

1. Структурный и кинематический анализ плоского рычажного механизма

1.1. Структурный анализ механизма

Задан плоский рычажный механизм (рисунок 1) со следующими основными размерами: $L_{OA} = 0,06 \text{ м}$, $L_{AC} = 0,24 \text{ м}$, $L_a = 0,04 \text{ м}$, $L_b = 0,07 \text{ м}$, $L_{OB} = 0,13 \text{ м}$, $L_{FH} = 0,15 \text{ м}$.

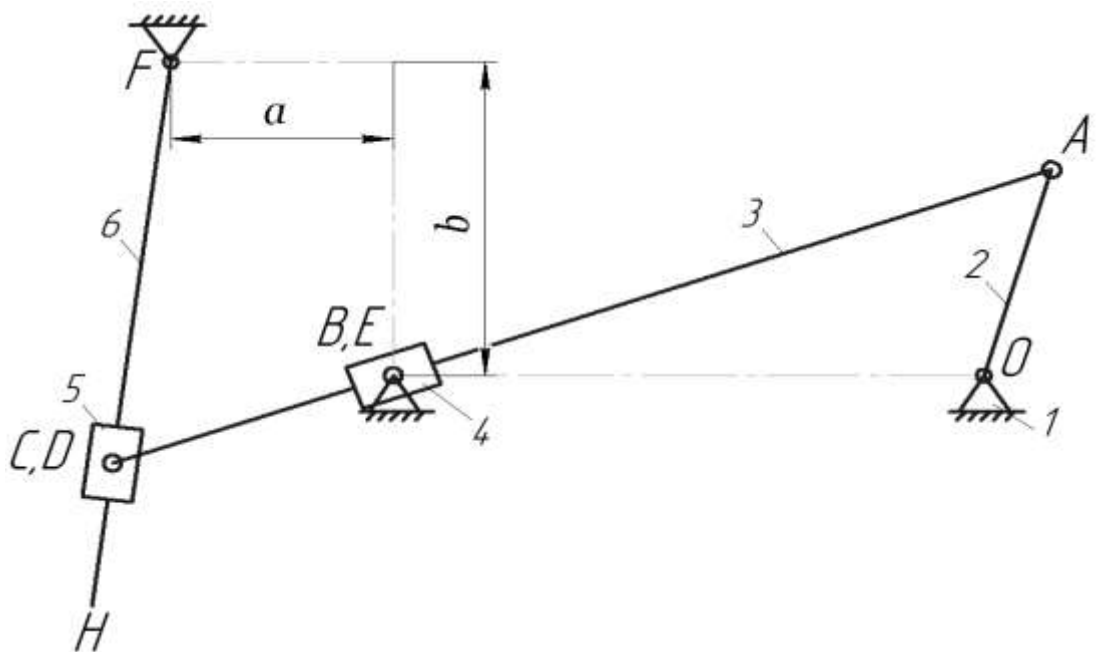
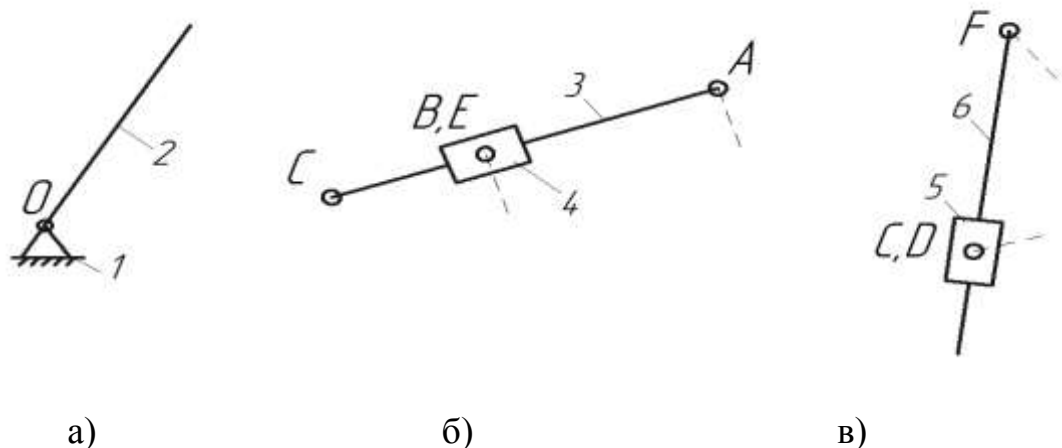


Рисунок 1 – Кинематическая схема механизма.

Выделяем начальный механизм и группы Ассура (рисунок 2).



а) начальный механизм I(1;2); б) группа Ассура II(3;4);

в) группа Ассура II(5;6).

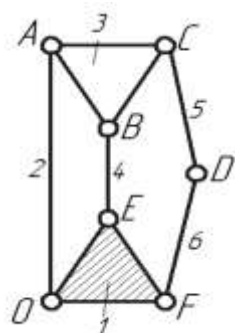
Рисунок 2 – Начальный механизм и группы Ассура.

Составляем формулу строения механизма: $I(1,2) \rightarrow II(3,4) \rightarrow II(5,6)$

Рассматриваемый механизм 2 класса 2-го порядка.

Структурные схемы механизма приведены на рисунке 3.

Первый тип



второй тип

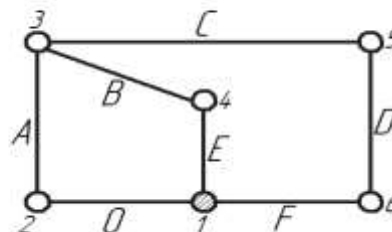


Рисунок 3 – Структурные схемы механизма.

Таблица 1.1 - Таблица звеньев.

№ п/п	№ звена	Наименование звена	Характер движения звена
1	1	Стойка	Неподвижно
2	2	Кривошип	Вращательное
3	3	Шатун-кулисы	Сложное плоскопараллельное
4	4	Коромысло камень-кулисы	Вращательно-возвратное
5	5	Шатун камень-кулисы	Сложное плоскопараллельное
6	6	Коромысло-кулиса	Вращательно-возвратное

Таблица 1.2 - Таблица кинематических пар.

№ п/п	Обозначение	Номера звеньев, обозначающих пару	Наименование	Класс пары
1	O	1-2	Вращательная	✓
2	A	2-3	Вращательная	✓
3	B	3-4	Поступательная	✓
4	E	4-1	Вращательная	✓
5	C	3-5	Вращательная	✓
6	D	5-6	Поступательная	✓
7	F	6-1	Вращательная	✓

Механизм рычажный, плоский, шестизвенный. Предназначен для преобразования вращательного движения входного звена 2 во вращательное движение выходных звеньев 4 и 6.

Определение числа степеней свободы механизма по формуле Чебышева.

Число подвижных звеньев $K=5$

Число кинематических пар 5 класса $p_5=7$

Число кинематических пар 4 класса $p_4=0$

Число степеней свободы механизма равно: $W = 3k - 2p_5 = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 = 1$

1.2. Кинематический анализ механизма методом планов

1.2.1. Построение плана положений

Определяем масштабный коэффициент плана положений:

$$\mu_L = \frac{L_{OA}}{OA} = \frac{0,06}{60} = 0,001 \frac{м}{мм},$$

где L_{OA} - действительная длина звена OA , м;

OA - изображающий ее отрезок на чертеже, мм.

Определяем на чертеже длины остальных звеньев:

$$AC = \frac{L_{AC}}{\mu_L} = \frac{0,24}{0,001} = 240 \text{ мм}, \quad a = \frac{L_a}{\mu_L} = \frac{0,04}{0,001} = 40 \text{ мм},$$

$$b = \frac{L_b}{\mu_L} = \frac{0,07}{0,001} = 70 \text{ мм}, \quad OB = \frac{L_{OB}}{\mu_L} = \frac{0,13}{0,001} = 130 \text{ мм}.$$

$$FH = \frac{L_{FH}}{\mu_L} = \frac{0,15}{0,001} = 150 \text{ мм}.$$

1.2.2. Построение планов скоростей

Скорость точки A : $\vec{v}_A = \vec{v}_O + \vec{v}_{AO}$, $\vec{v}_{AO} \perp OA$

$$v_A = \omega_2 \cdot L_{OA} = 6,5 \cdot 0,06 = 0,39 \text{ м/с}$$

Определяем масштабный коэффициент планов скоростей:

$$\mu_v = \frac{v_A}{ra} = \frac{0,39}{130} = 0,003 \frac{м \cdot с^{-1}}{мм},$$

где ra - вектор, изображающий скорость точки A .

$$\text{Строим точку В: } \begin{cases} \vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA} \\ \vec{v}_B = \vec{v}_E + \vec{v}_{BE} \end{cases}, \quad \begin{cases} \vec{v}_{BA} \perp AC \\ \vec{v}_E = 0, \vec{v}_{BE} // AC \end{cases}$$

Через точку (*a*) на плане скоростей проводим прямую, перпендикулярную звену *АС*, а через полюс проводим прямую, параллельную звену *АС*. На пересечении этих прямых получаем искомую точку (*b*).

Точку *C* найдем по теореме подобия:

$$\frac{ab}{ac} = \frac{AB}{AC} \Rightarrow ac = \frac{ab \cdot AC}{AB} = \frac{96,5 \cdot 240}{168} = 138 \text{ мм}$$

Строим точку D:
$$\begin{cases} \vec{v}_D = \vec{v}_C + \vec{v}_{DC} \\ \vec{v}_D = \vec{v}_F + \vec{v}_{DF} \end{cases}, \quad \begin{cases} \vec{v}_{DC} // FH \\ \vec{v}_F = 0, \vec{v}_{DF} \perp FH \end{cases}$$

Через точку (*c*) на плане скоростей проводим прямую, параллельную звену *FH*, а через полюс проводим прямую, перпендикулярную звену *FH*. На пересечении этих прямых получаем искомую точку (*d*).

Точку *H* найдем по теореме подобия:

$$\frac{pd}{ph} = \frac{FD}{FH} \Rightarrow ph = \frac{pd \cdot FH}{FD} = \frac{47,5 \cdot 150}{96,5} = 73,8 \text{ мм}$$

Находим скорости точек и центров масс:

$$v_B = pb \cdot \mu_v = 87 \cdot 0,003 = 0,261 \text{ м/с}$$

$$v_C = pc \cdot \mu_v = 96,5 \cdot 0,003 = 0,29 \text{ м/с}$$

$$v_D = pd \cdot \mu_v = 47,5 \cdot 0,003 = 0,1425 \text{ м/с}$$

$$v_H = ph \cdot \mu_v = 74 \cdot 0,003 = 0,222 \text{ м/с}$$

$$v_{S_2} = pS_2 \cdot \mu_v = 65 \cdot 0,003 = 0,195 \text{ м/с}$$

$$v_{S_3} = pS_3 \cdot \mu_v = 91 \cdot 0,003 = 0,273 \text{ м/с}$$

$$v_{S_5} = v_C = 0,29 \text{ м/с}$$

$$v_{S_6} = pS_6 \cdot \mu_v = 37 \cdot 0,003 = 0,111 \text{ м/с}$$

Находим угловые скорости звеньев:

$$\omega_3 = \omega_4 = \frac{v_{AC}}{L_{AC}} = \frac{ac \cdot \mu_v}{L_{AC}} = \frac{138 \cdot 0,003}{0,24} = 1,725 \text{ рад/с}$$

$$\omega_5 = \omega_6 = \frac{v_H}{L_{FH}} = \frac{0,222}{0,15} = 1,48 \text{ рад/с}$$

1.2.3. Построение плана ускорений

План ускорений строим для положения 1.

Ускорение точки А: $\vec{a}_A = \vec{a}_O + \vec{a}_{AO}^n + \vec{a}_{AO}^\tau$, $a_{AO}^\tau = 0$ (т.к. $\omega_2 = const$)

Следовательно $a_A = a_{AO}^n = \omega_2^2 \cdot L_{AO} = 7^2 \cdot 0,2 = 9,8 \text{ м/с}^2$

Определяем масштабный коэффициент плана ускорений:

$$\mu_a = \frac{a_A}{\pi a} = \frac{9,8}{98} = 0,1 \frac{\text{м} \cdot \text{с}^{-2}}{\text{мм}}$$

Точку В найдем, решая графически систему уравнений:

$$\begin{cases} \vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau \\ \vec{a}_B = \vec{a}_E + \vec{a}_{BE}^{kop} + \vec{a}_{BE}^{ck} \end{cases}$$

$$a_{BA}^n = \omega_3^2 \cdot L_{BA} = 1,49^2 \cdot 0,746 = 1,66 \text{ м/с}^2, \quad a\vec{n}_{BA} = \frac{a_{BA}^n}{\mu_a} = \frac{1,66}{0,1} = 16,6 \text{ мм}$$

$$a_{BE}^{kop} = 2\omega_4 \cdot v_{BE} = 2 \cdot 1,49 \cdot 0,86 = 2,56 \text{ м/с}^2, \quad \pi\vec{k}_{BE} = \frac{a_{BE}^{kop}}{\mu_a} = \frac{2,56}{0,1} = 25,6 \text{ мм}$$

Точку С найдем по теореме подобия:

$$ac = \frac{ab \cdot AC}{AB} = \frac{38 \cdot 250}{186,5} = 51 \text{ мм}$$

Точку D найдем, решая графически систему уравнений:

$$\begin{cases} \vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}_{DC}^{kop} + \vec{a}_{DC}^{ck} \\ \vec{a}_D = \vec{a}_F + \vec{a}_{DF}^n + \vec{a}_{DF}^\tau \end{cases}$$

$$a_{DC}^{kop} = 2\omega_5 \cdot v_{DC} = 2 \cdot 4,17 \cdot 0,15 = 1,25 \text{ м/с}^2, \quad c\vec{k}_{DC} = \frac{a_{DC}^{kop}}{\mu_a} = \frac{1,25}{0,1} = 12,5 \text{ мм}$$

$$a_{DF}^n = \omega_6^2 \cdot L_{DF} = 4,17^2 \cdot 0,222 = 3,86 \text{ м/с}^2, \quad \pi\vec{n}_{DF} = \frac{a_{DF}^n}{\mu_a} = \frac{3,86}{0,1} = 38,6 \text{ мм}$$

Точку H найдем по теореме подобия:

$$\pi h = \frac{\pi d \cdot FH}{FD} = \frac{79,5 \cdot 150}{55,5} = 215 \text{ мм}$$

Находим ускорения точек и центров масс:

$$a_B = \pi b \cdot \mu_a = 66 \cdot 0,1 = 6,6 \text{ м/с}^2$$

$$a_C = \pi c \cdot \mu_a = 57 \cdot 0,1 = 5,7 \text{ м/с}^2$$

$$a_D = \pi d \cdot \mu_a = 79,5 \cdot 0,1 = 7,95 \text{ м/с}^2$$

					Лист
					10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

$$a_H = \pi h \cdot \mu_a = 215 \cdot 0,1 = 21,5 \text{ м/с}^2$$

$$a_{S2} = \pi S_2 \cdot \mu_a = 49 \cdot 0,1 = 4,9 \text{ м/с}^2$$

$$a_{S3} = \pi S_3 \cdot \mu_a = 76 \cdot 0,1 = 7,6 \text{ м/с}^2$$

$$a_{S5} = a_C = 5,7 \text{ м/с}^2$$

$$a_{S6} = \pi S_6 \cdot \mu_a = 107,5 \cdot 0,1 = 10,75 \text{ м/с}^2$$

Находим угловые ускорения звеньев:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_4 = \frac{a_{BA}^\tau}{L_{BA}} = \frac{n_{BA} b \cdot \mu_a}{AB \cdot \mu_L} = \frac{34,5 \cdot 0,1}{0,746} = 4,62 \text{ рад/с}^2$$

$$\varepsilon_5 = \varepsilon_6 = \frac{a_{DF}^\tau}{L_{DF}} = \frac{n_{DF} d \cdot \mu_a}{FD \cdot \mu_L} = \frac{69,5 \cdot 0,1}{0,222} = 31,3 \text{ рад/с}^2$$

						Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		