

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 1 представлена схема исследуемого рычажного механизма, состоящего из трех звеньев, два из которых подвижны. Где 1 — кривошип, 2 — шатун, 3 — кулиса, 4 — стойка.

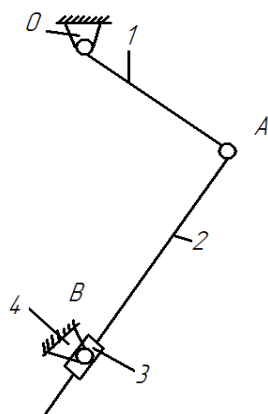


Рисунок 1

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

$$W = 3n - 2P_k - P_e \quad W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1.$$

где n — число подвижных звеньев,

P_k — количество кинематических пар k -ого класса.

Структурное деление механизма:

Входное звено - кривошип :

Структурная группа:

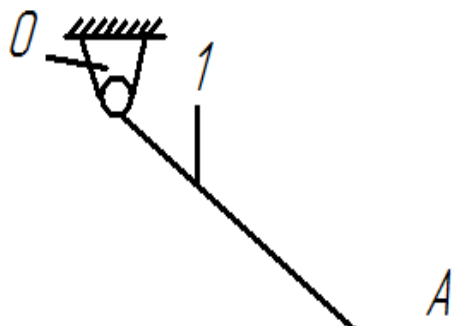


Рисунок 3

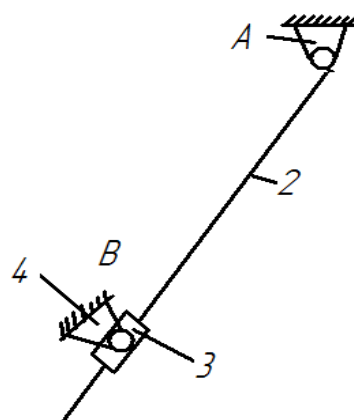


Рисунок 2

$$W = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1$$

$$W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$$

Структурная группа имеет 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 $F(\varphi)$ кулисы – 3 в зависимости от угла поворота кривошипа получаем экспериментально.

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

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

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

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

где $T = 2\pi$, $\omega = 2\pi/50 = 0,1256 \text{ с}$ – время полного оборота кривошипа.

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

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

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:

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

где F_i – значения функции $F(t)$ при $t = 0, 1, 2, 3, \dots, m-1$

В таблице ниже приведена экспериментальная зависимость функции перемещения кулисы $F(\varphi)$ с шагом $\Delta \varphi = 15^\circ$ по углу поворота кривошипа:

φ°	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
$x, \text{см}$	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	
$x, \text{см}$	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 $\Delta t = \Delta \varphi * \omega = 15\pi / (50 * 180) = 0,00628 \text{ с}$.

Обработку данных эксперимента проведем с помощью программы ApproxFSP.

На первом этапе разложим $F(t)$ в ряд с максимально возможным числом членов. $N=12$ (см. Рисунок 4). В этом случае значения ряда Фурье практически совпадают со данными эксперимента.

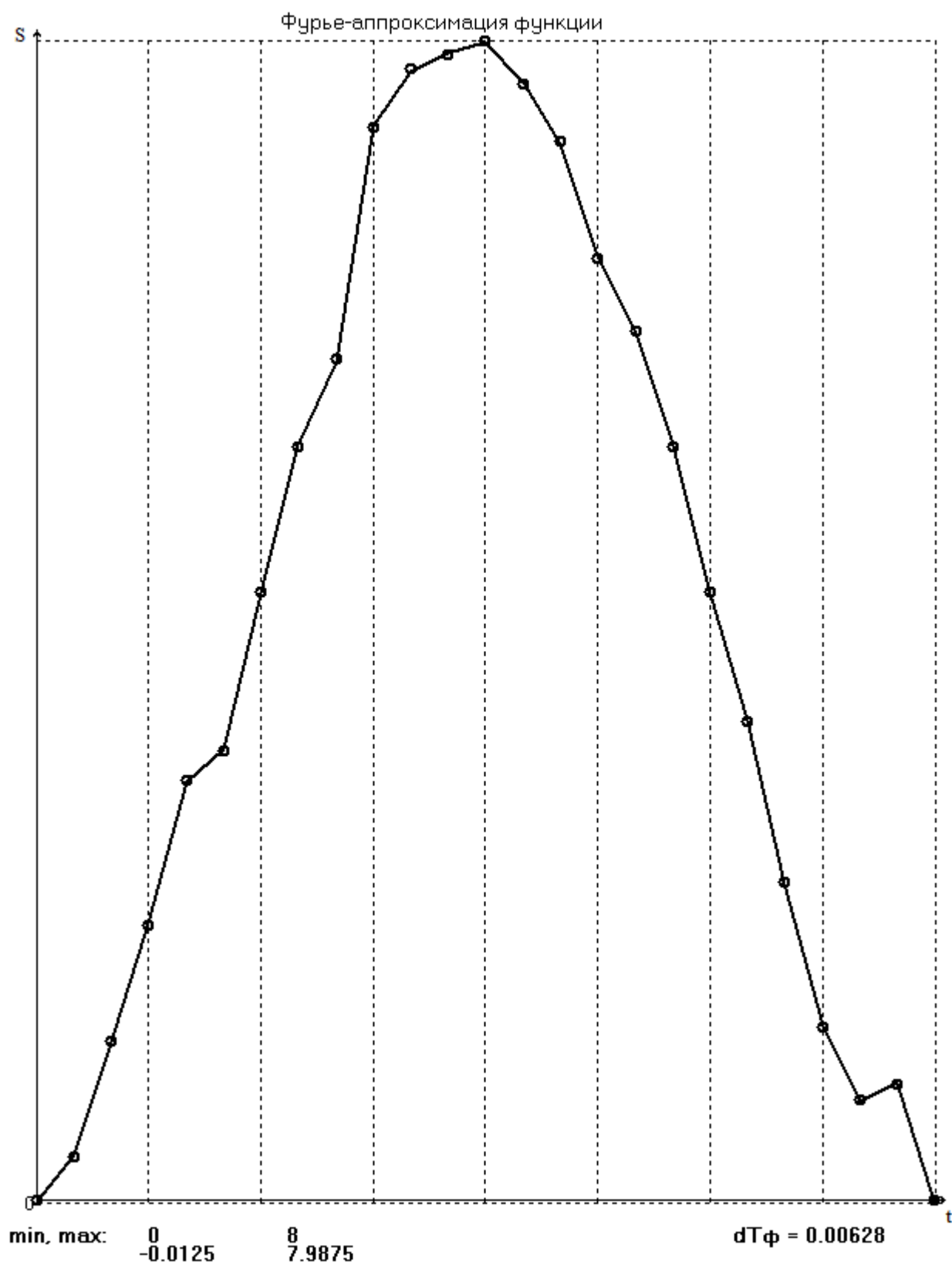


Рисунок 4

На рисунках 5 и 6 представлены результаты дифференцирования ряда по времени.



Рисунок 5

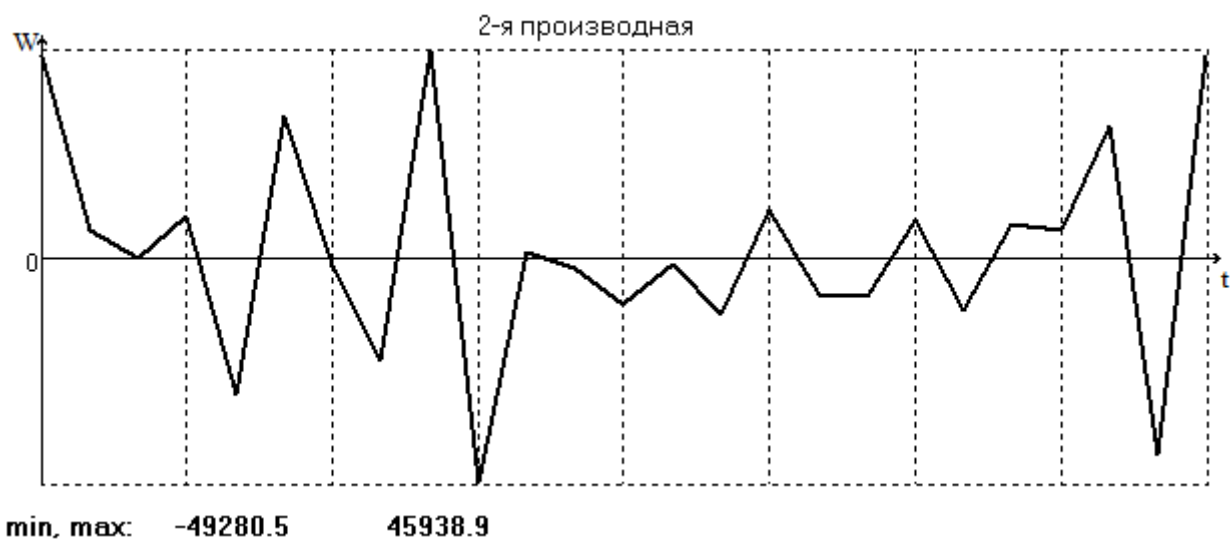


Рисунок 6

На графике скорости и особенно ускорения видны паразитные осцилляции, вызванные погрешностями замера значений $F(t)$, появляется необходимость сглаживания этих зависимостей. Для этого сперва построим амплитудный спектр функции.

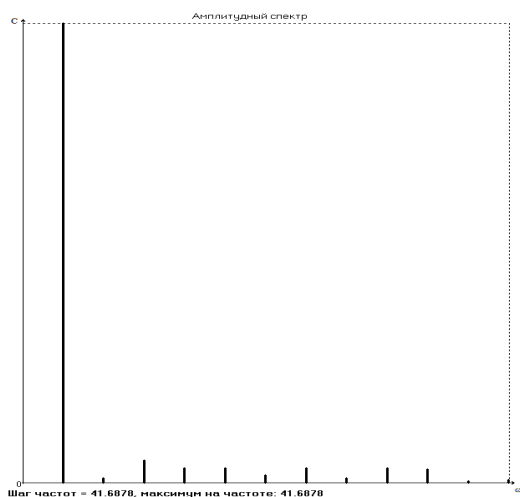


Рисунок 7

Анализ представленного на рисунке 7 амплитудного спектра исследуемой функции показывает, что существенными кроме $A_0/2$ являются лишь слагаемые ряда соответствующие первым 3-м частотам, поэтому проведем разложение в ряд и аппроксимацию функции с учетом только этих частот.

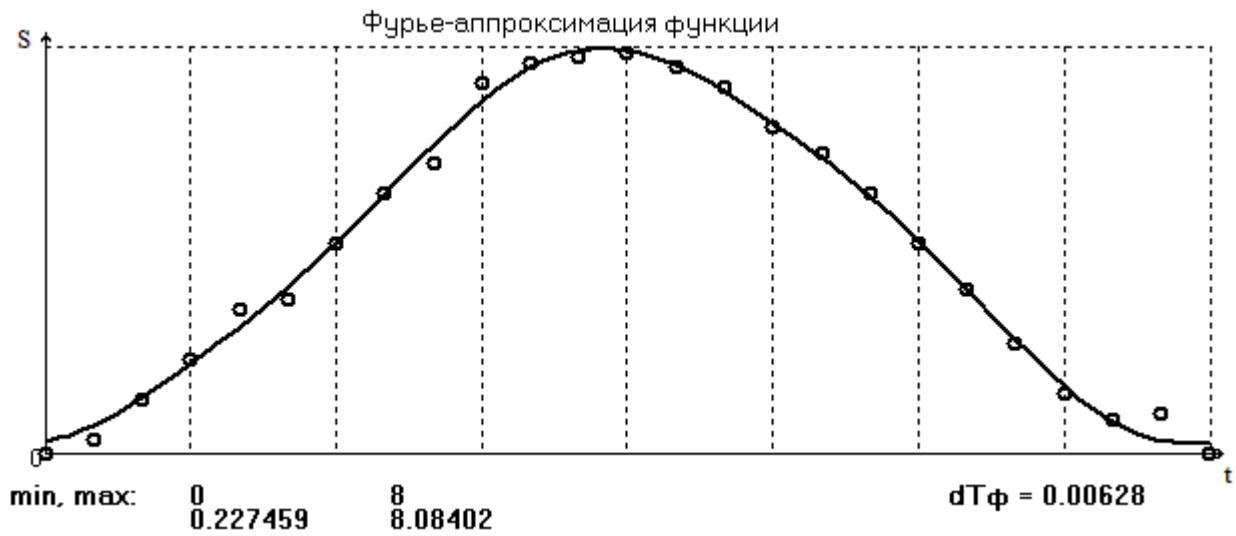


Рисунок 8

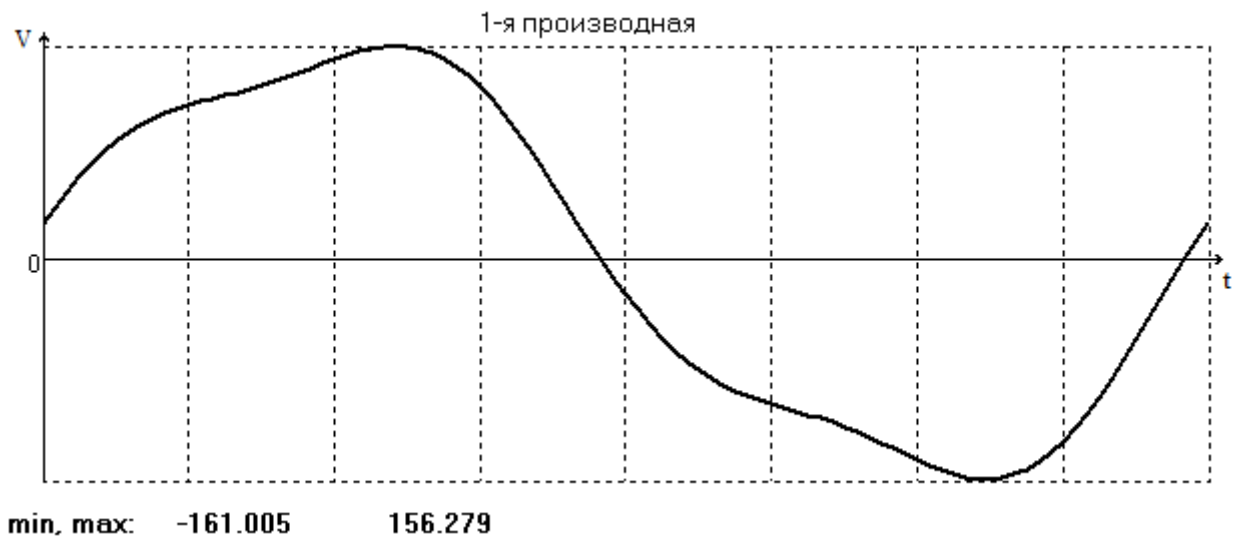


Рисунок 9

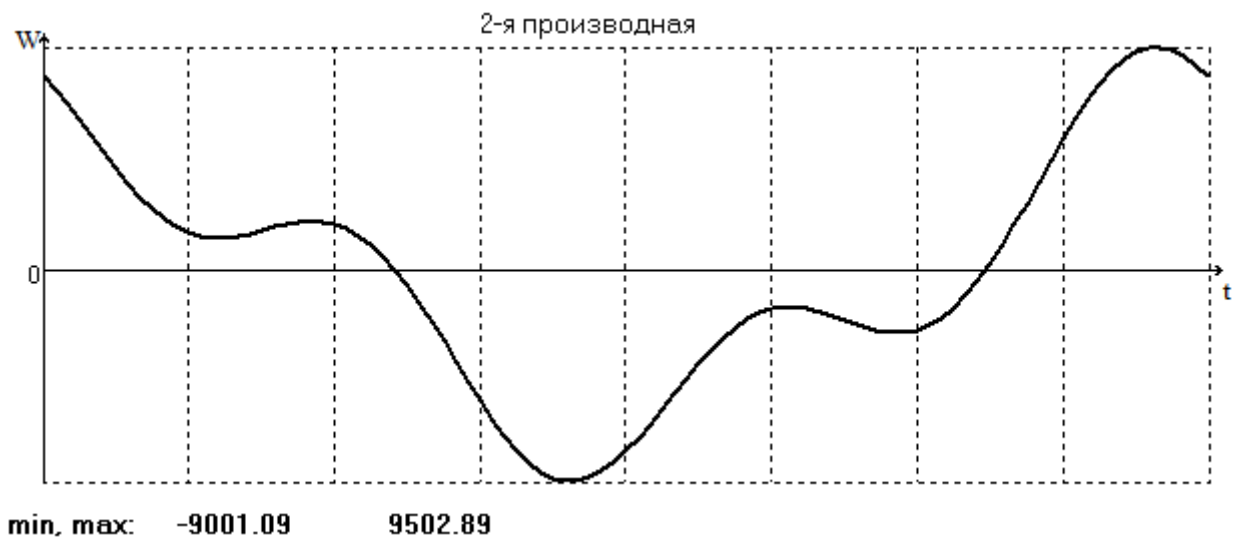


Рисунок 10

На рисунках 8,9 и 10 мы уже можем наблюдать характер функций, однако, аппроксимация методом разложения в ряд Фурье, не позволяет нам проследить поведение функции вблизи оси времени, где значения перемещения должны быть равны нулю.

Выполнив аппроксимацию рядом Фурье учитывая только первую значимую частоту с рисунка 7, мы получаем грубую характеристику поведения этого механизма, но передающую общий характер движения (Рисунок 11).

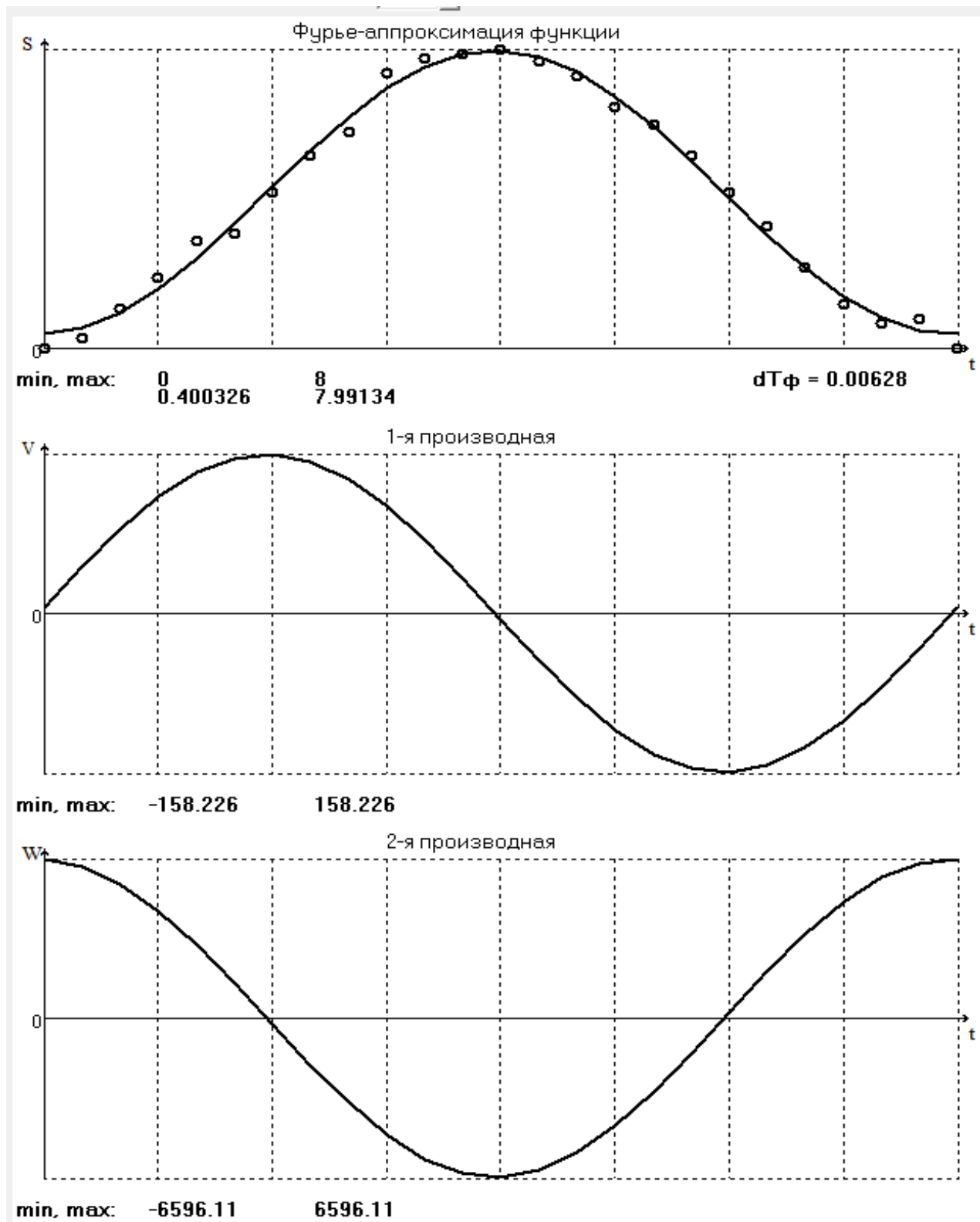


Рисунок 11

Проведем МНК-аппроксимацию:

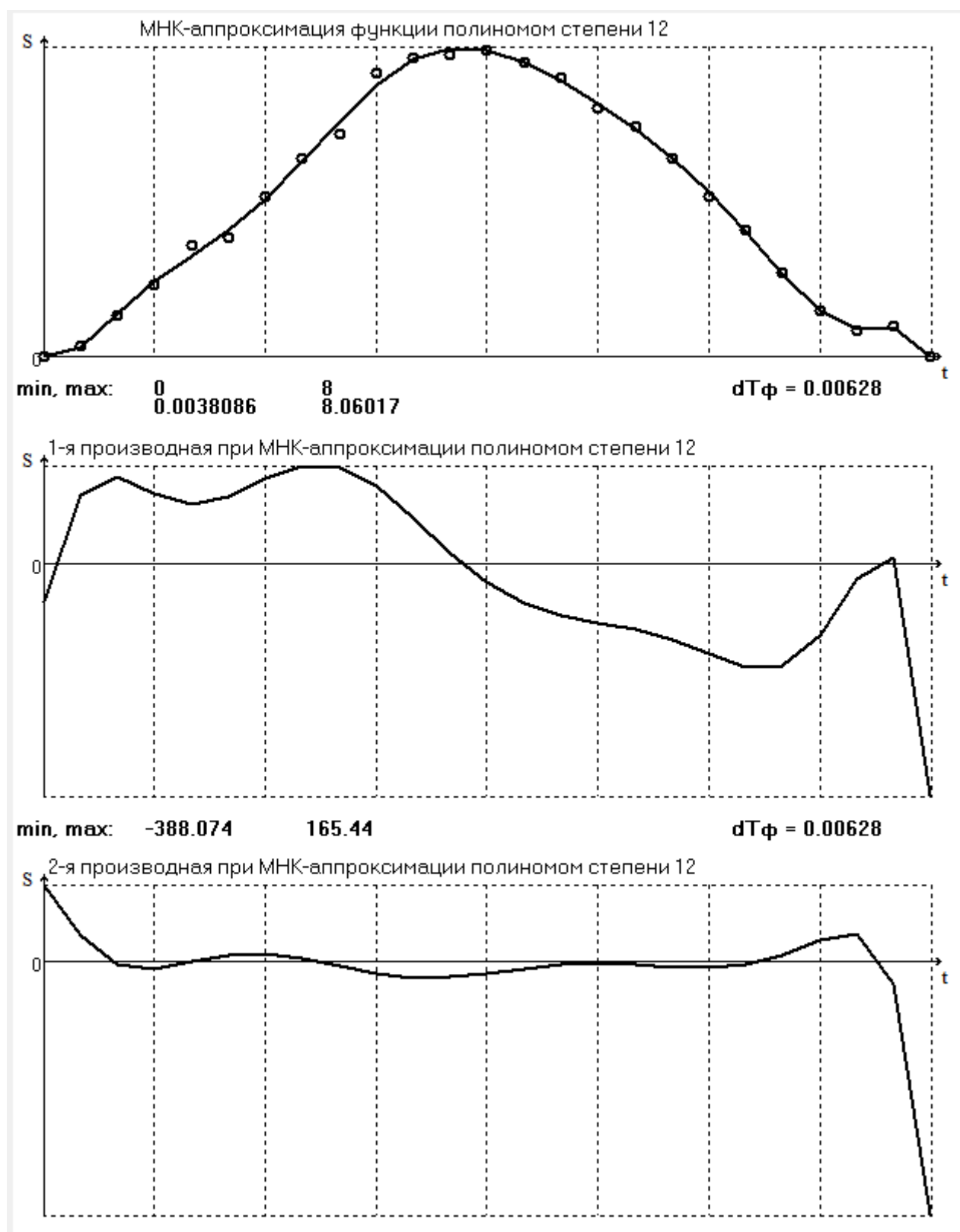


Рисунок 12

Как видно на рисунке 12, МНК-аппроксимация хорошо аппроксимирует функцию, в том числе и вблизи нулевых значений, однако не дает полную картину на графиках ускорения и скорости.

Выводы:

1. Ряд Фурье хорошо аппроксимирует гладкие функции.
2. Если необходимо чтобы значения в узлах совпадали со значениями в аппроксимируемой функции, то следует проводить МНК-аппроксимацию.
3. Ряд Фурье позволяет сглаживать функции, если они, например, искажены погрешностями эксперимента. Для такой сглаживающей аппроксимации следует при разложении учитывать лишь первые основные частоты, что определяется по амплитудному спектру.