

Рис. 3. Шарнирные четырехзвенники с полнооборотными кривошипами и шатуном:

а – двухкривошипный механизм ( $d < a < b < c$ );

б – механизм шарнирного антипараллелограмма ( $a = c, b = d, d < a$ )

## Л и т е р а т у р а

1. Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин. – М.: Машиностроение, 1969. – 583 с.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988 – 640 с.

### КИНЕМАТИКА МОДИФИЦИРОВАННОГО ЭКСЦЕНТРИКОВОГО МЕХАНИЗМА С НЕПОДВИЖНЫМ ЭКСЦЕНТРИКОМ И ПОСТУПАТЕЛЬНО ПЕРЕМЕЩАЮЩИМСЯ РОЛИКОВЫМ ТОЛКАТЕЛЕМ

Студент Н.В. Сечко

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. В.И. Молочко

Модифицированные (обращенные) эксцентрикые механизмы образуются на базе исходного эксцентриквого механизма (ЭМ) путем освобождения стойки и жесткого закрепления других его звеньев. Если в качестве исходного механизма принять четырехзвенный ЭМ с поступательно перемещающиеся роликовым толкателем, то на его базе можно построить три обращенных механизма: 1) с неподвижным эксцентрикком; 2) с неподвижным цилиндрическим звеном; 3) с неподвижным толкателем.

В настоящей статье дается кинематический анализ одного из таких ЭМ, а именно: модифицированного эксцентрикового механизма (МЭМ) с неподвижным эксцентриком (рис.1, а). Теоретическая степень подвижности  $W$  такого механизма равна двум, хотя действительная равна единице. Лишняя степень подвижности связана с вращением цилиндрического ролика, не оказывающего влияния на характер движения остальных звеньев механизма. На этом основании при кинематическом анализе рассматриваемого механизма ролик мысленно скрепляется с толкателем, причем высшая пара эксцентрик-ролик заменяется одним стержневым звеном с двумя шарнирами, установленными в центрах кривизны соприкасаемых профилей, т.е. в центрах окружностей ролика и эксцентрика. Полученный таким образом структурный эквивалент рассматриваемого МЭМ представлен на рис.1, б. Фактически он представляет собой схему кулисного механизма с вращающейся кулисой, поскольку его опорное звено  $l_2$  короче других звеньев механизма. Однако в отличие от известных механизмов такого типа линия действия поступательной пары в рассматриваемом варианте смещена относительно центра вращения кулисы. В связи с этим возникает новая задача, решение которой будет производиться на основе известного условия замкнутости закрытого контура механизма. На рис. 1, в представлена расчетная схема рассматриваемого механизма, в которой закрытым является контур OABCO. Условием замкнутости данного контура является векторное уравнение

$$\vec{l}_2 + \vec{l}_3 = \vec{e} + \vec{l}_{41}. \quad (1)$$

Проектируя уравнение (1) на оси  $x$  и  $y$  и учитывая, что в правой системе координат углы поворота звеньев отсчитываются от положительного направления оси  $x$  против хода часовой стрелки, получим

$$(l_2 - e)\cos \varphi_0 + l_3 \cos \varphi_3 = l_{41} \cos \varphi_1; \quad (2)$$

$$(l_2 - e)\sin \varphi_0 + l_3 \sin \varphi_3 = l_{41} \sin \varphi_1. \quad (3)$$

В уравнениях (2) и (3)  $\varphi_0 = 0$ .

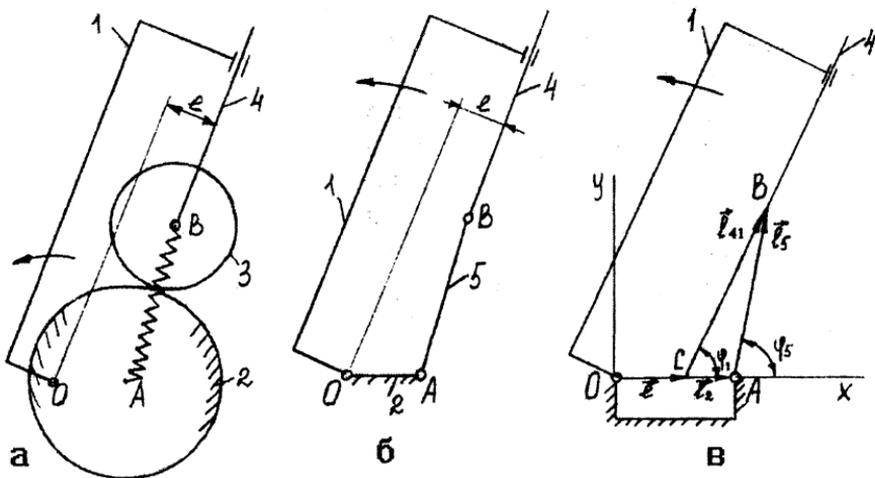


Рис. 1:

а – модифицированный эксцентриковый механизм с неподвижным эксцентриком;  
 б – его структурный эквивалент; в – расчетная схема механизма

Поскольку в реальном МЭМ звена 5 не существует, в качестве ведущего примем звено 1.

Для упрощения решения повернем систему координат на угол  $\varphi_1$ , в связи с чем уравнения (2) и (3) примут вид

$$(1 - \lambda_e) \cos(-\varphi_1) + \lambda \cos(\varphi_5 - \varphi_1) = \tilde{l}_{41}; \quad (4)$$

$$\lambda \sin(\varphi_5 - \varphi_1) = (1 - \lambda_e) \sin \varphi_1, \quad (5)$$

где  $\lambda_e = \frac{e}{l_2}$ ,  $\lambda = \frac{l_5}{l_2}$ ,  $\tilde{l}_{41}$  – безразмерное перемещение звена 4 относи-

тельно звена 1, равное  $\tilde{l}_{41} = \frac{l_{41}}{l_2}$ .

Из уравнения (5) находим

$$\varphi_5 = \varphi_1 + \arcsin\left(\frac{1 - \lambda_e}{\lambda} \sin \varphi_1\right), \quad (6)$$

что дает возможность определения  $\tilde{l}_{41}$  из выражения (4).

Для нахождения угловой скорости вращения звена 5 и линейной скорости движения звена 4 относительно звена 1 воспользуемся известными соотношениями  $\omega_5 = i_{51} \omega_1$  и  $v_{41} = b_{41} \omega_1$ , где  $i_{51}$  – передаточная функция;

$b_{41}$  – преобразующая функция (или аналоги угловой и линейной скоростей, соответственно равные  $i_{51} = \frac{d\varphi_5}{d\varphi_1}$ ,  $b_{41} = \frac{dl_{41}}{d\varphi_1}$ ).

Продифференцировав (5) по  $\varphi_1$ , получим

$$i_{51} = \frac{d\varphi_5}{d\varphi_1} = \frac{(1 - \lambda_e) \cos \varphi_1}{\lambda \cos(\varphi_5 - \varphi_1)} + 1. \quad (7)$$

Дифференцирование по  $\varphi_1$  уравнения (4) в свою очередь дает

$$b_{41} = \tilde{l}_{41} = (\lambda_e - 1) \sin \varphi_1 + \lambda(1 - i_{51}) \sin(\varphi_5 - \varphi_1). \quad (8)$$

Ускорения звеньев определяются из известных соотношений

$$\varepsilon_5 = i_{51} \omega_1^2 + i'_{51} \varepsilon_1; \quad (9)$$

$$a_{41} = b_{41} \omega_1^2 + b'_{41} \varepsilon. \quad (10)$$

В уравнениях (9) и (10) неизвестными являются  $i_{51}$  и  $b_{41}$ , которые могут быть найдены дифференцированием уравнений (7) и (8) по углу  $\varphi_1$ .

После проведения операции дифференцирования приходим к выражениям

$$i'_{51} = \frac{(\lambda_e - 1) \sin \varphi_1' \cos(\varphi_5 - \varphi_1) + (1 - \lambda_e)(i_{51} - 1) \cos \varphi_1 \sin(\varphi_5 - \varphi_1)}{\lambda \cos^2(\varphi_5 - \varphi_1)}; \quad (11)$$

$$b'_{41} = (\lambda_e - 1) \cos \varphi_1 - \lambda i'_{51} \sin(\varphi_5 - \varphi_1) - \lambda(i_{51} - 1)^2 \cos(\varphi_5 - \varphi_1). \quad (12)$$

Рассмотренный вариант кулисного механизма с вращающейся кулисой может быть использован для передачи непрерывного вращения того же направления между параллельными осями, а также для обеспечения, при определенных соотношениях между звеньями, прерывистого вращения ведомого звена.

При самостоятельном использовании механизма, представленного на рис. 1, б, в качестве ведущего можно принять звено 5. Тогда разделив уравнение (3) на уравнение (2) можно получить выражение для расчета угла  $\varphi_1$

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{\lambda \sin\varphi_5}{1 - \lambda_\epsilon + \lambda \cos\varphi_5}, \quad (13)$$

после чего по уравнению (3) определить безразмерное перемещение

$$\tilde{l}_{41} = \lambda \frac{\sin\varphi_5}{\sin\varphi_1}. \quad (14)$$

Угловую скорость звена 1 можно определить из выражения  $\omega_1 = \omega_5/i_{51}$ , а линейную скорость звена 4 относительно звена 1 – из выражения  $v_{41} = b_{41}\omega_1$ .

Угловое ускорение звена 1 найдется из выражения  $\epsilon_1 = i_{15} \omega_5^2 + i'_{15} \epsilon_5$ , а линейное ускорение звена 4 относительно звена 1 – из равенства (12). При этом

$$i_{15} = \frac{1}{i_{51}}; \quad i'_{15} = \frac{d(i_{15})}{d\varphi_5}.$$