

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра основ проектирования машин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К КИНЕМАТИЧЕСКОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ ШАРНИРНОГО
ЧЕТЫРЕХЗВЕННИКА АНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С
ПРИМЕНЕНИЕМ ПК

Донецк – 2005 г.

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Рассмотрим задачу определения кинематических параметров звеньев механизма, изображенного на рис.1.

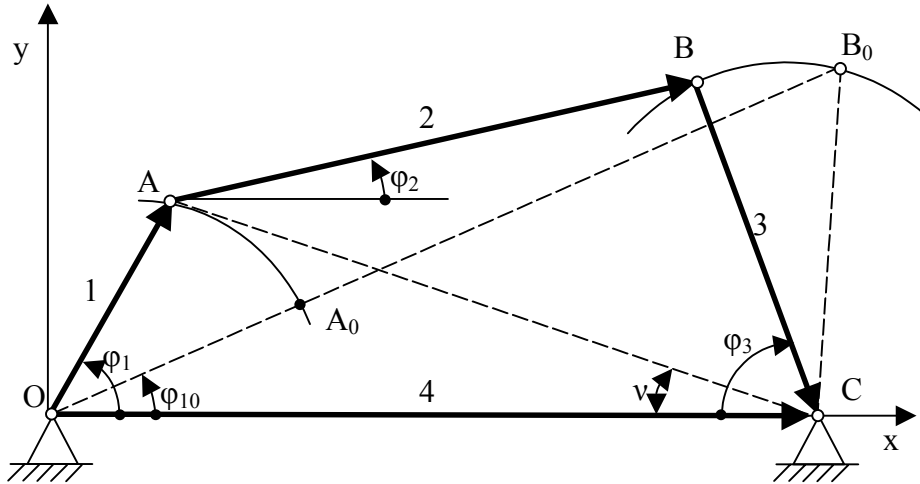


Рисунок 1. – Шарнирный четырехзвенный механизм.

Исходные данные: $l_{OIA} = l_1$; $l_{AB} = l_2$; $l_{BC} = l_3$; $l_{OC} = l_4$; $\omega_1 = const$. Угол φ_1 – обобщенная координата механизма, определяющая положение кривошипа. Необходимо определить углы φ_2 и φ_3 , определяющие положения шатуна 2 и коромысла 3, угловые скорости этих звеньев ω_2 и ω_3 , а также их угловые ускорения ε_2 и ε_3 .

Векторный контур, образованный звеньями механизма, можно представить уравнением: $\vec{l}_1 + \vec{l}_2 + \vec{l}_3 = \vec{l}_4$. Проектируя это векторное уравнение на оси x и y , получаем

$$\begin{cases} l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 + l_3 \cos \varphi_3 = l_4 \cos \varphi_4, \\ l_1 \sin \varphi_1 + l_2 \sin \varphi_2 + l_3 \sin \varphi_3 = l_4 \sin \varphi_4, \end{cases} \quad (1)$$

так как $\varphi_4 = 0^\circ$, то $\sin \varphi_4 = 0$, $\cos \varphi_4 = 1$.

Введем следующие обозначения:

$$\begin{cases} l_4 - l_1 \cos \varphi_1 = q, \\ l_1 \sin \varphi_1 = u. \end{cases} \quad (2)$$

Тогда система уравнений (1) примет вид:

$$\begin{cases} l_2 \cos \varphi_2 = q - l_3 \cos \varphi_3, \\ l_2 \sin \varphi_2 = -u - l_3 \sin \varphi_3. \end{cases} \quad (3)$$

Введем для удобства обозначения:

$$\frac{u}{q} = \operatorname{tg} v, \quad (4)$$

$$\frac{q^2 + u^2 - l_3^2 + l_2^2}{2ql_2} = c, \quad (5)$$

$$\frac{q^2 + u^2 + l_3^2 - l_2^2}{2ql_3} = a. \quad (6)$$

Тогда после соответствующих замен и преобразования системы уравнений (3) получим:

$$\varphi_2 = \arccos(c \cdot \cos v) - v, \quad (7)$$

$$\varphi_3 = \arccos(a \cdot \cos v) + v. \quad (8)$$

Угловые скорости и угловые ускорения звеньев 2 и 3 определим, продифференцировав уравнения (1) по времени t и выполнив необходимые преобразования:

$$\omega_2 = -\omega_1 \frac{l_1 \sin(\varphi_1 + \varphi_3)}{l_2 \sin(\varphi_2 + \varphi_3)}, \quad (9)$$

$$\omega_3 = \omega_1 \frac{l_1 \sin(\varphi_2 - \varphi_1)}{l_3 \sin(\varphi_2 + \varphi_3)}, \quad (10)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\omega_1^2 l_1 \cos(\varphi_1 + \varphi_3) + \omega_3^2 l_3 + \omega_2^2 l_2 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)}{-l_2 \sin(\varphi_2 + \varphi_3)}, \quad (11)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{\omega_1^2 l_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + \omega_2^2 l_2 + \omega_3^2 l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)}{-l_3 \sin(\varphi_2 + \varphi_3)}. \quad (12)$$

При кинематическом исследовании стержневого механизма за нулевое удобно принять одно из крайних положений механизма, поэтому в программе расчета предусмотрен расчет начальной угловой координаты кривошипа φ_{10} по формуле $\varphi_{10} = \arccos \frac{(l_1 + l_2)^2 + l_4^2 - l_3^2}{2(l_1 + l_2) \cdot l_4}$, к которой затем прибавляется задаваемый шаг $\Delta\varphi_1$.

По алгоритму составлена программа расчета кинематических параметров и построения их графиков для всех возможных вариантов сборки механизма, представленных на рис.2, написанная на языке C++.

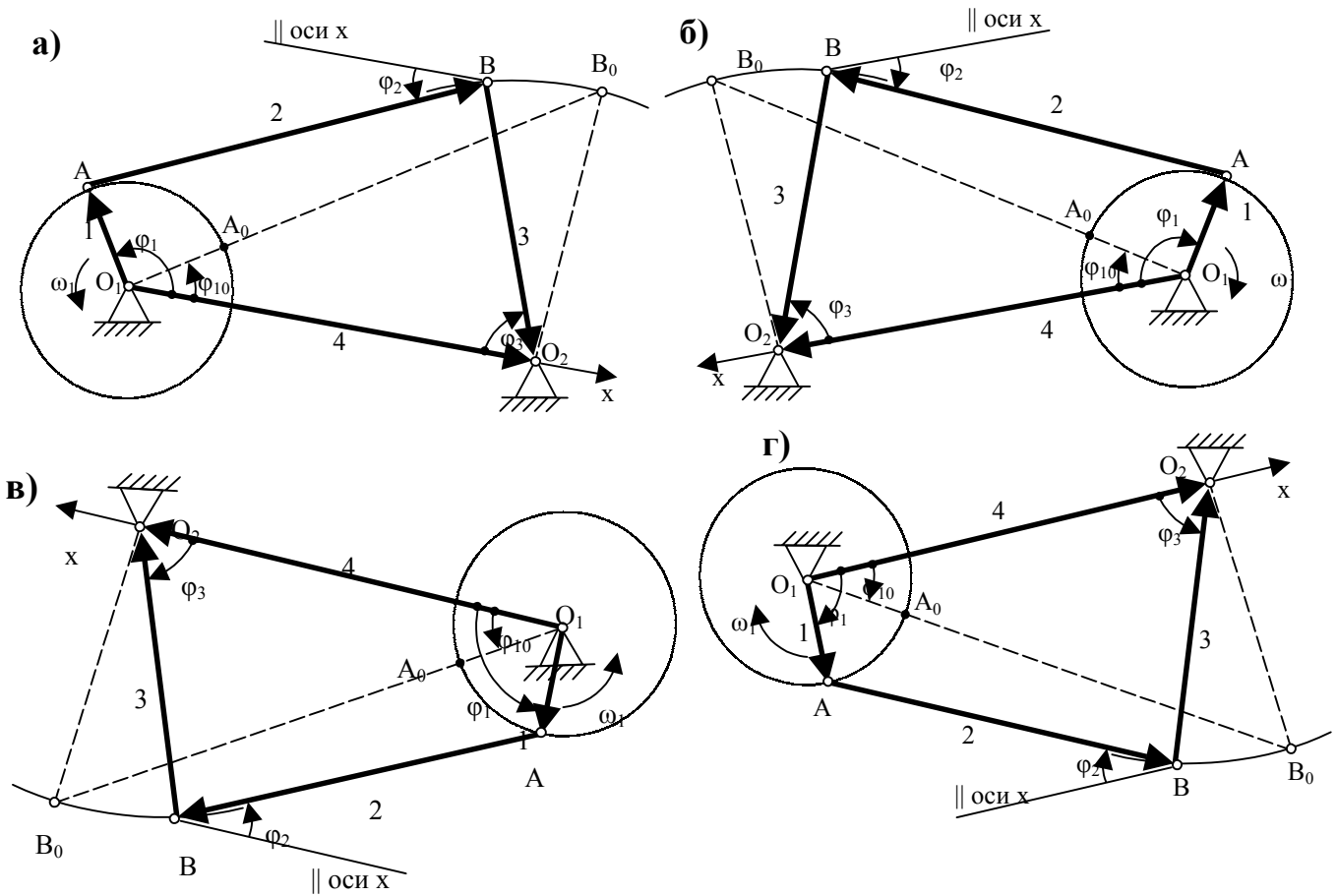


Рисунок 2. – Варианты сборки механизма:

а, б – первый вариант сборки; в, г – второй вариант сборки.

ПОРЯДОК РАБОТЫ С ПРОГРАММОЙ

1. Запустить программу Кинематика.exe;
2. Заполнить форму исходными данными:

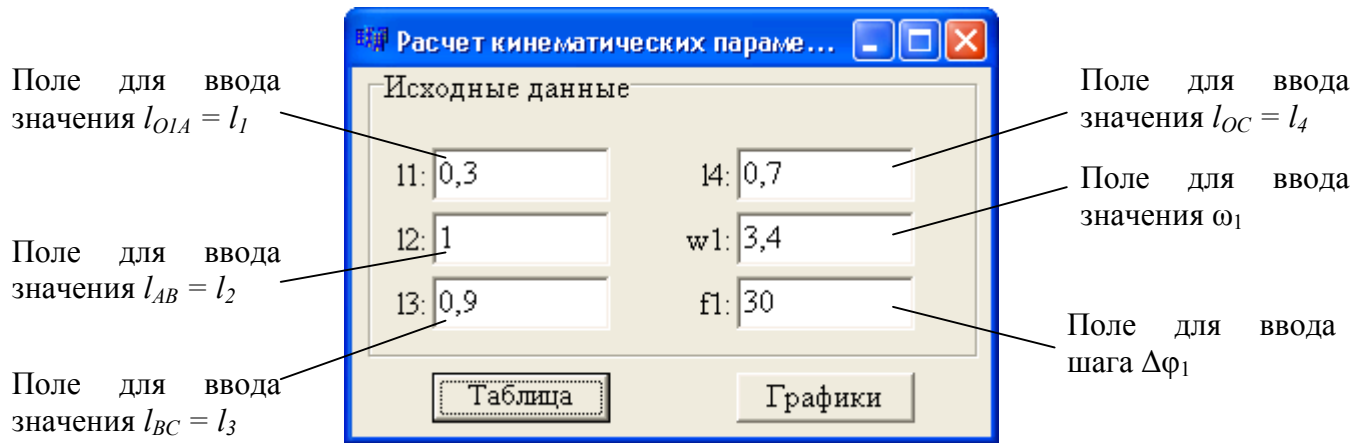


Рисунок 3. – Окно для ввода исходных данных.

3. Для расчета кинематических параметров звеньев механизма нажать кнопку *Таблица*.
4. Для вывода графиков зависимостей параметров движения звеньев 2 и 3 от общей координаты φ_1 необходимо нажать кнопку *Графики*.

Чтобы скопировать таблицу или графики, необходимо нажать комбинацию клавиш на клавиатуре Alt и Print Screen.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Таблица результатов расчета по программе и графики, представленные на рис. 4 и 5, соответствуют исходным данным, приведенным на рис.3.

Положение	f_1	f_2	f_3	w_2	w_3	E_2	E_3
0	41,17	41,17	108,03	-1,02	0,00	7,56	-9,78
1	71,17	36,38	102,97	-0,16	-0,99	3,96	-3,75
2	101,17	37,22	92,43	0,31	-1,32	2,41	-0,89
3	131,17	41,45	80,54	0,63	-1,34	1,83	0,57
4	161,17	48,19	69,36	0,89	-1,18	1,49	1,43
5	191,17	56,95	60,08	1,08	-0,91	1,01	1,97
6	221,17	67,03	53,48	1,18	-0,57	0,15	2,42
7	251,17	77,25	50,19	1,10	-0,15	-1,38	3,16
8	281,17	85,45	51,31	0,69	0,45	-4,25	4,86
9	311,17	87,59	59,23	-0,34	1,43	-9,41	7,99
10	341,17	77,25	77,46	-2,04	2,64	-10,09	4,88
11	371,17	55,95	99,87	-2,32	1,95	6,72	-12,87

Рисунок 4. – Результаты расчета по программе, сведенные в таблицу.

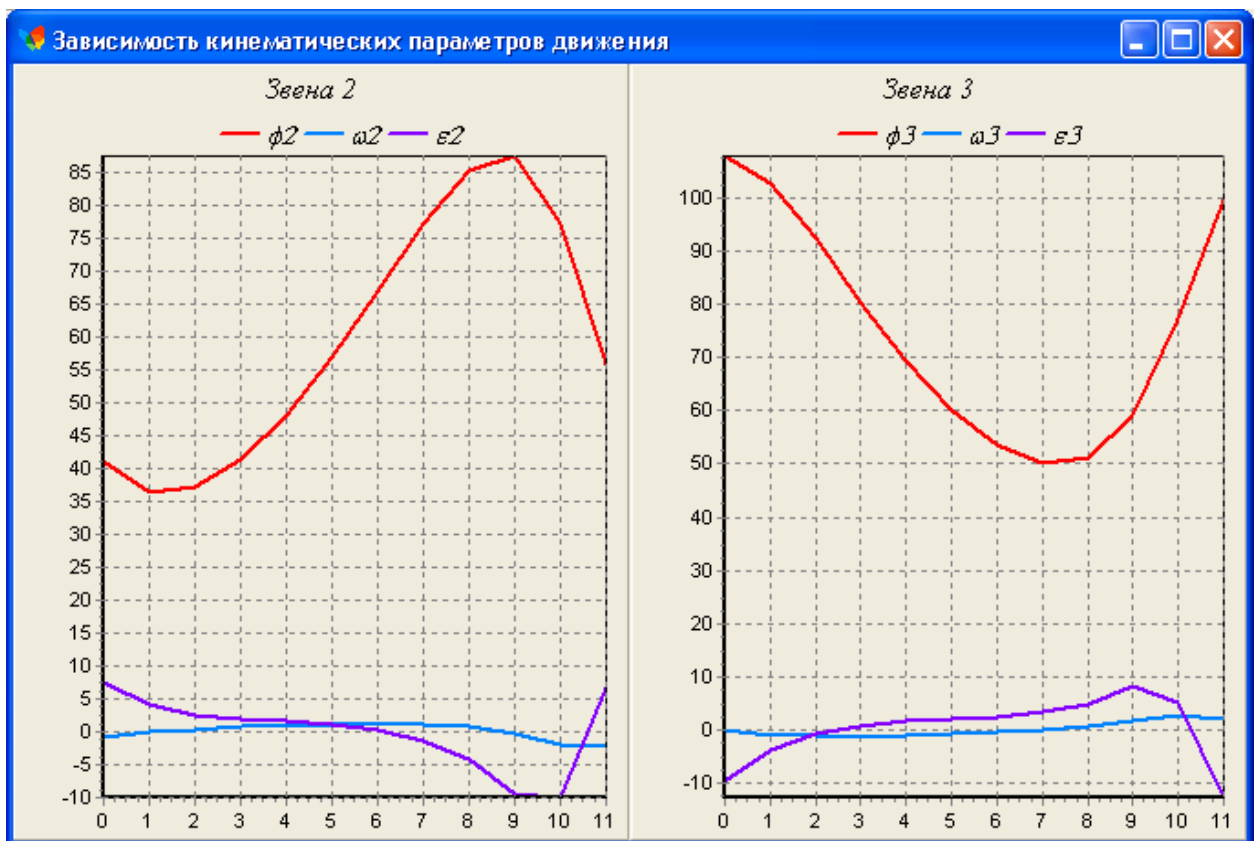


Рисунок 5. – Результаты расчета по программе, выведенные в графики.

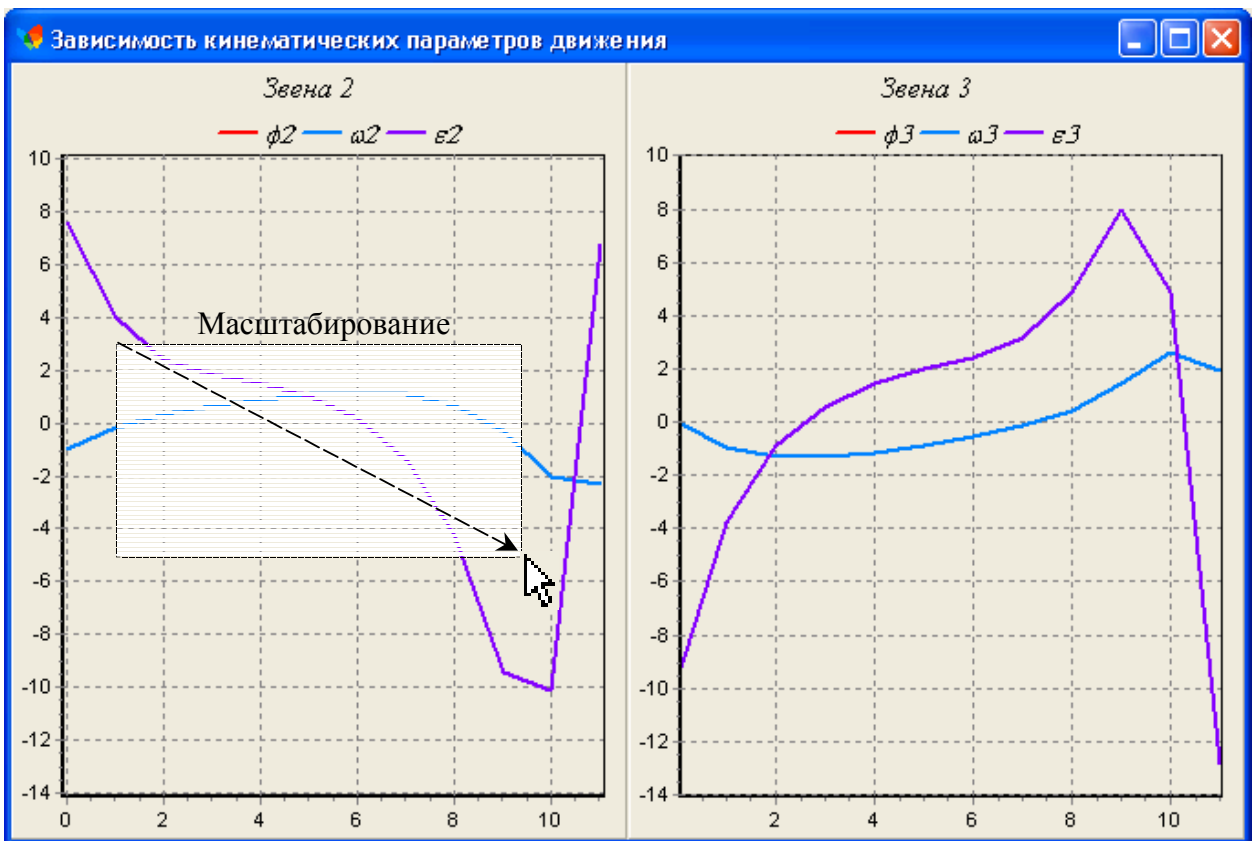


Рисунок 5. – Пример масштабирования графиков.

Составители:

ст. препод. Э.Л. Гордиенко
ст.гр. ЭМК01з Лазарев Н.А.