

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.И. ЛЕНИНА»

# Статистический анализ вибрации подшипников качения.

С.С. Попов, студ.; рук. Ф.Б. Огурцов к.т.н., доц.

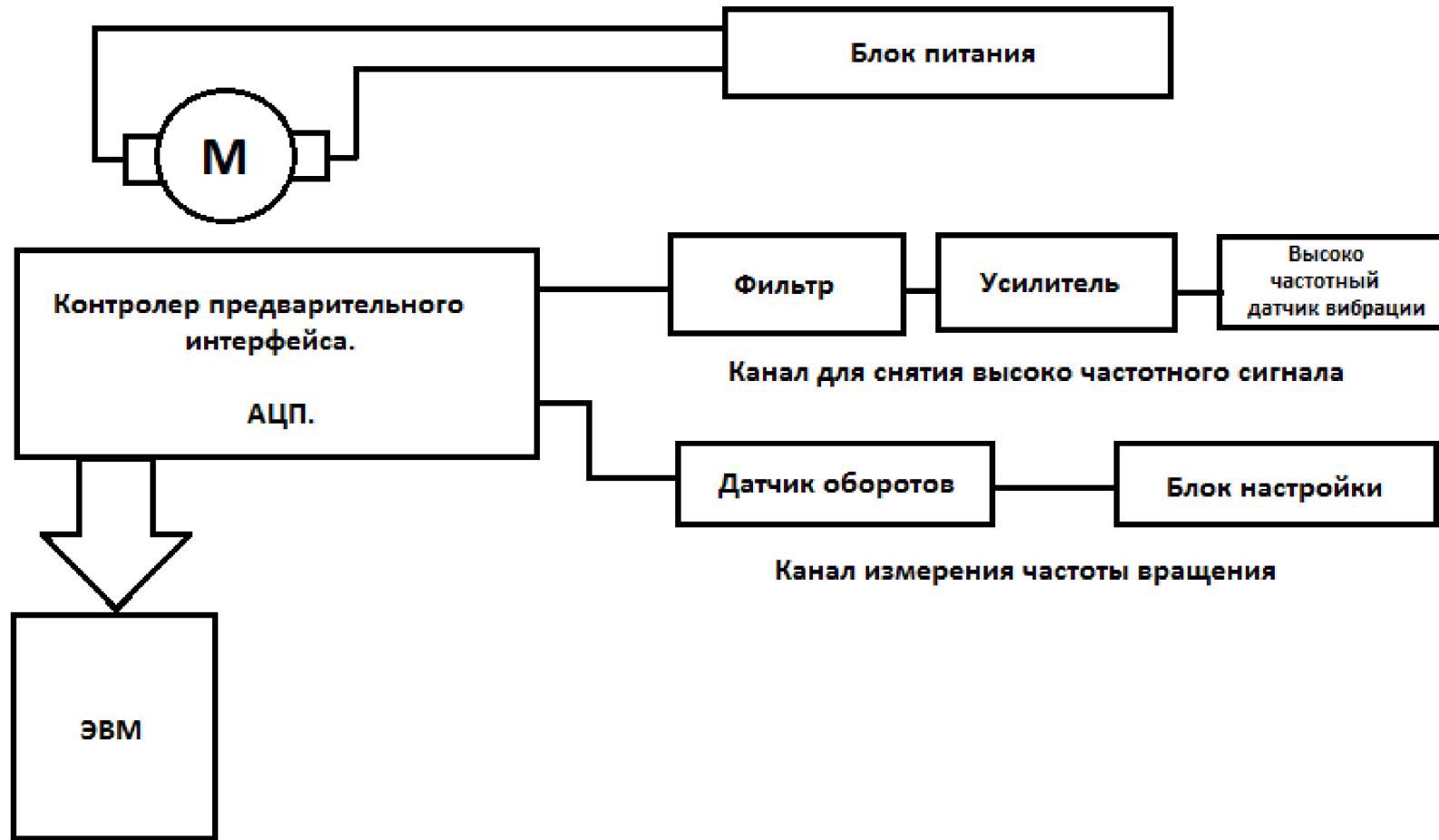
# Дефекты подшипников.

- Усталостное выкрашивание (расслоение) подшипника
- Поверхностное выкрашивание (шелушение) подшипника
- Заедание (заклинивание) подшипника
- Отиски (отпечатки) от деформации подшипника
  - Инкрустация инородных частиц
  - Коррозия подшипника
  - Контактная коррозия (фреттинг-коррозия) подшипника
- Образование кратеров (электрическая точечная коррозия подшипника)
- Образование дорожек (канавок) на подшипнике
- Надрывы
- Абразивный износ подшипника и неудовлетворительное состояние смазки

# Постановка задачи.

- Проведение экспериментальных исследований и накопление информативной базы для статистического анализа.
- Статистический анализ формы огибающей с целью оценки состояния смазки.

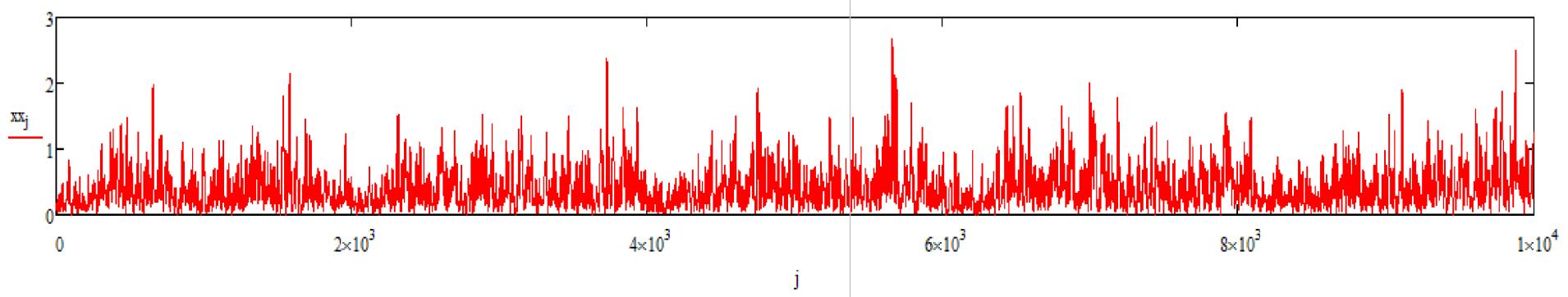
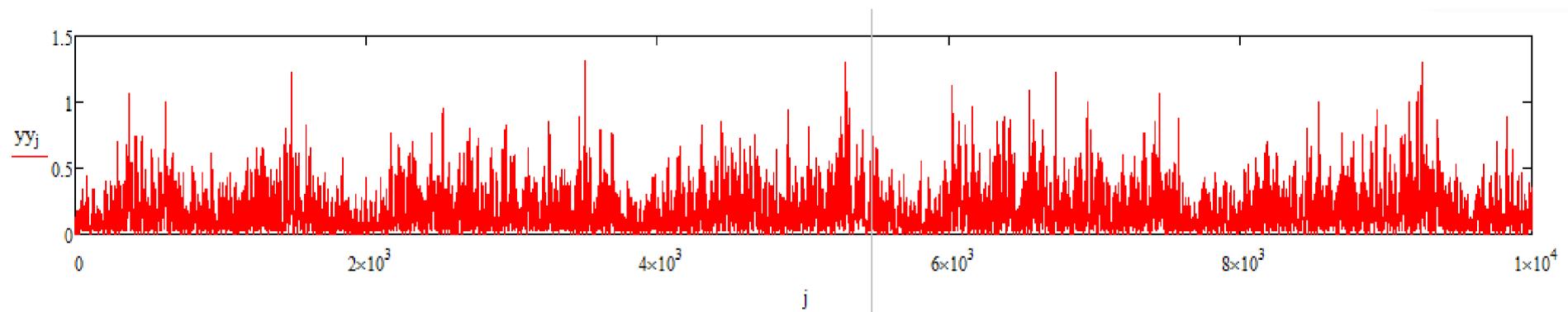
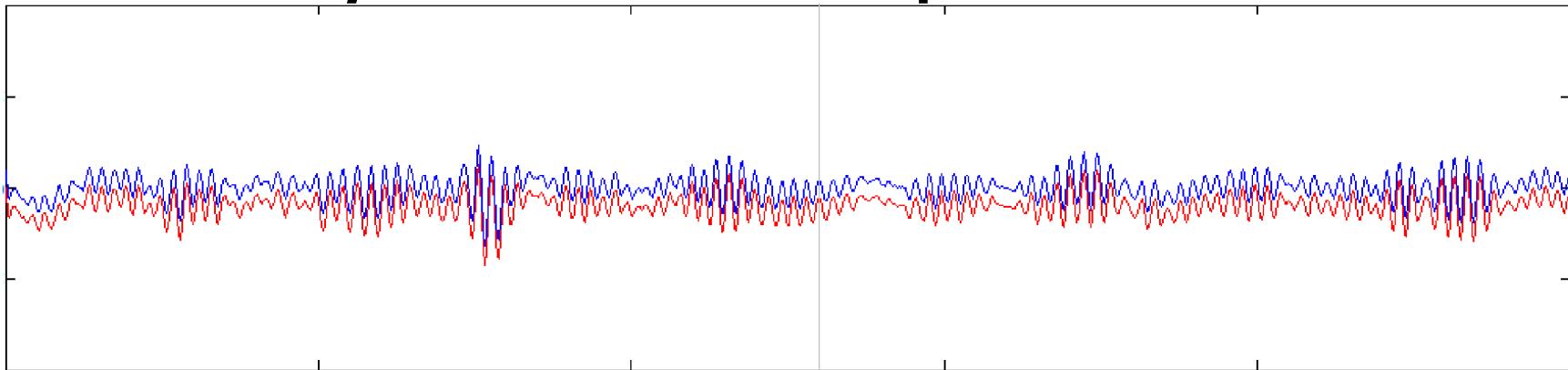
# Функциональная схема электрической части стенда.



# Внешний вид стенда.

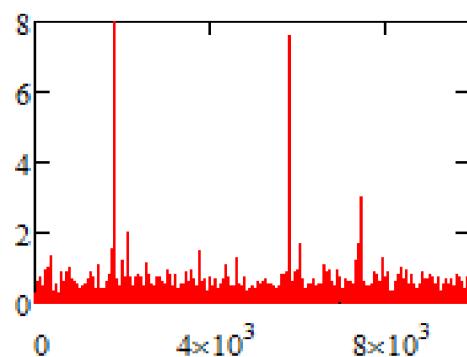


# Полученные вибросигналы.



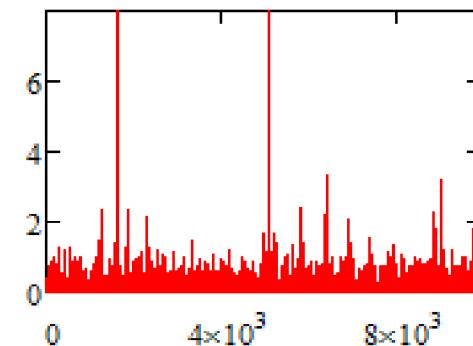
# Производная огибающей и гистограммы.

Положительная производная.

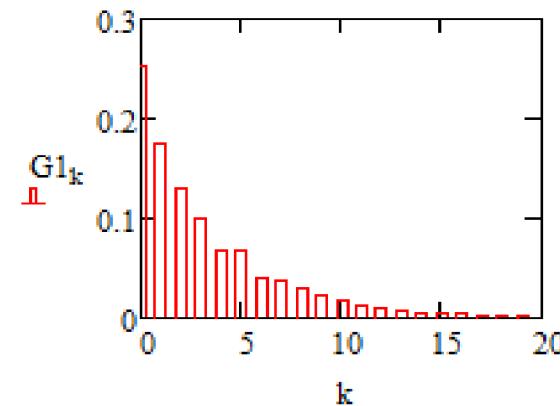
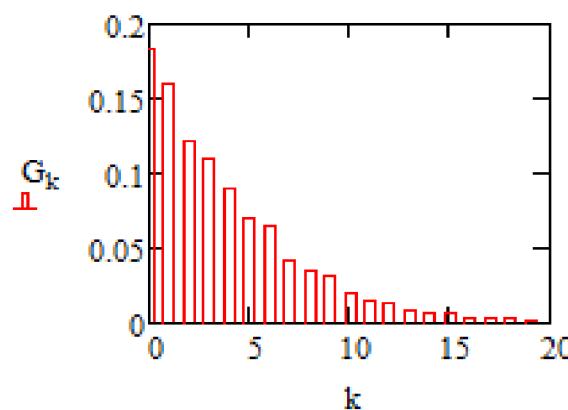


Гистограмма положительной производной.

Отрицательная производная



Гистограмма отрицательной производной.



# Регрессионный анализ.

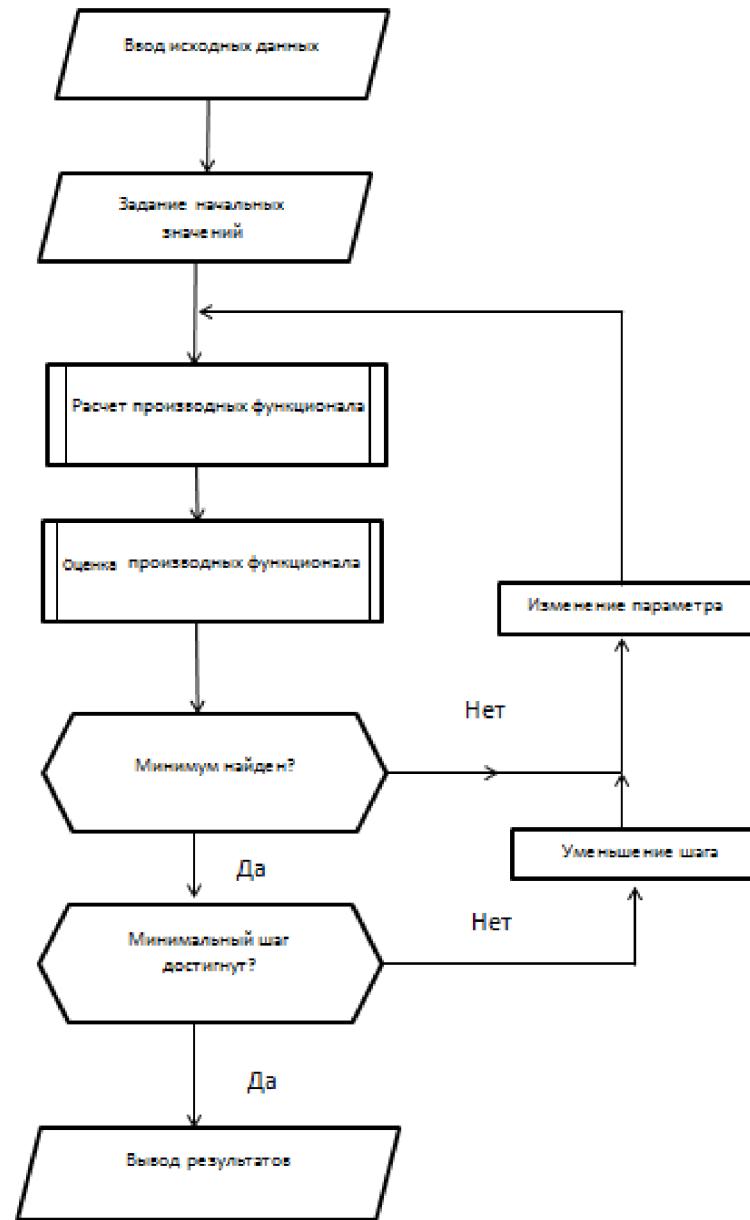
---

$$P_k := a \cdot (x_k)^b \cdot e^{c \cdot (x_k)^d}$$

$$F(a, b, c, d) := \sum (Y_i - P(x_i))^2 \rightarrow \min$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{da} F = 0 \\ \frac{d}{db} F = 0 \\ \frac{d}{dc} F = 0 \\ \frac{d}{dd} F = 0 \end{array} \right.$$

# Блок-схема программы.



# Диалоговое окно программы.

Form1

К-т а	<input type="text" value="0.25"/>	К-в точек (<=30)	<input type="text" value="20"/>
К-т б	<input type="text" value="0.05"/>		
К-т с	<input type="text" value="-1.90"/>	Имя файла Y	<input type="text" value="BssG.dat"/>
К-т д	<input type="text" value="0.99"/>	Имя файла X	<input type="text" value="fx.dat"/>
		<input type="button" value="Calc"/>	
нечаяка	<input type="text" value="0.000647"/>	<input type="button" value="Load"/>	
		<input type="button" value="Stop"/>	<input type="button" value="Ok"/>
<p>X = 0.063; 0.188; 0.313; 0.438; 0.563; 0.688; 0.813; 0.938; 1.063; 1.188; 1.313; 1.438; 1.563; 1.688; 1.813;</p> <p>Y = 0.188; 0.152; 0.150; 0.096; 0.079; 0.061; 0.051; 0.040; 0.032; 0.031; 0.022; 0.017; 0.014; 0.010; 0.009;</p> <p>0.191 ; 0.159 ; 0.129 ; 0.104 ; 0.083 ; 0.066 ; 0.053 ; 0.042 ; 0.033 ; 0.026 ; 0.021 ; 0.017 ; 0.013 ; 0.</p>			

# Результат обработки данных.

a=0.05	a=0.1	a=0.15	a=0.2
b=-0.53	b=-0.25	b=-0.1	b=0
c=-0.20	c=-0.93	c=-0.38	c=-1.68
d=3.66	d=1.83	d=1.36	d=1.16
a=0.25	a=0.3	a=0.35	a=0.4
b=0.05	b=0.11	b=0.15	b=0.19
c=-1.90	c=-2.1	c=-2.25	c=-2.39
d=0.99	d=0.92	d=0.88	d=0.84
a=0.45	a=0.5		
b=0.22	b=0.07		
c=-2.51	c=-1.94		
d=0.81	d=1.01		

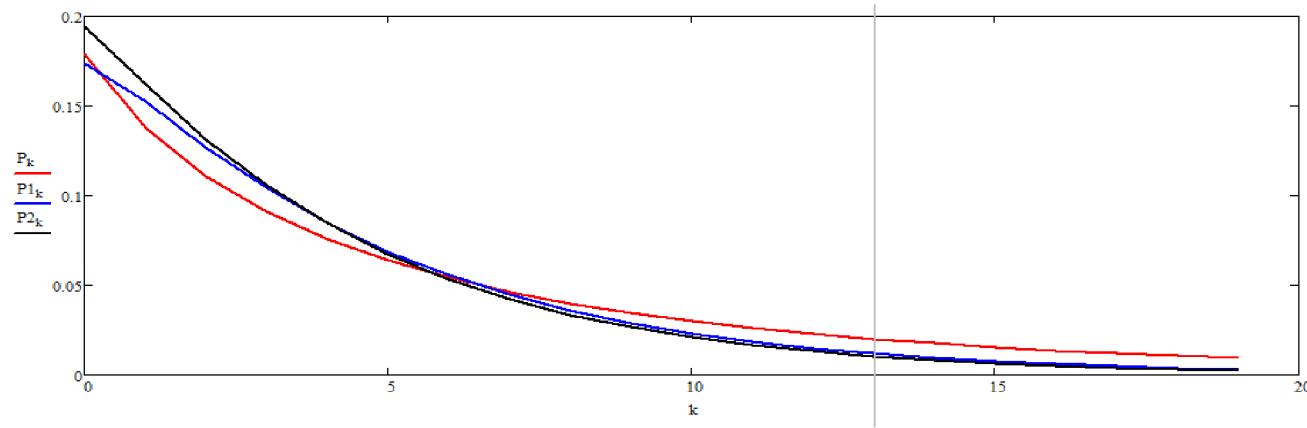
Результаты коэффициентов для смазанного подшипника 6203 8шариков.

a=0.05	a=0.1	a=0.15	a=0.2
b=-0.56	b=-0.3	b=-0.18	b=-0.10
c=-0.23	c=-0.99	c=-1.42	c=-1.72
d=2.79	d=1.21	d=0.9	d=0.79
a=0.25	a=0.3	a=0.35	a=0.4
b=0.03	b=0	b=0	b=0.1
c=-1.96	c=-2.12	c=-2.27	c=-2.45
d=0.76	d=0.68	d=0.59	d=0.69
a=0.45	a=0.5		
b=0.1	b=-0.03		
c=-2.56	c=-1.97		
d=0.62	d=0.74		

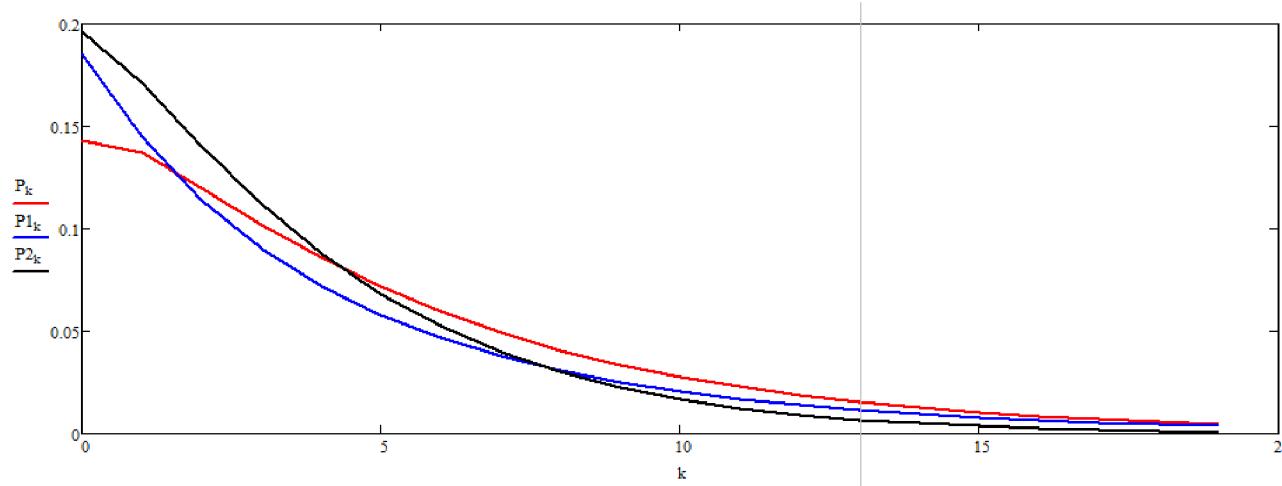
Результаты коэффициентов для несмазанного подшипника 6203 8шариков.

# Результаты регрессионного анализа.

- Подшипник 6203 8 шариков.



- Подшипник 203 7 шариков.



# Выводы.

- В ходе выполнения дипломного проекта была накоплена база исследуемых подшипников с разным ресурсом работы – один совершенно новый подшипник, два со средним состоянием и еще один подшипник имел дефект сепаратора. Был проведен ряд экспериментов со всеми исследуемыми подшипниками, в результате чего получены файлы экспериментальных, содержащие значения амплитуд ударных импульсов, временных интервалов появления очередного ударного импульса. С помощью разработанного в системе MathCad программного обеспечения проведен статистический анализ результатов эксперимента, снятых с четырех подшипников разной степени износа и состояния смазки, регрессионный анализ результатов с помощью программы написанной на языке DELPHI. Были выявлены диагностические признаки, накоплена статистика, которая может быть использована для дальнейшего изучения разрабатываемого метода диагностики.
- В экономической части дипломного проекта проведен функционально-стоимостный анализ, служащий для поиска эффективных решений в процессе разработки лабораторного стенда и метода при сохранении и повышения их качества и полезности, уменьшении затрат. В разделе «Безопасность и экологичность» для обеспечения оптимальных условий работы экспериментатора рассмотрены потенциальные опасности и меры их предотвращения при эксплуатации стенда.

**Спасибо за внимание!**