

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации
ГОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина»
Электромеханический факультет
Кафедра теоретической и прикладной механики

**Программно методический комплекс для обработки
результатов эксперимента в рамках курсового
проектирования**

Выполнил: Летучев И.А. студ. Гр 5-33,
ЭМФ
Руководитель: к.т.н, Огурцов Ф.Б

Иваново 2012

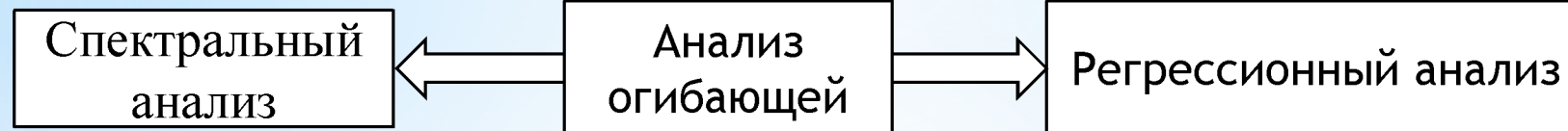
Цели:

- Создание программно методического комплекса для обработки результатов эксперимента в рамках курсового проектирования
- Улучшение усвоения материала студентами благодаря использованию комплекса
- Расширение программно методической базы кафедры ТиПМ
- Совершенствование практических навыков студентов в рамках курса «Автоматизация эксперимента»

Задачи:

- Произвести обзор современных методов цифровой обработки экспериментальных данных.
- Разработать модуль по теме «Спектральный анализ»
- Разработать модуль по теме «Выделение огибающей»
- Разработать модуль по теме «Регрессионный анализ»
- Провести ряд экспериментальных исследований и создать базу для курсового проектирования.
- Произвести апробацию комплекса на примере анализа вибрации электродвигателя постоянного тока.

Программно-методический комплекс



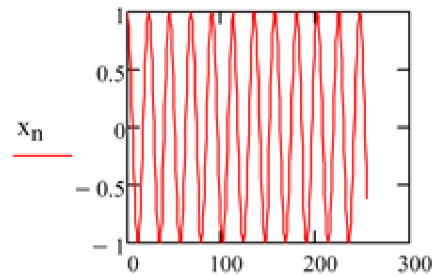
Амплитудный спектр
Фазовый спектр
Спектр огибающей

Сигнал
огибающей

Статистические характеристики
распределений

Пример использования модулей

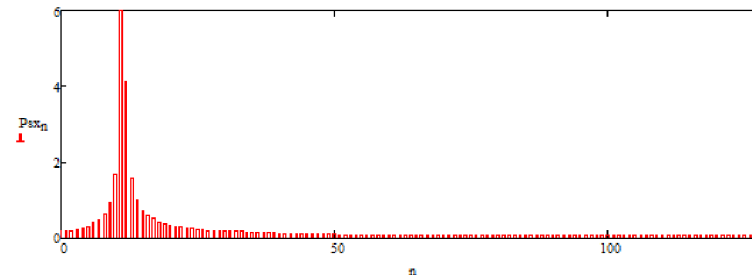
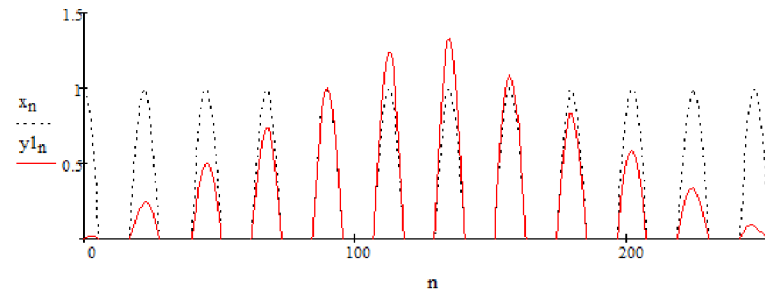
```
p := 8
N := 2p
n := 0..N - 1
N = 256
xn := cos $\left(\frac{11.4n \cdot 2 \cdot \pi}{N}\right)$ 
```



$y_{1n} := \sqrt{2}x_n \cdot w_{1n}$

```
X := fft(x)
Y1 := fft(y1)
```

```
Psx :=  $\sqrt{\text{Re}(X)^2 + \text{Im}(X)^2}$ 
Psy1 :=  $\sqrt{\text{Re}(Y1)^2 + \text{Im}(Y1)^2}$ 
```

$$w_{1n} := \begin{cases} \frac{2}{N-1} \cdot n & \text{if } n \leq \frac{N-1}{2} \\ \left(2 - \frac{2}{N-1} \cdot n\right) & \text{if } n > \frac{N-1}{2} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$


Алгоритм выделения огибающей

$$S_k := \sum_{n=0}^{N-1} \left(x_n \cdot e^{-i \frac{2\pi n \cdot k}{N}} \right)$$

$$X_k := \begin{cases} |S_k| \cdot e^{i \left(\arg(S_k) + \frac{\pi}{2} \right)} & \text{if } 0 < k < \frac{N}{2} - 1 \\ |S_k| \cdot e^{i \left(\arg(S_k) - \frac{\pi}{2} \right)} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$x1_n := \operatorname{Re} \left[\frac{1}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} \left(X_k \cdot e^{i \frac{2\pi n \cdot k}{N}} \right) \right]$$

$$A_n := \sqrt{(x_n)^2 + (x1_n)^2}$$

$$x_n := \sin \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot f2}{N} \cdot n \right) \cdot \left(1 - e^{-A1 \cdot n} \right) \cdot e^{-A2 \cdot n}$$

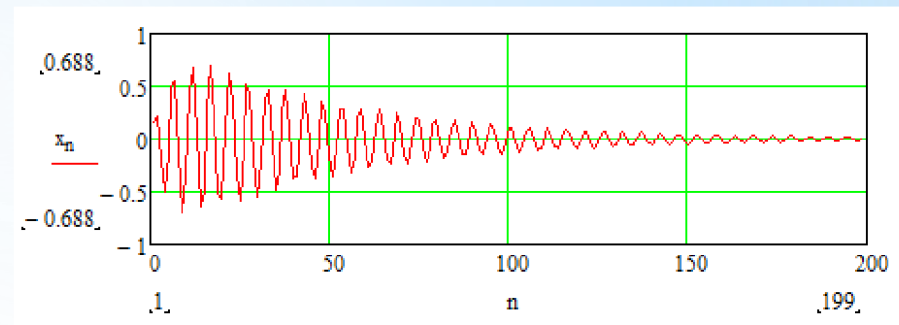
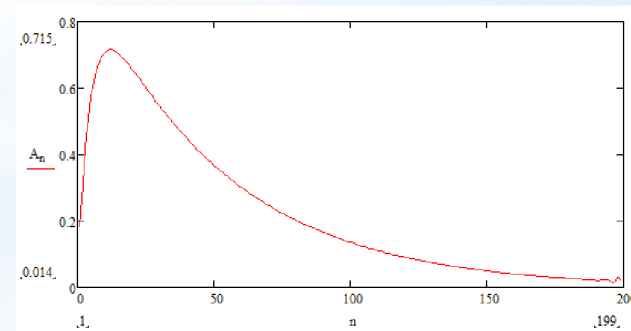


График исходного сигнала



Огибающая сигнала

Регрессионный анализ

- Пусть имеется вектор эмпирических данных

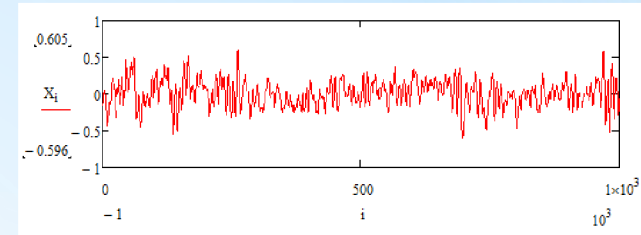
$$X1_i, i=0 \dots N-1,$$

где N – размер вектора $X1_i$.

Пусть имеется теоретическая модель

$$X2_i = f(A, b, \dots, i),$$

где $A, b, \dots, i$ – неизвестные параметры.

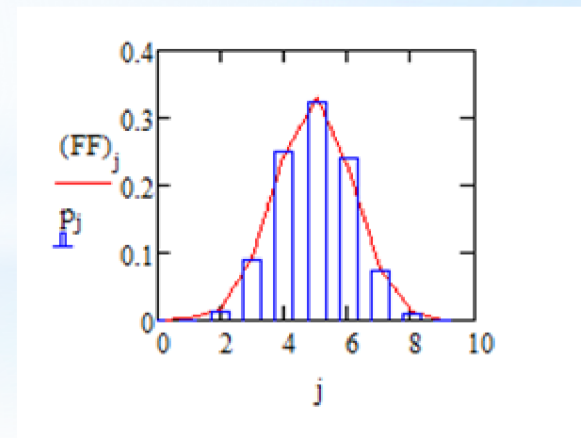


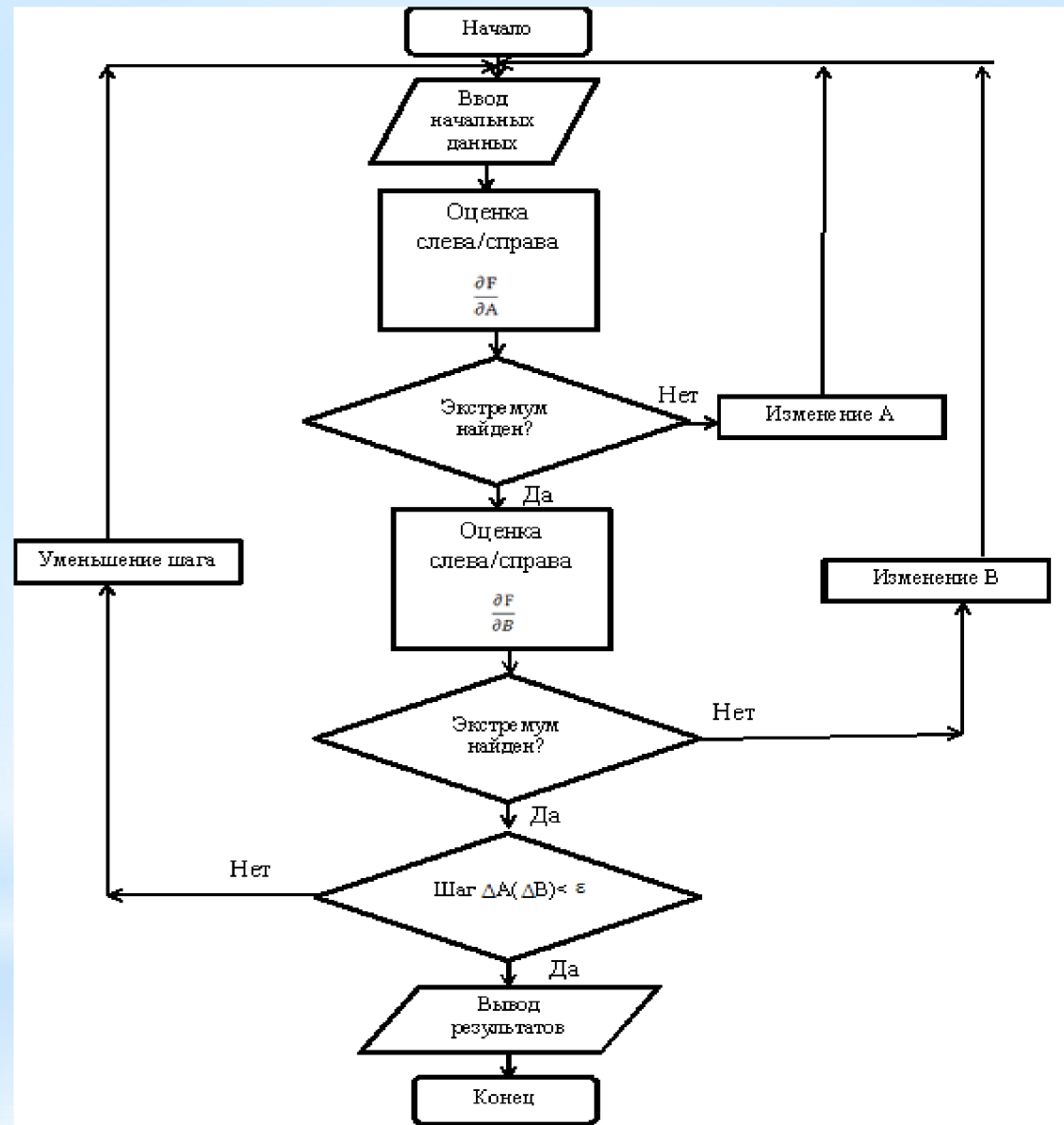
$$f(x_i, A, b) = A * e^{\frac{-(x_i)^2}{2b^2}}$$

- Условия минимума функционала

$$F = \sum_{i=0}^{N-1} (X1_i - X2_j)^2 \rightarrow 0$$

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial A} = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial b} = 0 \\ \dots \end{cases}$$





Результаты экспериментальных исследований

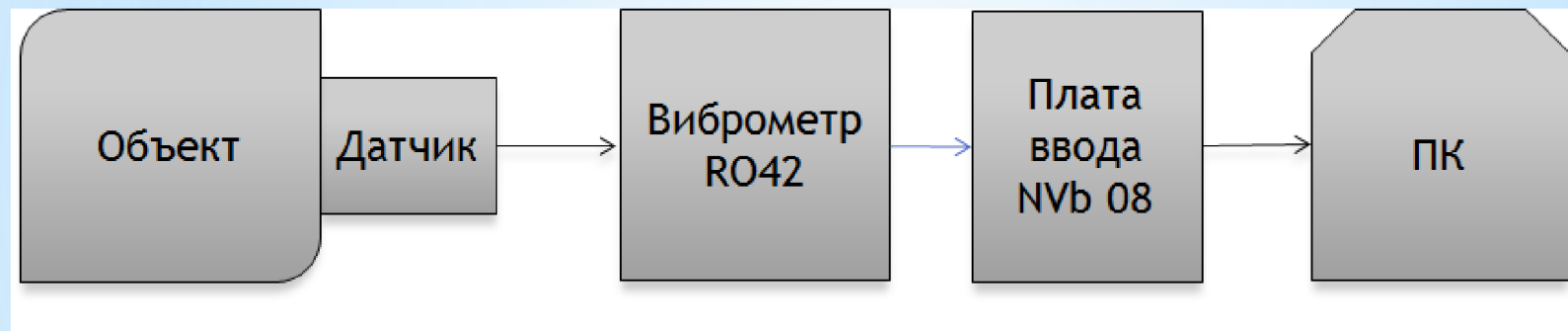
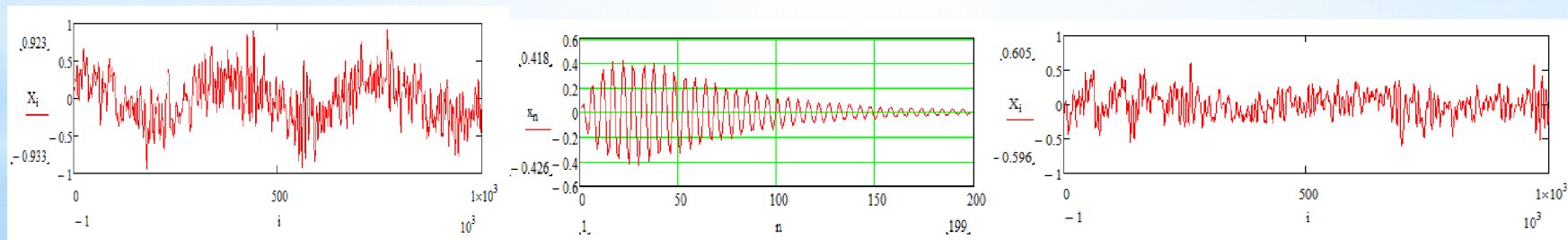


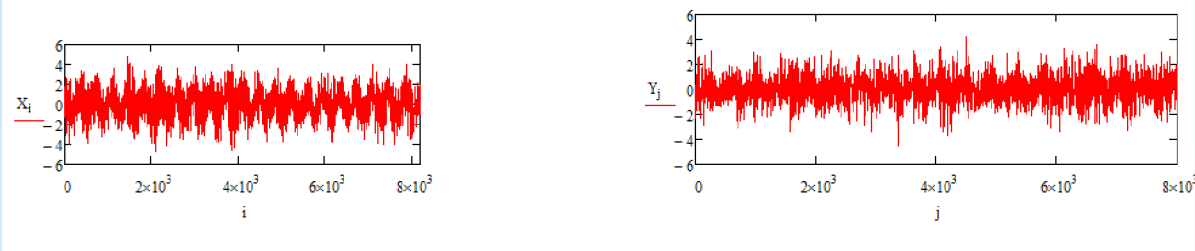
Схема проведения эксперимента



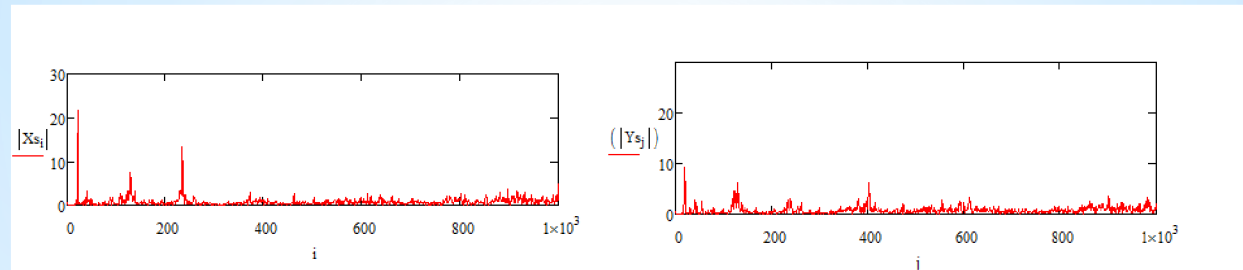
Сигналы виброускорения

Апробация комплекса

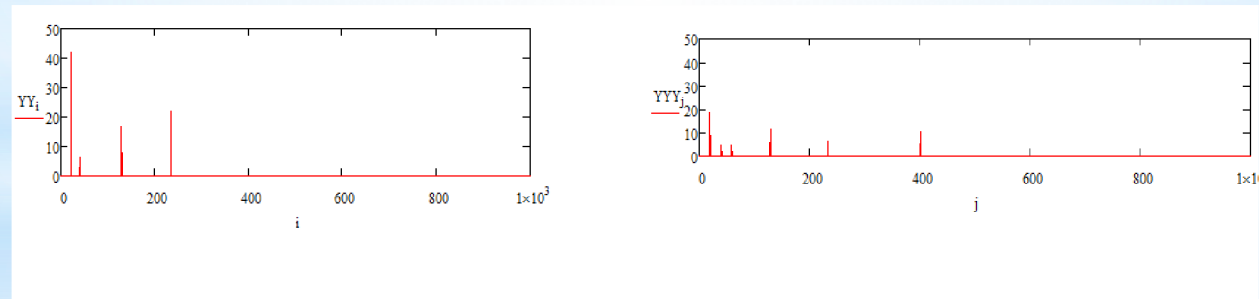
1



2



3



Выводы

- Произведен обзор современных методов цифровой обработки экспериментальных данных.
- Разработан модуль по теме «Спектральный анализ»
- Разработан модуль по теме «Выделение огибающей»
- Разработан модуль по теме «Регрессионный анализ»
- Проведены экспериментальных исследований и создание базы для курсового проектирования.
- Проведена апробация комплекса на примере анализа вибрации электродвигателя постоянного тока.