Балтийский Государственный Технический
Университет им. Д.Ф.Устинова « Военмех»

Лабораторная работа
по курсу:
«Теория Механизмов и Динамика Машин»

на тему:
«структурный и кинематический анализ рычажного механизма»

вариант 3-15

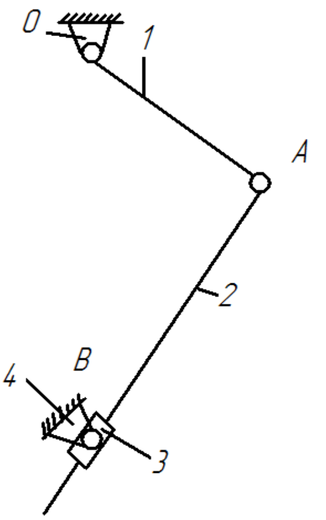
выполнила:
студентка 3 курса
группы К-571
Федорова Юлия

проверил:
Лавров В.Ю.

Санкт-Петербург.
2010.

структурный анализ механизма:

На рисунке представлена схема исследуемого рычажного механизма, состоящего из трех звеьев, два из которых подвижны. Где 1 — кривошип, 2 — шатун, 3 — кулиса, 0,4 — неподвижные шарнирные опоры.



Пасиивных звеньев в механизме нет. Число степеней свободы механизма по формуле Чебышева для плоских механизмов:

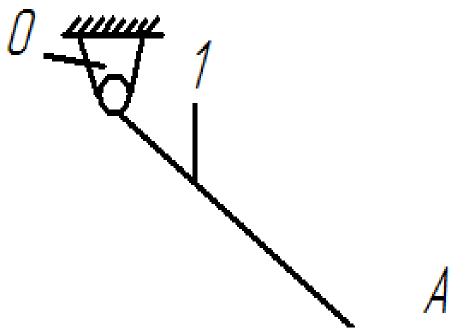
$W = 3n - 2P_к - P_в$ W=3*3-2*4=1.

Где n — число подвижных звеньев,

Pк — количество кинематических пар к-ого класса.

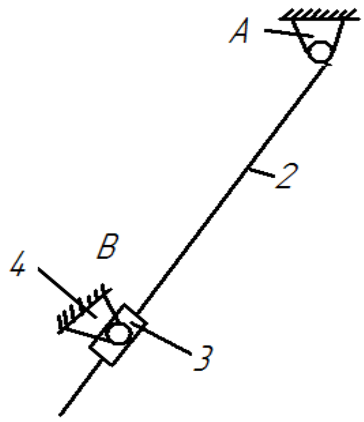
Структурное деленеие механизма:

Входное звено- кривошип :



W=3*1-2*1=1

Структурные группы:



W=3*2-2*3=0

Обе структурные группы имеют 2-й класс, 2-й порядок, следовательно, и весь механизм является механизмом 2-го класса, 2-го порядка.

Кинематический анализ механизма:

Кинематический анализ механизма производится экспериментально=теоретически. Функцию положения F(φ) кулисы – 3 в зависимости от угла поворота кривошипа получаем экспериментально.

Будем считать.ю что кривошип вращается равномерно с $\omega_1 = 50\ c^{-1}$, будем исследовать характер движения кулисы — 3 за 1 цикл, которым является 1 полный оборот кривошипа.

Полагая, что кривошип вращается равномерно, можем сказать что φ=ωt. Получаем функцию положения от времени F(t), её разлагаем в ряд Фурье и дифференциированием ряда определяем зависимости скорости V(t) и ускорения A(t) кулисы. При этом необходимо решить влопрос о достаточном числе членов ряда.

Разложение функции в ряд Фурье означает её приближенную замену тригонометрическим полиномом вида:

$$F_{\Phi}(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{j=1}^{n}\left[A_j\cos(\omega_j t) + B_j\sin(\omega_j t)\right] = \frac{A_0}{2} + \sum_{j=1}^{n} C_j\sin(\omega_j t + \alpha_j)$$

Где T = 2π, ω = 2π/50 – 0,1256 с – время полного оорота кривошипа.

$C=\sqrt{A_j^2+B_j^2}$ - амплитуда сигнала на j-той частоте

Частота сигнала для j-й гармоники $\theta_j = 2\pi jT$.

Поскольку в данном случае функция F(t) задана таблицей значений в конечном числе точек m, то максимальное число членов ряда n=m/2=24/2=12.

Формулы для вычисления коэффициента ряда Фурье при табличном задании функции:

$$A_j = \frac{2}{m}\sum_{i=0}^{m-1} F_i\cos\left(2\pi j\frac{i}{m}\right); \qquad B_j = \frac{2}{m}\sum_{i=0}^{m-1} F_i\sin\left(2\pi j\frac{i}{m}\right)$$

Где F_i - занчения функции F(t) при t = 0,1,2,3,...m-t

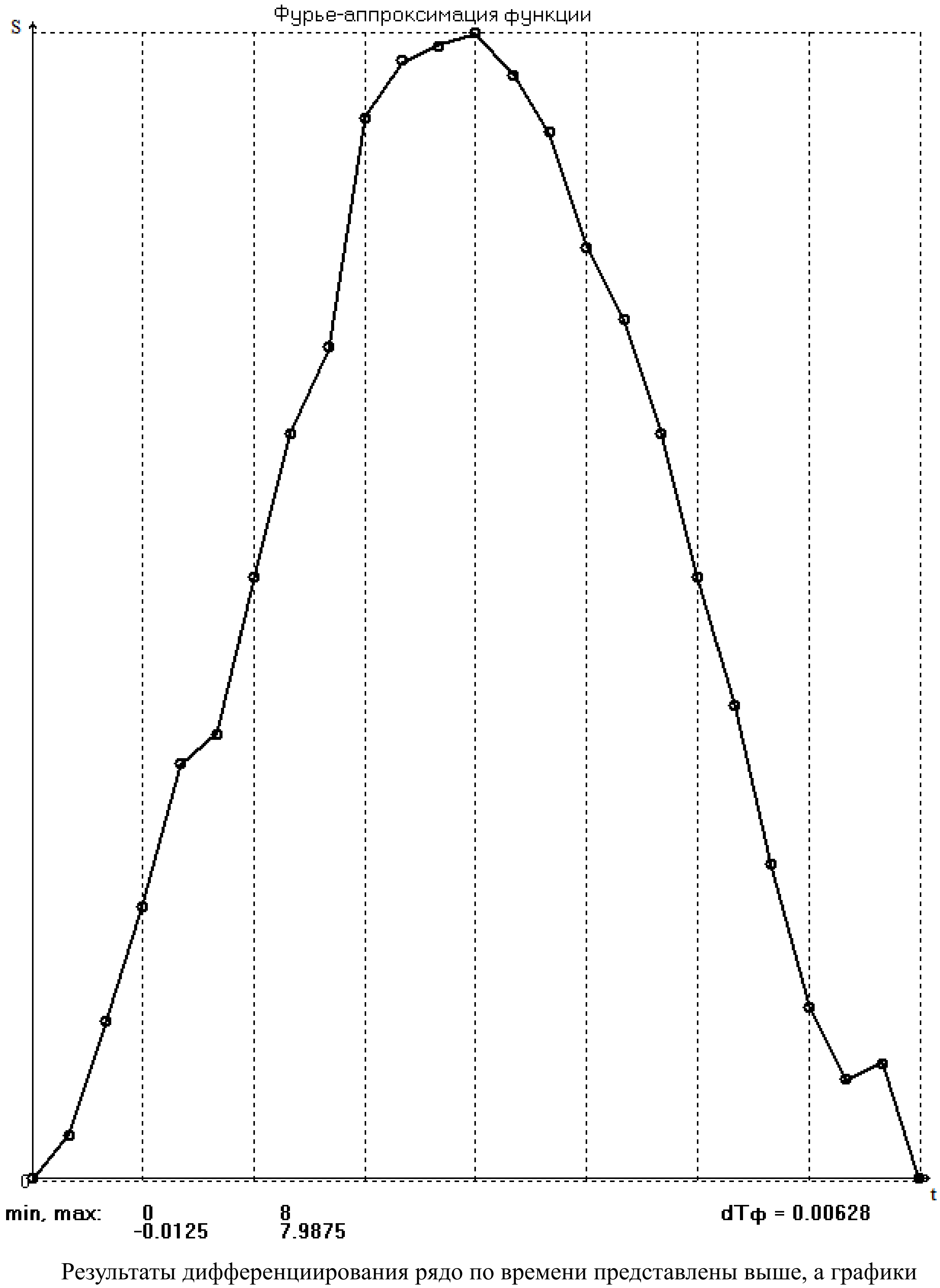
В таблице ниже приведена экспериментальная зависимость функции перемещения кулисы F(φ) с шагом Δ φ — 15° по углу поворота кривошипа:

φ°	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
x,см	19,1	19,4	20,2	21	22	23,2	24,3	25,6	25,9	26,5	26,9	27	27,6
S	0	0,3	1,1	1,9	2,9	3,1	4,2	5,2	5,8	7,4	7,8	7,9	8
φ°	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	
x,см	26,8	26,4	25,6	25,1	24,3	23,3	22,4	21,3	20,3	19,8	19,3	19,1	
S	7,7	7,3	6,5	6	5,2	4,2	3,3	2,2	1,2	0,7	0,2	0	

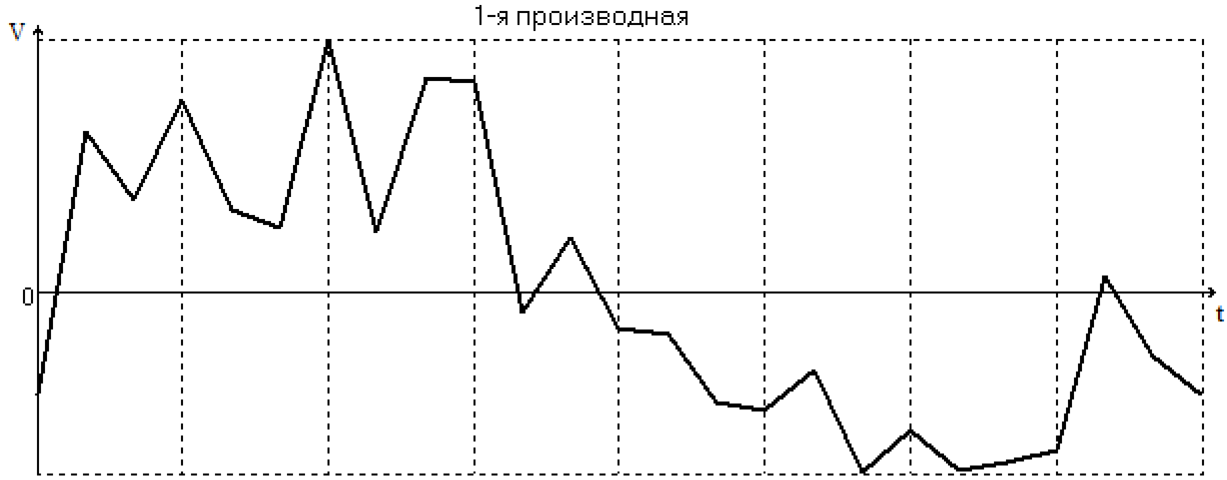
Шаг по времени при этом Δ t = Δ φ* ω = 15π/ (50*180) = 0,00628 с.

Обработку данных эксперимента проведем с помощью программы ApproxFSP.

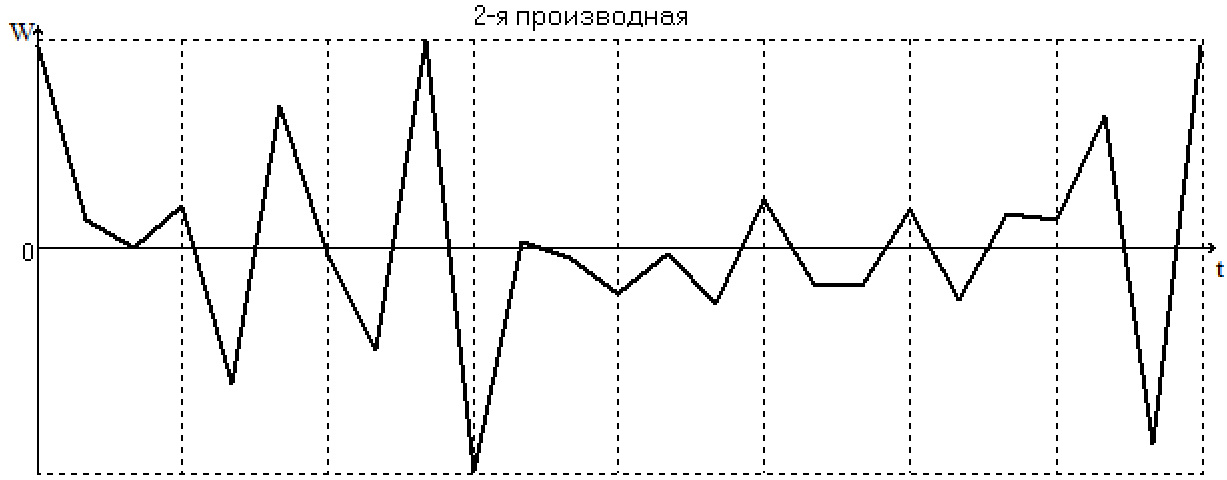
На первом этапе разложим F(t) в ряд с максимально возможноым числом членов. N=12. В этом случае значения ряда Фурье практически совпадают со данными эксперимента.



Результаты дифференциирования рядо по времени представлены выше, а графики скорости и ускорений ниже:



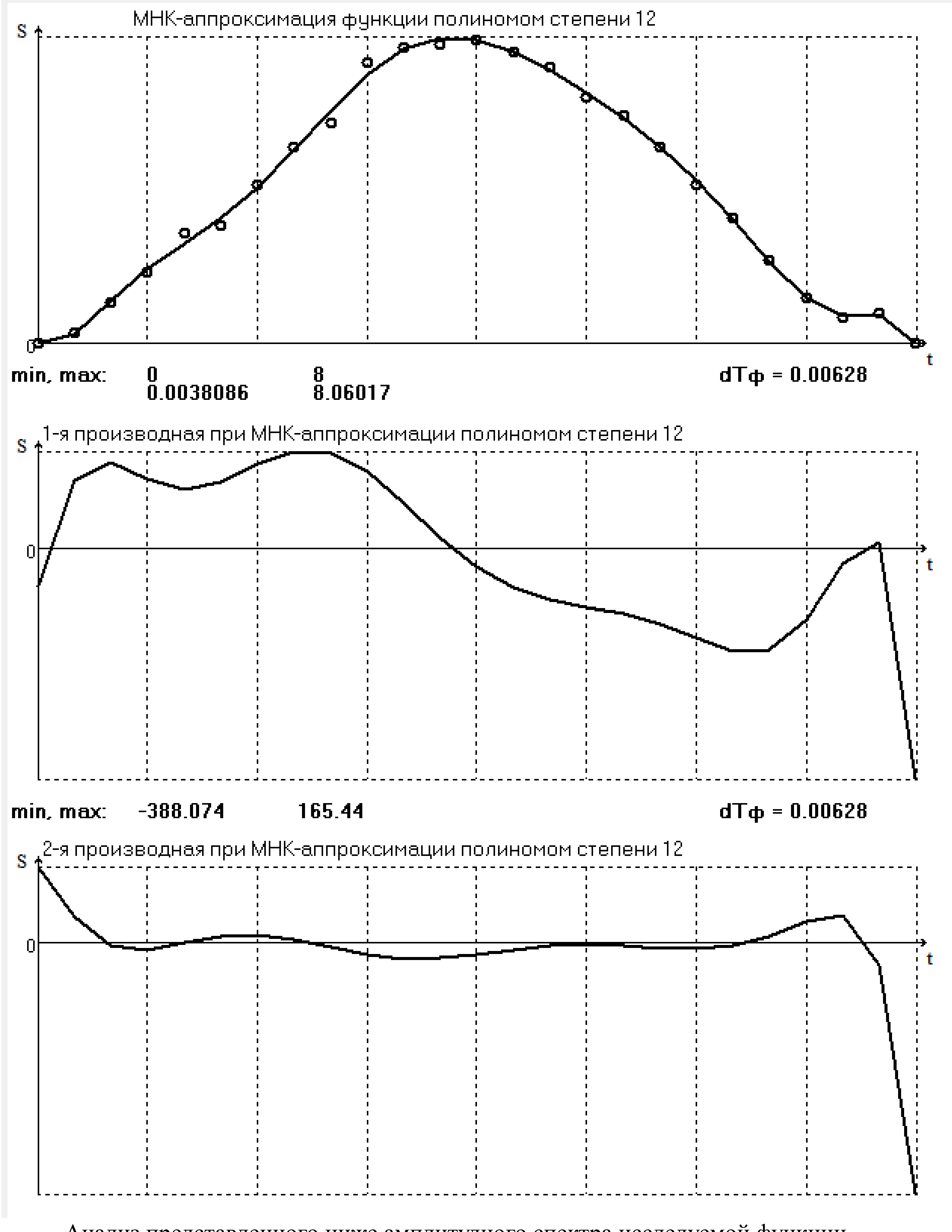
min, max: -173.363 242.152



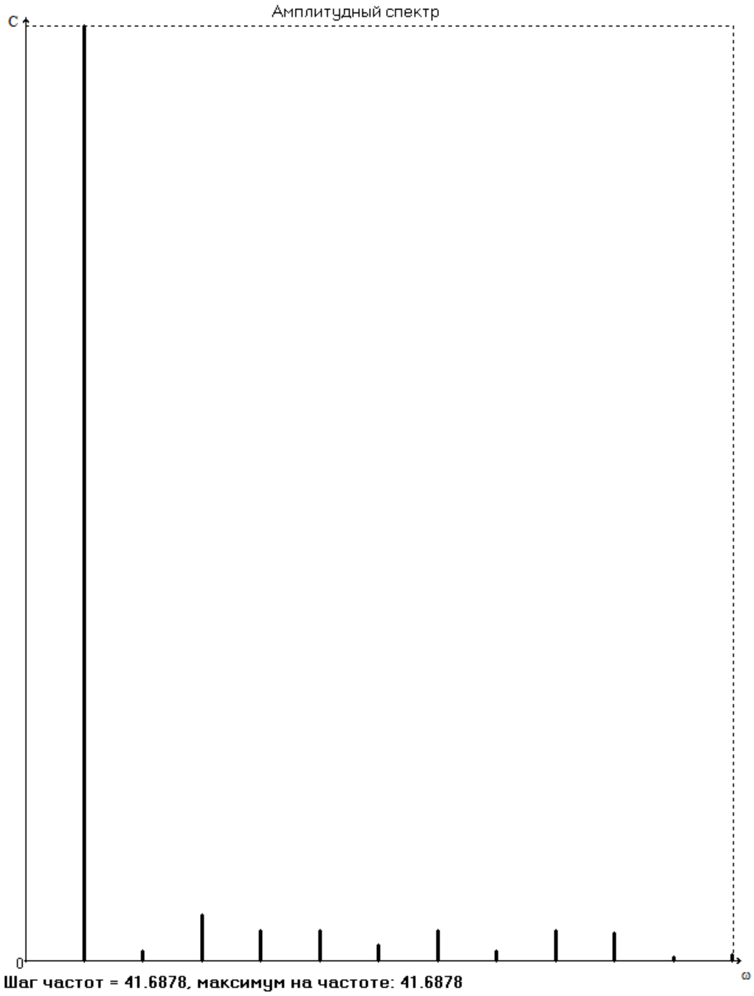
min, max: -49280.5 45938.9

На графике скорости и особенно ускорения видны поразитные осциляции, вызванные погрешностями замера занчений F(t), появляется необходимость сглаживания этих зависимостей.

i	t, c	S, м	Ряд	Произв-я 1
0	0.000e+00	0.000e+00	-1.250e-02	-9.782e+01
1	6.280e-03	3.000e-01	3.125e-01	1.542e+02
2	1.256e-02	1.100e+00	1.087e+00	8.841e+01
3	1.884e-02	1.900e+00	1.913e+00	1.856e+02
4	2.512e-02	2.900e+00	2.888e+00	7.892e+01
5	3.140e-02	3.100e+00	3.113e+00	6.282e+01
6	3.768e-02	4.200e+00	4.188e+00	2.422e+02
7	4.396e-02	5.200e+00	5.213e+00	5.904e+01
8	5.024e-02	5.800e+00	5.788e+00	2.052e+02
9	5.652e-02	7.400e+00	7.413e+00	2.012e+02
10	6.280e-02	7.800e+00	7.788e+00	-2.016e+01
11	6.908e-02	7.900e+00	7.913e+00	5.234e+01
12	7.536e-02	8.000e+00	7.988e+00	-3.609e+01
13	8.164e-02	7.700e+00	7.713e+00	-4.193e+01
14	8.792e-02	7.300e+00	7.288e+00	-1.066e+02
15	9.420e-02	6.500e+00	6.513e+00	-1.136e+02
16	1.005e-01	6.000e+00	5.988e+00	-7.475e+01
17	1.068e-01	5.200e+00	5.213e+00	-1.734e+02
18	1.130e-01	4.200e+00	4.188e+00	-1.323e+02
19	1.193e-01	3.300e+00	3.313e+00	-1.713e+02
20	1.256e-01	2.200e+00	2.188e+00	-1.630e+02
21	1.319e-01	1.200e+00	1.213e+00	-1.529e+02
22	1.382e-01	7.000e-01	6.875e-01	1.599e+01
23	1.444e-01	8.000e-01	8.125e-01	-6.214e+01
24	1.507e-01	0.000e+00	-1.250e-02	-9.782e+01

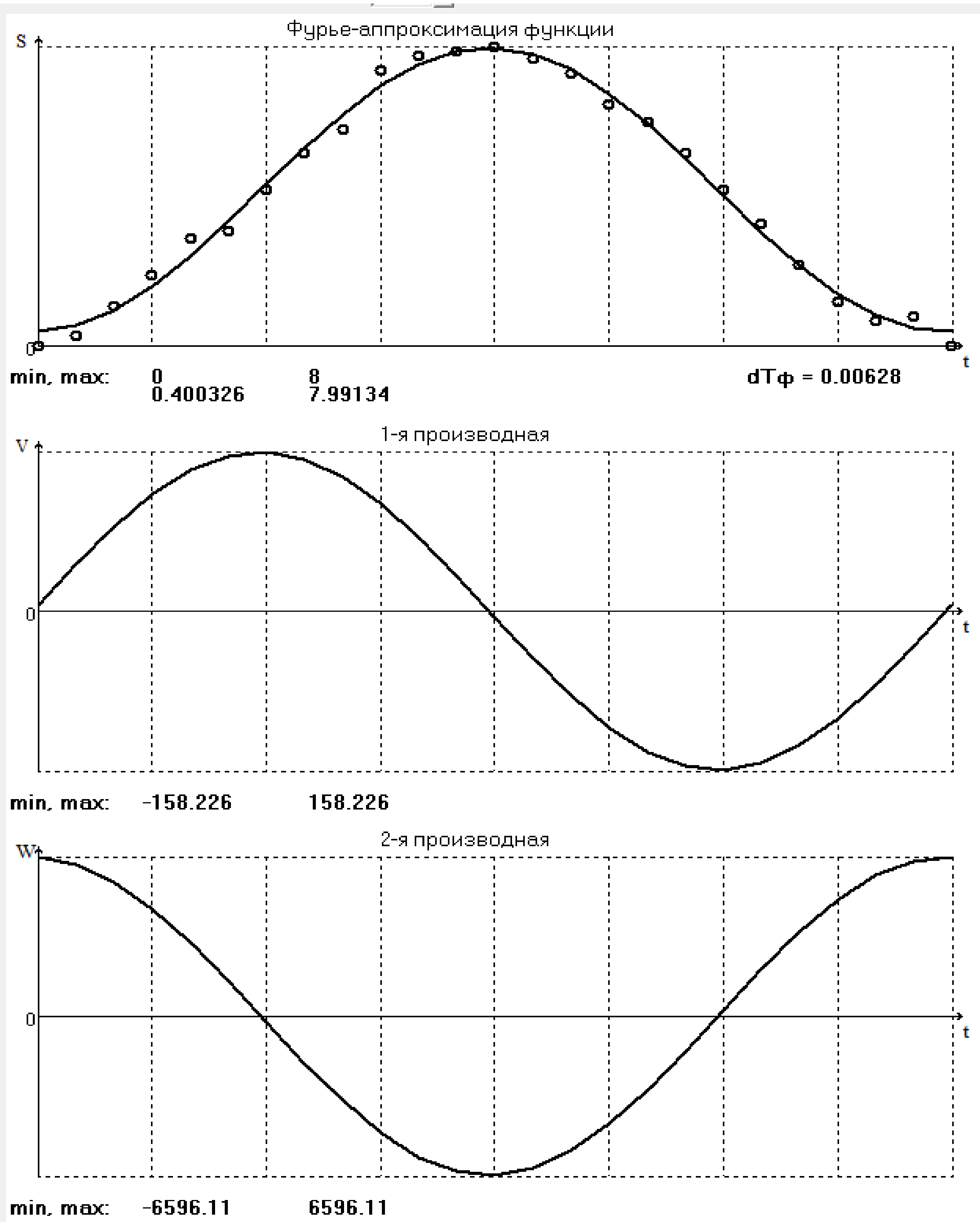


Анализ представленного ниже амплитудного спектра исследуемой функции показывает, что существенными крома Ао/2 являяются лишь слагаемые ряда соответсвующие 1-й частоте, поэтому проведем разложение в ряд и аппроксимацию функции с учетом только этой частоты. Ниже приведены так же и результаты такой обрабоки, иллюстрирующие эффект сглаживания.



Шаг частот = 41.6878, максимум на частоте: 41.6878

i	t, c	S, м	Ряд	Произв-я 1	Произв-я 2
0	0.000e+00	0.000e+00	4.003e-01	6.057e+00	6.596e+03
1	6.280e-03	3.000e-01	5.673e-01	4.680e+01	6.306e+03
2	1.256e-02	1.100e+00	9.815e-01	8.436e+01	5.586e+03
3	1.884e-02	1.900e+00	1.615e+00	1.162e+02	4.486e+03
4	2.512e-02	2.900e+00	2.424e+00	1.401e+02	3.079e+03
5	3.140e-02	3.100e+00	3.354e+00	1.544e+02	1.463e+03
6	3.768e-02	4.200e+00	4.341e+00	1.582e+02	-2.525e+02
7	4.396e-02	5.200e+00	5.319e+00	1.513e+02	-1.951e+03
8	5.024e-02	5.800e+00	6.219e+00	1.340e+02	-3.517e+03
9	5.652e-02	7.400e+00	6.982e+00	1.076e+02	-4.843e+03
10	6.280e-02	7.800e+00	7.555e+00	7.387e+01	-5.839e+03
11	6.908e-02	7.900e+00	7.900e+00	3.510e+01	-6.437e+03
12	7.536e-02	8.000e+00	7.991e+00	-6.057e+00	-6.596e+03
13	8.164e-02	7.700e+00	7.824e+00	-4.680e+01	-6.306e+03
14	8.792e-02	7.300e+00	7.410e+00	-8.436e+01	-5.586e+03
15	9.420e-02	6.500e+00	6.777e+00	-1.162e+02	-4.486e+03
16	1.005e-01	6.000e+00	5.968e+00	-1.401e+02	-3.079e+03
17	1.068e-01	5.200e+00	5.038e+00	-1.544e+02	-1.463e+03
18	1.130e-01	4.200e+00	4.051e+00	-1.582e+02	2.525e+02
19	1.193e-01	3.300e+00	3.073e+00	-1.513e+02	1.951e+03
20	1.256e-01	2.200e+00	2.172e+00	-1.340e+02	3.517e+03
21	1.319e-01	1.200e+00	1.409e+00	-1.076e+02	4.843e+03
22	1.382e-01	7.000e-01	8.362e-01	-7.387e+01	5.839e+03
23	1.444e-01	8.000e-01	4.920e-01	-3.510e+01	6.437e+03
24	1.507e-01	0.000e+00	4.003e-01	6.057e+00	6.596e+03



Выводы:

1. Ряд Фуре хорошо аппроксимирует гладкие функции.
2. Если необходимо чтобы значения в узлах совпадали со значениями в аппроксимируемой функции, то следует производит разложение с максимално возможным числом членов ряда.
3. Ряд Фурье позволяет сглаживать функции, если они, например.ю искажены погрешностями экспенримента. Для такой сглаживающей аппроксимации следует при разложениии учитывать лишь первые основные частоты, что определяется по амплитудному спектру.