

АНАЛИЗ ШЕСТИЗВЕННОГО МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ДЛИНОЙ ОСНОВАНИЯ

В статье описаны принцип работы шестизвального механизма переменной структуры. По известной методике проведен анализ механизма и получены формулы скорости и ускорения ползуна в аналитической форме. В данной работе излагается с графическими иллюстрациями режимы работ шестизвального механизма переменной структуры. Рассмотрены положения ползуна для различных длин основания. На основе анализа положений механизма переменной структуры определено особое положение.

Широкое применение шарнирно-рычажных механизмов переменной структуры в машиностроении обусловлено высокими кинематическими возможностями этих механизмов. Проведенные исследования [1, 2, 3] показали перспективность использования механизмов переменной структуры во многих областях машиностроения благодаря упрощенному управлению и из-за реализации требуемого закона движения исполнительного органа машин.

В настоящей работе рассматривается решение задачи анализа плоского механизма переменной структуры, выполненного в виде шестизвального с регулируемой длиной основания.

Схема механизма переменной структуры представлена на рис. 1. Механизм состоит из стойки O , двухплечного кривошипа AOA_1 , верхнего l_2 и нижнего l_4 шатунов, коромысла l_3 , длины основания l_5 и ползуна C .

В рассматриваемой схеме механизма переменной структуры (рис. 1) опора коромысла выполнена подвижной на прямолинейных направляющих, с установленным в них ползуном C . Изменение длины основания l_5 осуществляется в процессе работы изменением положения опоры коромысла.

Шестизвальный механизм переменной структуры (рис. 1) отличается от других механизмов переменной структуры тем, что к выходному звену кривошипно-ползунного механизма шарнирно установлено выходное звено кривошипно-коромыслового механизма, причем длины звеньев механизма выполнены с возможностью выстраивания в одну линию в крайнем положении ползуна на стороне опоры кривошипа.

Рассмотрим принцип работы механизма переменной структуры.

При вращении двухплечного кривошипа AOA_1 относительно стойки O движение через верхний шатун l_2 передается коромыслу l_3 , которое совершает качательное движение относительно оси, закрепленной на ползуне C . При этом изменяется угол качания коромысла l_3 . Другой конец двухплечного кривошипа AOA_1 , через нижний шатун l_4 воздействует на

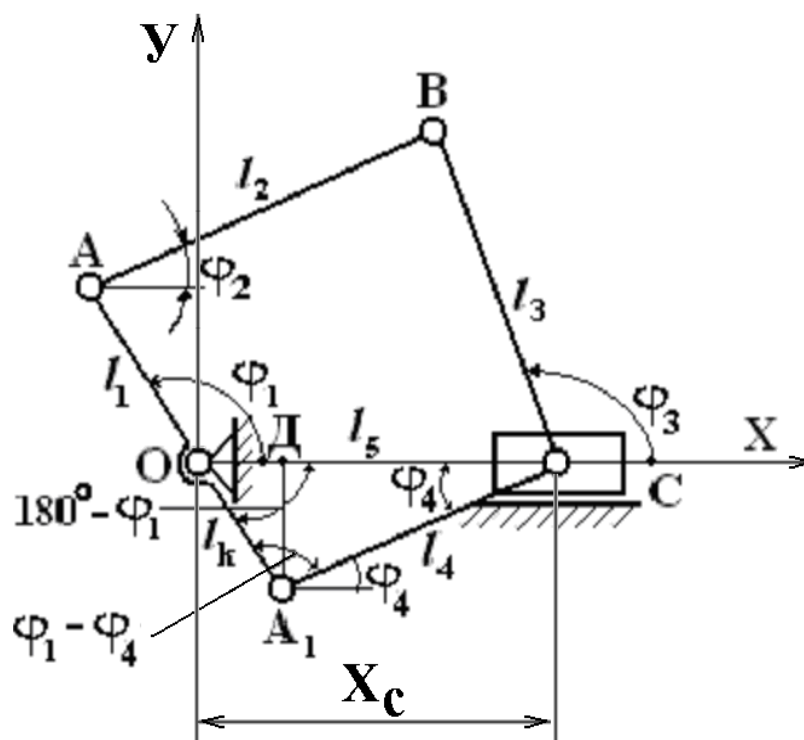


Рис.1. Расчетная схема шестизвенного механизма переменной структуры

ползун С и приводит его в возвратно-поступательное движение. Тем самым одновременно выполняется два режима движений. Первое - это качательное движение коромысла l_3 и второе - возвратно-поступательное движение ползуна С.

При вращении кривошипа в направлении против часовой стрелки коромысло также вращается в том направлении, т.е. направления вращений кривошипа и коромысла совпадают. Когда кривошип достигает крайнего левого положения, длина основания механизма составляет максимальное значение и ползун занимает крайнее правое положение (рис. 2). В случае, когда кривошип и верхний шатун располагаются на одной линии, коромысло на мгновение останавливается (рис. 3).

При дальнейшем вращении кривошипа коромысло продолжает движение в обратную сторону (рис. 4), при этом изменяется угол качания коромысла и нижний шатун перемещает опору коромысла влево. Минимальное значение длины основания механизма соответствует особому положению, когда все звенья выстраиваются в одну линию (рис. 5). При дальнейшем вращении кривошипа, коромысло качается под воздействием шатуна. Опора коромысла возвращается в исходное положение и механизм переходит в холостой режим.

Таким образом, полный цикл работы механизма переменной структуры состоит из двух периодов: обратного и рабочего хода коромысла. В особом положении механизма кривошип, шатуны и коромысло выстраиваются в одну линию.

Определим функции положения шестизвенного рычажного механизма переменной структуры с регулируемой длиной основания (рис.1).

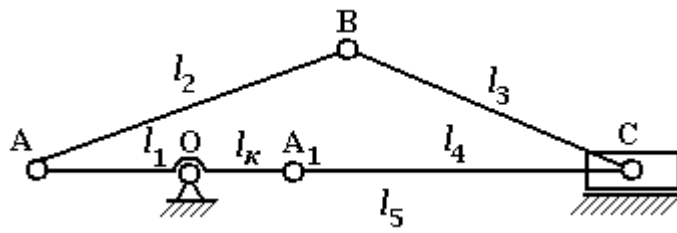


Рис. 2.

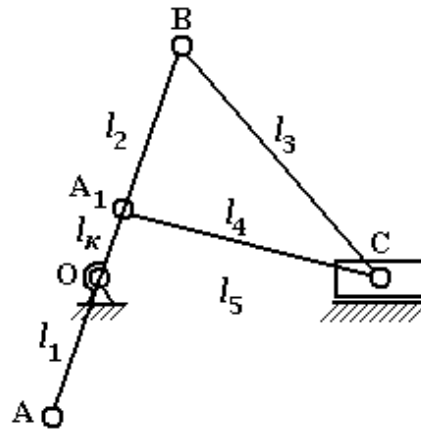


Рис.3.

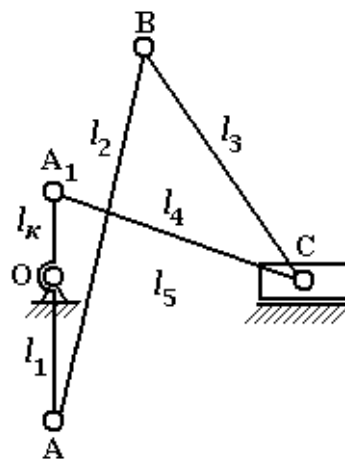


Рис. 4.

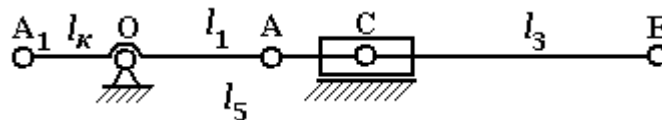


Рис.5.

Для механизма (рис. 1) входной координатой является φ_1 - угол поворота кривошипа l_1 , а выходными координатами, определяющими положение шатуна l_4 и ползуна С можно считать угол φ_4 и координату X_C . Выходными координатами, определяющими, положение коромысла l_3 является угол φ_3 .

Из ΔOCA_1 (рис. 1) по теореме синусов получим,

$$\frac{l_k}{\sin \varphi_4} = \frac{l_4}{\sin(180^\circ - \varphi_1)},$$

$$\text{откуда: } \sin \varphi_4 = \frac{\ell_k \sin(180^\circ - \varphi_1)}{\ell_4} \quad (1)$$

Учитывая, что $\sin(180^\circ - \varphi_1) = \sin \varphi_1$,

$$\text{получим: } \sin \varphi_4 = \frac{\ell_k \cdot \sin \varphi_1}{\ell_4}. \quad (2)$$

Направляющий угол φ_4 звена ℓ_4 определяется:

$$\varphi_4 = \arcsin \frac{\ell_k \cdot \sin \varphi_1}{\ell_4} \quad (3)$$

По теореме косинусов:

$$\ell_5^2 = \ell_k^2 + \ell_4^2 - 2\ell_k \cdot \ell_4 \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi_4) \quad (4)$$

Откуда находим длину звена ℓ_5 , определяющего положение ползуна (длина основания),

$$\ell_5 = \sqrt{\ell_k^2 + \ell_4^2 - 2\ell_k \cdot \ell_4 \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi_4)} \quad (5)$$

где φ_1 - угловая координата кривошипа;

φ_4 - угловая координата нижнего шатуна;

ℓ_k - длина короткого плеча кривошипа;

ℓ_4 - длина нижнего шатуна;

ℓ_5 - длина основания.

Введя обозначения: $\lambda_k = \frac{\ell_k}{\ell_1}$; $\lambda_4 = \frac{\ell_4}{\ell_1}$; $\lambda_5 = \frac{\ell_5}{\ell_1}$; можно записать;

$$\lambda_5 = \sqrt{\lambda_k^2 + \lambda_4^2 - 2\lambda_k \cdot \lambda_4 \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi_4)} \quad (6)$$

Из треугольника OCA_1 (рис. 1.) получим:

$$X_c = OD + DC = \ell_k \cos(180^\circ - \varphi_1) + \ell_4 \cos \varphi_4. \quad (7)$$

Учитывая, что $\cos(180^\circ - \varphi_1) = -\cos \varphi_1$, получим:

$$X_c = -\ell_k \cos \varphi_1 + \ell_4 \cos \varphi_4; \quad (8)$$

Из (2) получим,

$$\sin \varphi_1 = \frac{\ell_4 \sin \varphi_4}{\ell_k}; \quad (9)$$

дифференцируя (8) имеем,

$$\vartheta = \frac{dX_c}{dt} = \ell_k \sin \varphi_1 \frac{d\varphi_1}{dt} - \ell_4 \sin \varphi_4 \frac{d\varphi_4}{dt}; \quad (10)$$

где $\frac{d\varphi_1}{dt} = \omega_1$, а производную $\frac{d\varphi_4}{dt}$ находим, дифференцируя по t равенство, (9)

выражающее зависимость между углами φ_1 и φ_4 :

$$\cos \varphi_4 \frac{d\varphi_4}{dt} = \frac{\ell_k}{\ell_4} \cos \varphi_1 \frac{d\varphi_1}{dt} = \frac{\ell_k}{\ell_4} \cos \varphi_1 \omega_1. \quad (11)$$

$$\text{Откуда: } \frac{d\varphi_4}{dt} = \frac{\ell_k \cos \varphi_1}{\ell_4 \cos \varphi_4} \omega_1 \quad (12)$$

подставляя значения производных $\frac{d\varphi_1}{dt}$ и $\frac{d\varphi_4}{dt}$ в выражение для скорости, получим:

$$v = l_{\varepsilon} \sin \varphi_1 \omega_1 - l_4 \sin \varphi_4 \frac{l_{\varepsilon} \cos \varphi_1}{l_4 \cos \varphi_4} \omega_1 = l_{\varepsilon} \omega_1 \left(\sin \varphi_1 - \sin \varphi_4 \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_4} \right) = l_{\varepsilon} \omega_1 \frac{\sin(\varphi_1 - \varphi_4)}{\cos \varphi_4}; \quad (13)$$

Окончательно получим

$$v = l_{\kappa} \omega_1 \frac{\sin(\varphi_1 - \varphi_4)}{\cos \varphi_4}; \quad (14)$$

Для определения ускорения ползуна, находим производную $\frac{dv}{dt}$;

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{d\varphi_1} \cdot \frac{d\varphi_1}{dt} + \frac{dv}{d\varphi_4} \cdot \frac{d\varphi_4}{dt} = l_{\kappa} \omega_1 \frac{\cos(\varphi_1 - \varphi_4) \cos \varphi_4 \frac{d\varphi_1}{dt} + \sin \varphi_4 \sin(\varphi_1 - \varphi_4) \frac{d\varphi_4}{dt}}{\cos^2 \varphi_4}$$

Подставляя значения $\frac{d\varphi_1}{dt}$ и $\frac{d\varphi_4}{dt}$, получим:

$$a = l_{\kappa} \omega_1 \frac{\cos \varphi_4 \cos(\varphi_1 - \varphi_4) \omega_1 + \sin \varphi_4 \sin(\varphi_1 - \varphi_4) \frac{l_{\kappa}}{l_4} \cdot \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_4} \cdot \omega_1}{\cos^2 \varphi_4} =$$

$$= l_4 \cdot \omega_1^2 \frac{\cos \varphi_4 \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi_4) + \frac{l_{\kappa}}{l_4} \cdot \sin \varphi_4 \cdot \sin(\varphi_1 - \varphi_4)}{\cos^2 \varphi_4}$$

Окончательно получим

$$a = \omega_1^2 \frac{l_4 \cdot \cos \varphi_4 \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi_4) + l_{\kappa} \cdot \sin \varphi_4 \cdot \sin(\varphi_1 - \varphi_4)}{\cos^2 \varphi_4}; \quad (16)$$

Угловые координаты звеньев l_2 и l_3 определяются выражениями, приведенными в [4].

Таким образом, полученные результаты позволяют определить кинематические параметры шестизвенного механизма переменной структуры.

Литература:

1. Абдраимов С., Джуматаев М.С., Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры. –Бишкек: Илим, 1993. - 178 с.
2. Абдраимов С., Невенчанная Т.О. Построение механизмов переменной структуры, исследование их динамики. –Фрунзе: Илим, 1990. - 175 с.
3. Абдраимов С., Гурсунов К.Д. Механизмы переменной структуры и переменного класса в кузнечно - прессовом машиностроении, -Бишкек: Илим, 1993. - 63 с.
4. Теория механизмов и машин. /Под ред. К.В.Фролова. -М.: Высшая школа, 1987. - 496 с.