

АНАЛИЗ ШЕСТИЗВЕННОГО МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ДЛИНОЙ ОСНОВАНИЯ

Аканов Д. К.

Иссыккульский государственный университет
им. К. Тыныстанова, Каракол, Кыргызстан

Аннотация: 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. Также 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.

Ключевые слова: шарнирно-рычажный механизм, машиностроение, шестизвальный, качательное движение, качание коромысла, двухплечный кривошип, ось, кривошипно-коромысловый механизм, механизм переменной структуры, угол, возвратно-поступательное движение, движение ползуна, качательное движение, длина звеньев, верхний шатун, опора коромысла.

ANALYSIS OF THE SIX-LETTER MECHANISM VARIABLE STRUCTURE WITH ADJUSTABLE THE LENGTH OF THE BASE

Akanov D. K.

Issyk-Kul state University named after K. Tynystanov,
Karakol, Kyrgyzstan, akanov.doolot@iksu.kg

Annotation: In article are described a principle of work six part of the mechanism of variable structure. By a known technique the analysis of the mechanism is carried out and formulas of speed and acceleration of slide-block in the analytical form are received. In the given work six part of the mechanism of variable structure is stated with graphic illustrations modes of operations. Are considered position of slide-block for various length of the basis. On the basis of

the analysis of the mechanism of variable structure special position is determined.

Key word: *hinge-lever mechanism, mechanical engineering, six-pin, rocking motion, rocker arm swing, two-arm crank, axis, crank-rocker mechanism, variable structure mechanism, angle, reciprocating motion, slider movement, rocking motion, link length, upper connecting rod, rocker support.*

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 шестизвенника 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.

Шестизвенный 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

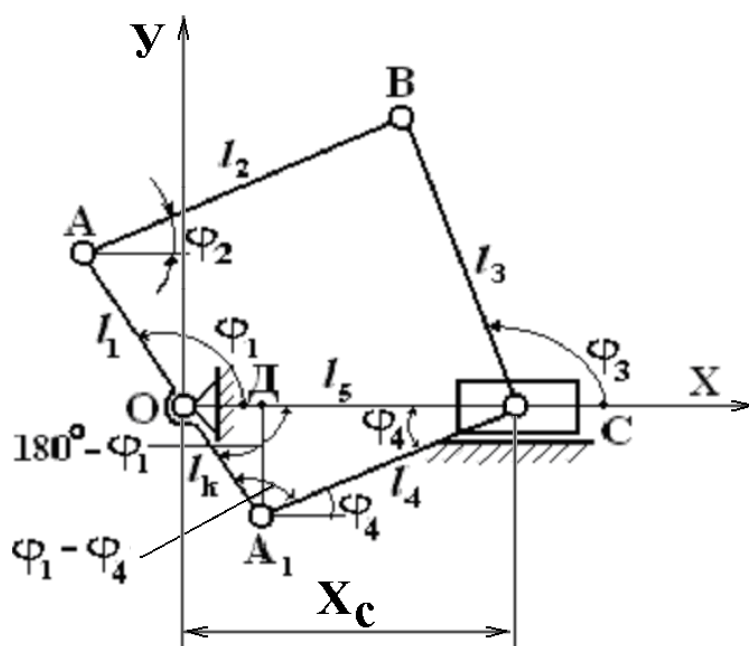


Рис.1. Расчетная схема шестизвенного механизма переменной структуры

ползун C 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 C .

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) [5]. 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).

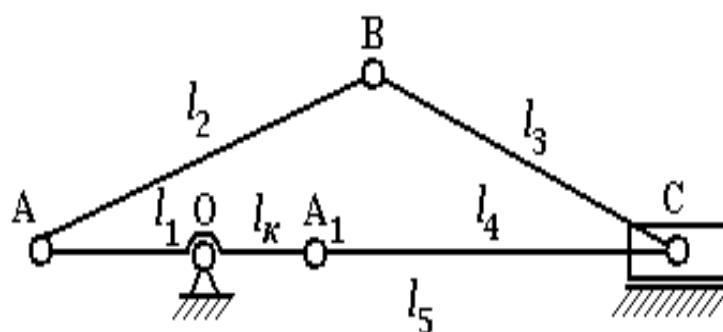


Рис. 2.

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

ℓ_3 является угол φ_3 .

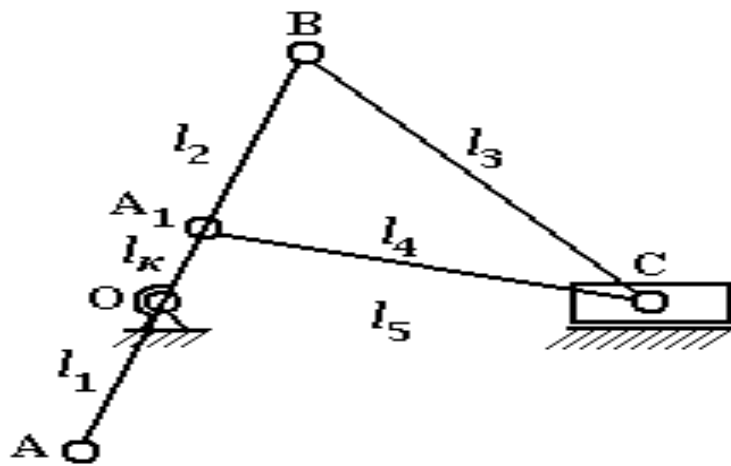


Рис.3.

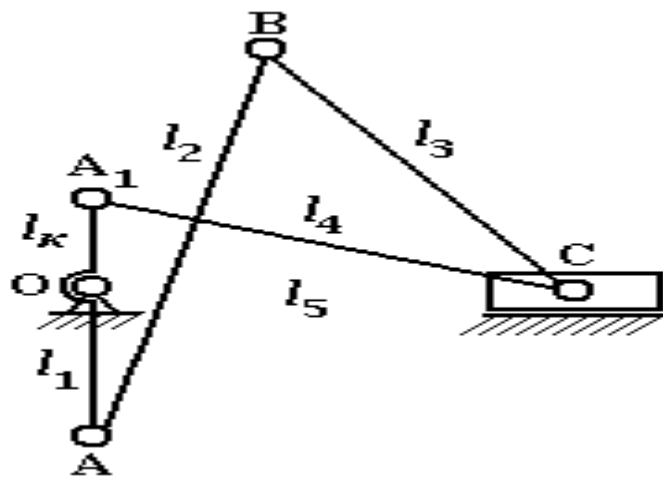


Рис. 4.

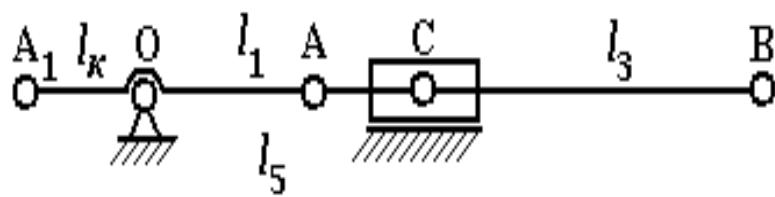


Рис.5.

Из $\triangle OCA_1$ (рис. 1) по теореме синусов получим,

$$\frac{\ell_\kappa}{\sin \varphi_4} = \frac{\ell_4}{\sin(180^\circ - \varphi_1)},$$

$$\text{откуда: } \sin \varphi_4 = \frac{\ell_\kappa \sin(180^\circ - \varphi_1)}{\ell_4}$$

(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 $ОСА_1$ (рис. 1.) получим:

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

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

$$X_c = -\ell_{\kappa} \cos \varphi_1 + \ell_4 \cos \varphi_4; \quad (8)$$

Из (2) получим,

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

дифференцируя (8) имеем,

$$\mathcal{G} = \frac{dX_c}{dt} = \ell_{\kappa} \sin \varphi_1 \frac{d\varphi_1}{dt} - \ell_4 \sin \varphi_4 \frac{d\varphi_4}{dt}; \quad (10)$$

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 :

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

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

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

$$\mathcal{G} = \ell_{\kappa} \sin \varphi_1 \omega_1 - \ell_4 \sin \varphi_4 \frac{\ell_{\kappa}}{\ell_4} \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_4} \omega_1 = \ell_{\kappa} \omega_1 \left(\sin \varphi_1 - \sin \varphi_4 \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_4} \right) = \ell_{\kappa} \omega_1 \frac{\sin(\varphi_1 - \varphi_4)}{\cos \varphi_4}; \quad (13)$$

Окончательно получим

$$\mathcal{G} = \ell_{\kappa} \omega_1 \frac{\sin(\varphi_1 - \varphi_4)}{\cos \varphi_4}; \quad (14)$$

Для определения ускорения ползуна, находим производную $\frac{d\mathcal{G}}{dt}$;

$$a = \frac{d\mathcal{G}}{dt} = \frac{d\mathcal{G}}{d\varphi_1} \cdot \frac{d\varphi_1}{dt} + \frac{d\mathcal{G}}{d\varphi_4} \cdot \frac{d\varphi_4}{dt} = \ell_{\kappa} \omega_1 \frac{\cos(\varphi_1 - \varphi_4) \cos \varphi_4 \frac{d\varphi_1}{dt} + \sin \varphi_4 \sin(\varphi_1 - \varphi_4) \frac{d\varphi_4}{dt}}{\cos^2 \varphi_4}.$$

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

$$\begin{aligned}
a &= \ell_{\kappa} \omega_1 \frac{\cos \varphi_4 \cos(\varphi_1 - \varphi_4) \omega_1 + \sin \varphi_4 \sin(\varphi_1 - \varphi_4) \frac{\ell_{\kappa}}{\ell_4} \cdot \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_4} \cdot \omega_1}{\cos^2 \varphi_4} = \\
&= \ell_4 \cdot \omega_1^2 \frac{\cos \varphi_4 \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi_4) + \frac{\ell_{\kappa}}{\ell_4} \cdot \sin \varphi_4 \cdot \sin(\varphi_1 - \varphi_4)}{\cos^2 \varphi_4}
\end{aligned} \tag{15}$$

Окончательно получим

$$a = \omega_1^2 \frac{\ell_4 \cdot \cos \varphi_4 \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi_4) + \ell_{\kappa} \cdot \sin \varphi_4 \cdot \sin(\varphi_1 - \varphi_4)}{\cos^2 \varphi_4}; \tag{16}$$

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.

Использованная 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., Турсунов 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.
5. Еремьянц В.Э. Построение и анализ динамических моделей механизмов. Учебное пособие в 5 частях. Часть 5. Динамические модели машин с плоскими шарнирно-рычажными механизмами. Бишкек: Изд-во Кыргызско-Российско-Славянского университета. 2007. – С. 24-31.