начальным условиям
- Экспоненциальное в среднем разбегание близких траекторий

**Передача информации с помощью динамического хаоса - I**

- Возможность получения сложных колебаний с помощью простых по структуре устройств
- Способность в одном устройстве реализовать большое количество различных хаотических мод
- Возможность управления хаотическими режимами путем малых изменений параметров системы
- Большая информационная емкость

**Передача информации с помощью динамического хаоса - II**

- Разнообразие методов ввода информационного сигнала в хаотический
- Увеличение скорости модуляции по отношению к модуляции регулярных сигналов
- Нетрадиционные методы мультиплексирования
- Конфиденциальность при передаче сообщений
- самосинхронизации передатчика и приемника

# Система Лоренца

Первым по-настоящему выйти из плоскости удалось американскому метеорологу Эдварду Лоренцу в конце 1970-х годов.

Рассматривая тепловую конвекцию в подогреваемом снизу горизонтальном слое вязкой жидкости, Э. Лоренц получил из уравнений Буссинеска систему из трех уравнений:

$$x' = \sigma(y - x)$$

$$y' = rx - y - xz$$

$$z' = xy - bz$$

где  $\sigma$ ,  $r$  и  $b$  - положительные параметры (их физический смысл:  $\sigma$  - число Прандтля,  $r$  - число Рэлея, нормированное на ориентировочное значение,  $b$  - геометрический параметр). В применении обработки сигналов, обычно удобно перестроить временную шкалу хаотических сигналов. Это выполняется простым прямым способом установки условности, что  $x, y$  и  $z$  означают  $dx/d\tau$ ,  $dy/d\tau$  и  $dz/d\tau$ , соответственно, где  $\tau=t/T$  - нормализованное время и  $T$  масштаб по времени.

Исследуя систему численными методами при  $\beta = 8/3$ ,

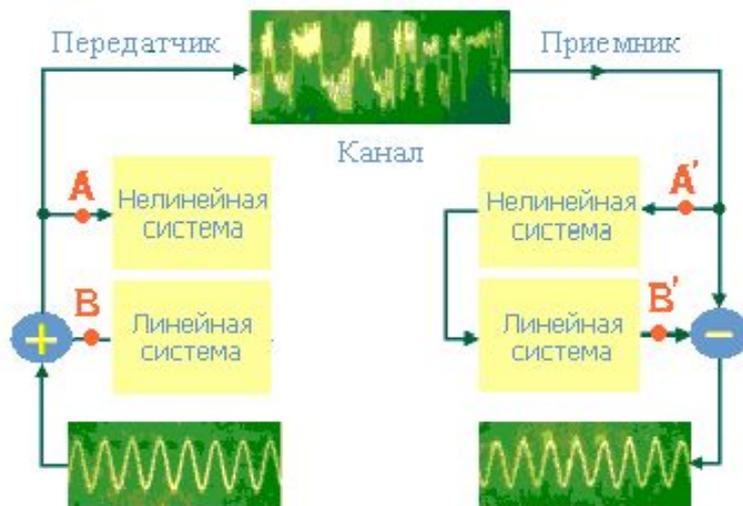
$$r = 28,$$

$$\sigma \in [1, 10],$$

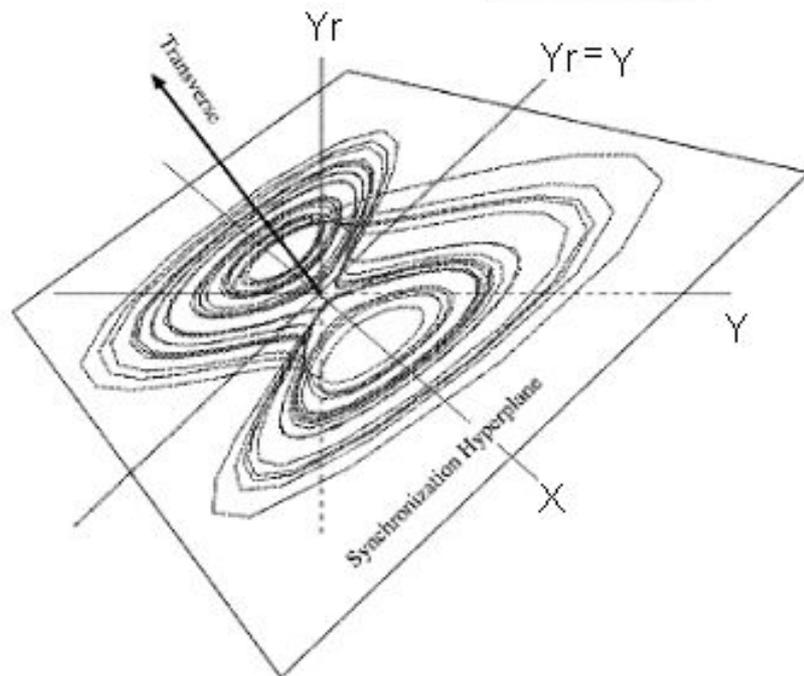
Лоренц обнаружил новый тип поведения траекторий, притягивающийся в фазовом пространстве к некоторому образованию, не имеющему аналогов на плоскости и получившему название «аттрактор Лоренца».

# Самосинхронизация систем Лоренца.

$$\begin{aligned}x' &= \sigma(y - x) \\y' &= rx - y - xz \\z' &= xy - bz\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}x'_r &= \sigma(y_r - x_r) \\y'_r &= rx(t) - y_r - x(t)z_r \\z'_r &= x(t)y_r - bz_r\end{aligned}$$

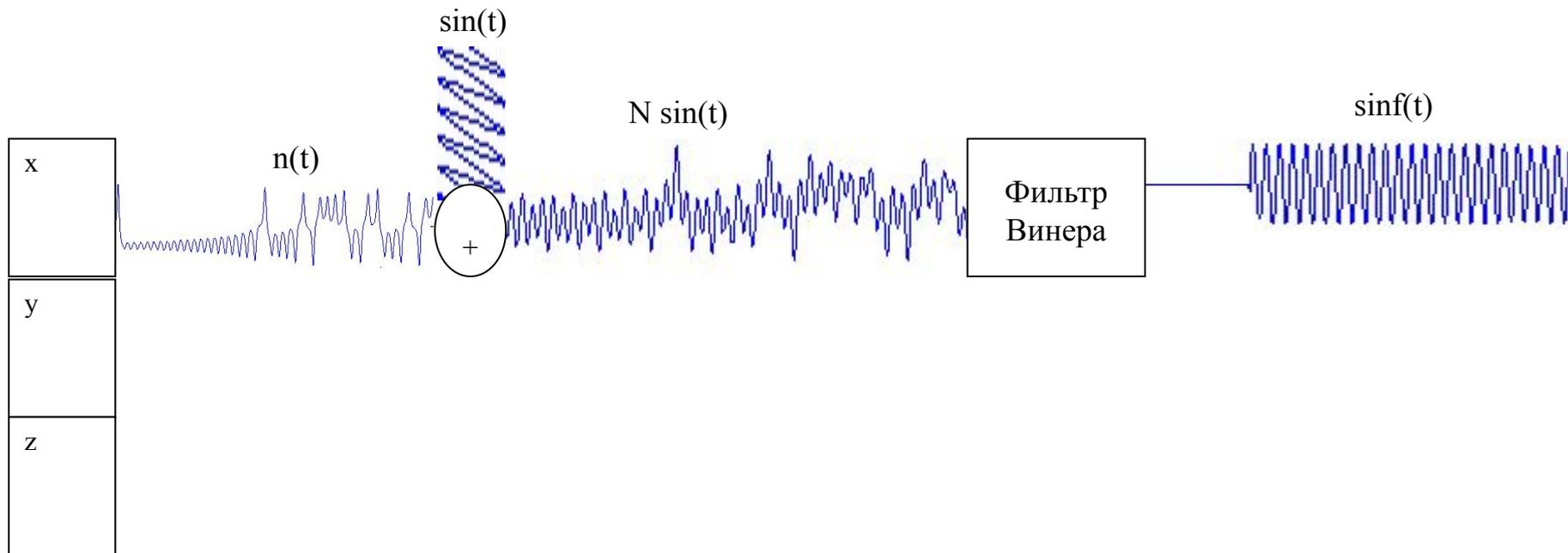


Используя выше упомянутый пример, мы можем увидеть, на что похожа геометрия синхронных аттракторов в фазовом пространстве. Начертим переменные  $x$ ,  $y$  и  $yg$ . В тот момент, когда  $yg = y$  мы увидим, что движение остается на плоскости, определенной этим равенством. Точно так же движение должно остаться на плоскости, определенной  $zr = z$ . Такие равенства определяют гиперплоскость в пяти-размерном пространстве состояний. Мы видим проекцию этого (в трехмерном измерении). Ограничение движения на гиперплоскости и существование идентичной синхронизации ~~реально~~ означает одно и то же.

# Использование модель Лоренца для восстановления полезного сигнала на фоне хаотического процесса.

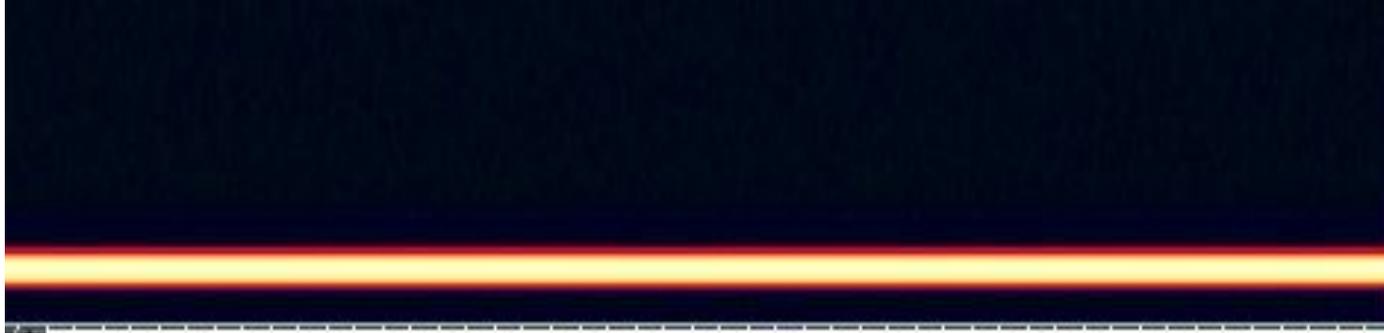
Для наглядности проведем несколько экспериментов с речевым и синусоидальным сигналами

## Эксперимент №1

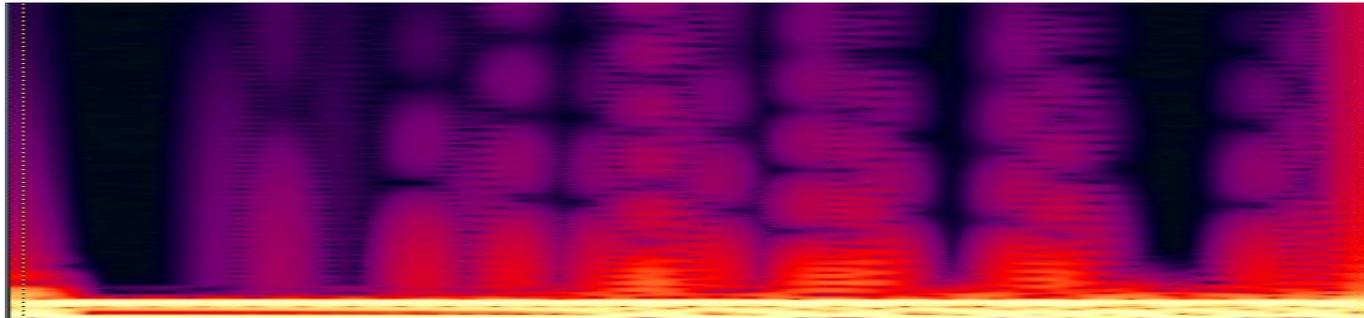


# Спектоктрограммы для синуса

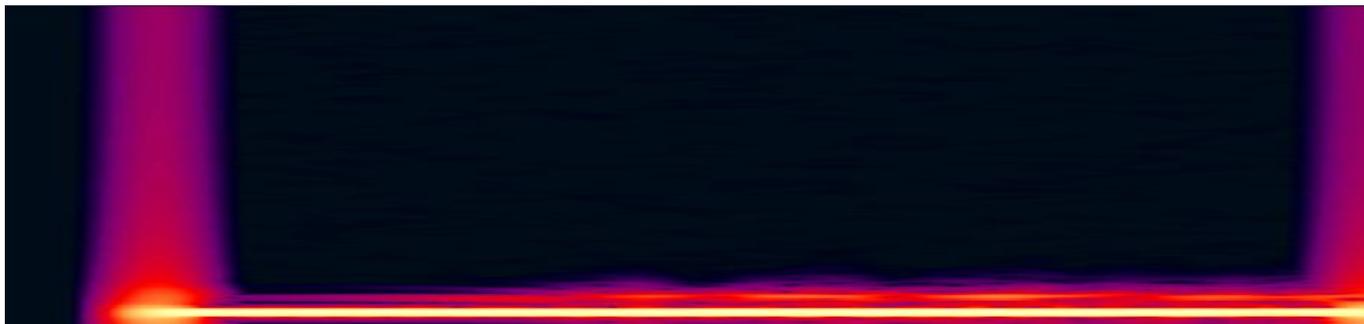
Спектр синуса



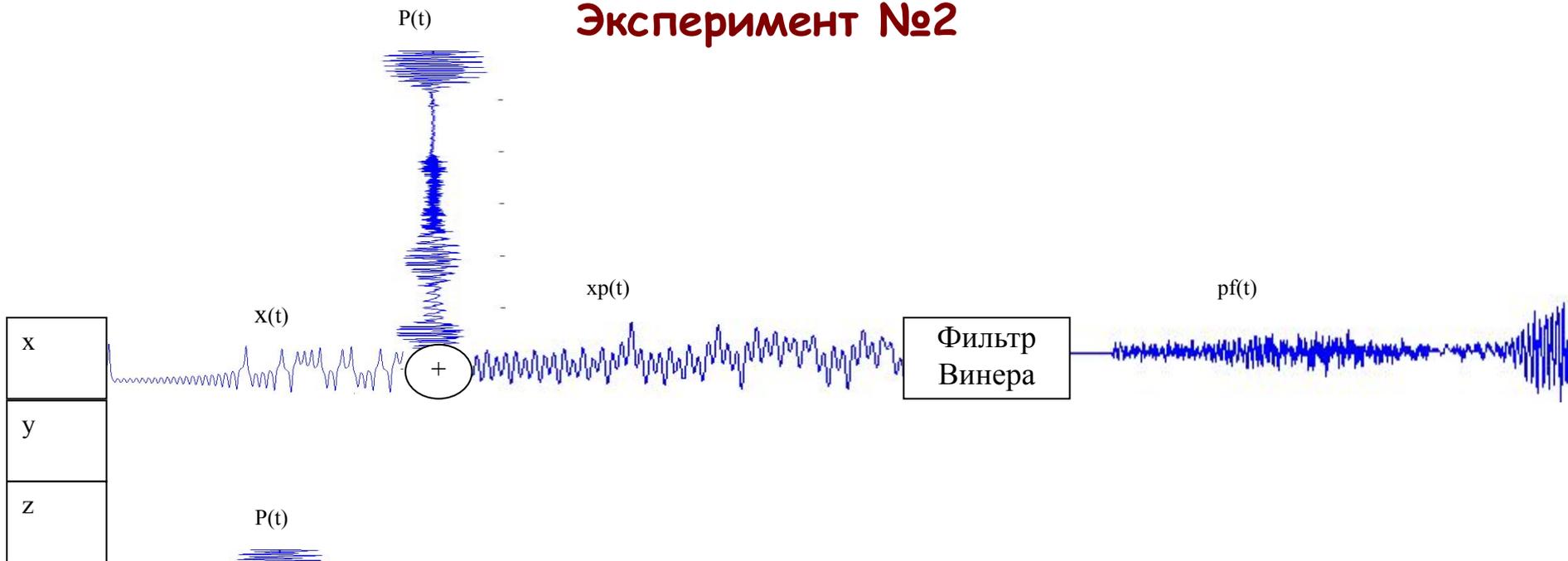
Спектр синуса +хаотический сигнал



Спектр после фильтра Винера.



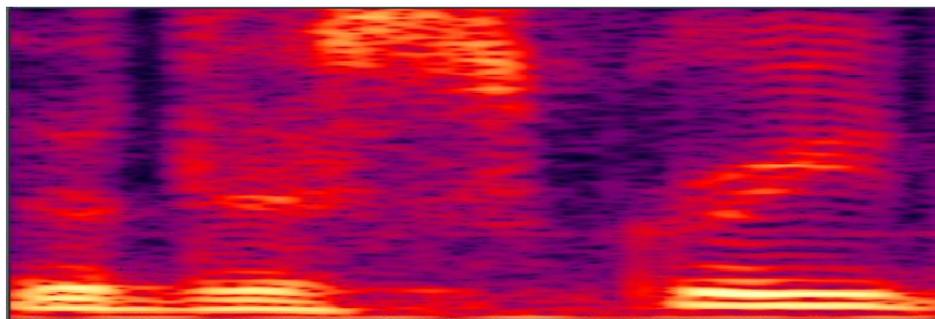
## Эксперимент №2



## Эксперимент №3



Спектр речевого сигнала  $P(t)$ .

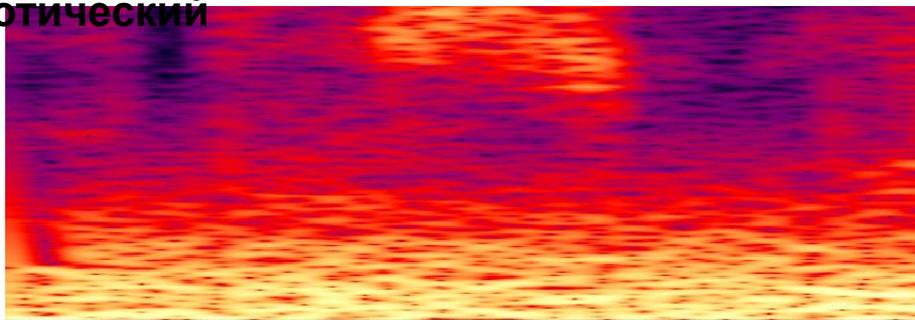


Спектрограммы  
Эксперимента №2

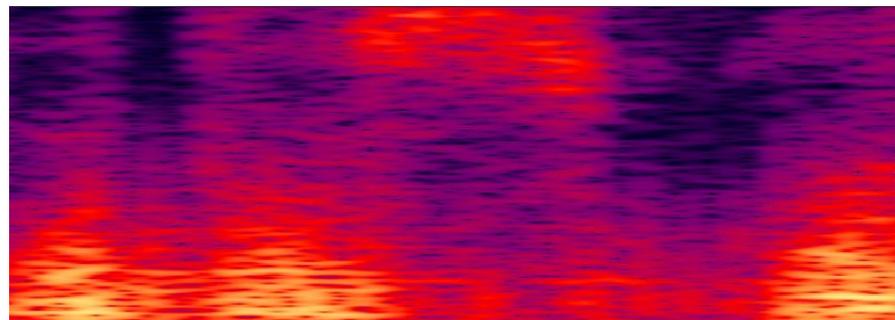
Спектрограммы  
Эксперимента №3

Спектр речевого сигнала +

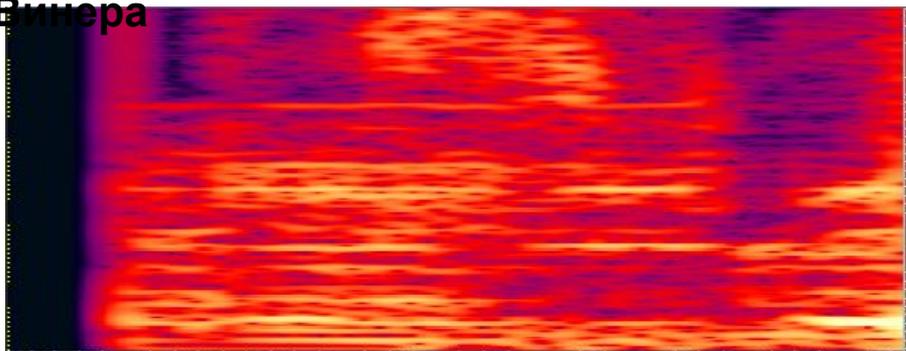
акустический



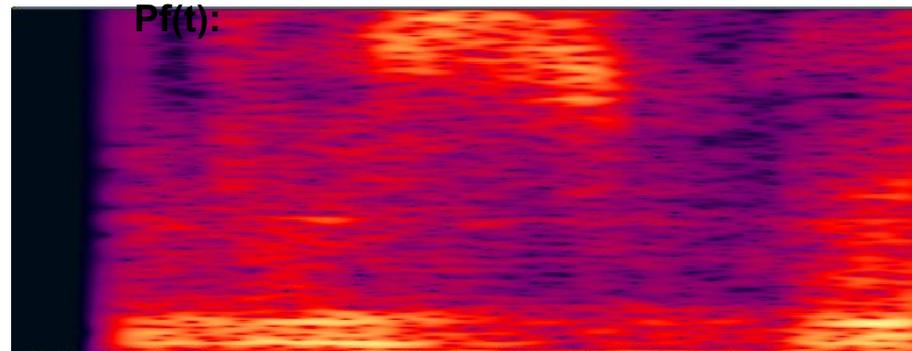
Спектр восстановленного речевого сигнала  $P_1$



Спектр речевого сигнала после фильтра  
Винера



Спектр  $P_1(t)$  после фильтра Винера  
 $P_f(t)$ :

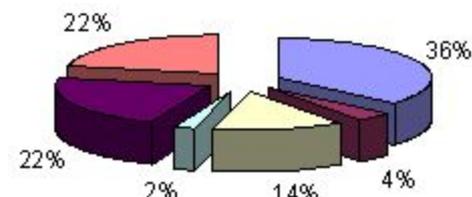


# Организационно-экономический раздел

Смета затрат на проведение исследования

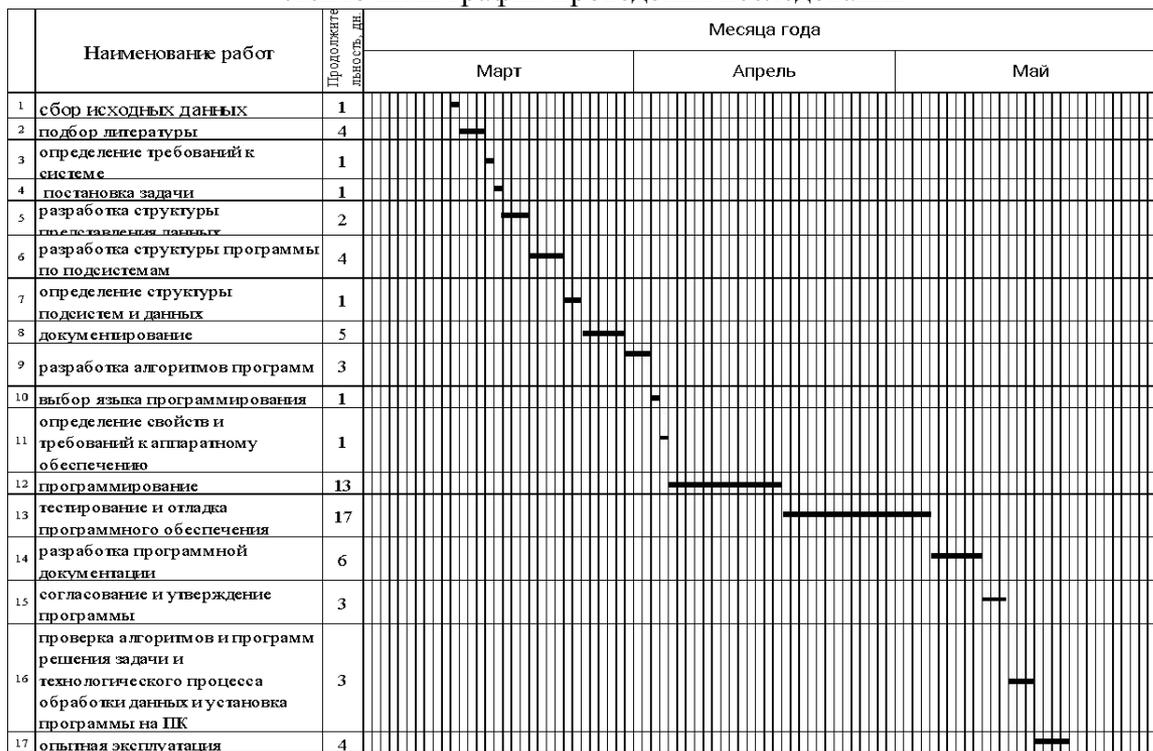
№	Наименование статей	Обозначение	Сумма, руб.
1	Основная заработная плата	С осн	47047,8
2	Дополнительная заработная плата	С доп	4704,78
3	Отчисления на социальные нужды	С соц	18423,918
4	Материалы	См	2600
5	Стоимость машинного времени	С маш.вр	27840
6	Накладные расходы	Сн.	28228,68
ИТОГО:			128845,17

Структура затрат на проведение исследования



Основные технико-экономические показатели проведения исследования

Ленточный график проведения исследования



Наименование показателя	Единицы измерения	Проектный вариант
Способ обработки информации	-	С применением ЭВМ и программных средств
Характеристики созданного ПО: язык программирования объем программы	- тыс. маш. к.	Matlab 6.0
Использованные технические средства: компьютер принтер	- -	AMD Athlon 1600 XP+, 512Mb HP DeskJet 1100
Количество разработчиков ПО	чел.	1
Продолжительность разработки ПО	календарных дней	86
Трудоемкость разработки ПО	чел. дней	76
Затраты на разработку ПО в том числе:	руб.	128845.17
стоимость расходных материалов	руб.	2600
основная заработная плата	руб.	47047.8
дополнительная з/п	руб.	4704.78
отчисления на социальные нужды	руб.	18423.918
накладные расходы	руб.	28228.68
стоимость машинного времени	руб.	27840

## Заключение

На основе проведенного анализа можно заключить, что методы синхронизации с использованием динамического хаоса являются перспективными, но для практического использования следует провести ряд дополнительных исследований:

- Поиск методов внедрения полезного сигнала в хаотическую несущую. При этом добавление должно происходить не путем сложения выхода системы и полезного сигнала, а интеграцией полезной составляющей внутрь математической модели.
- Внедрение нескольких полезных сигналов в один хаотический, т.е. решение задачи хаотического разделения канала с последующим восстановлением полезного сигнала на приемной стороне.