

Зиялиев Кадырбек Жанузакович - д. т. н, профессор,
Чинбаев Омурбек Конопияевич - ст. преподаватель,
Дюшембаев Жээнбек Жакшылыкович - ст. преподаватель,
Иссык-Кульский государственный университет им. К.Тыныстанова,
г. Каракол, Кыргызская Республика,
Email: zheenbek@iksu.kg

КИНЕМАТИКА МЕХАНИЗМОВ С ОСОБЫМИ ПОЛОЖЕНИЯМИ

Исследованы шарнирно-четырёхзвенные механизмы с использованием общего начала отсчета движения. Приведены условия существования особого положения механизмов в зависимости от соотношений длин звеньев. Приведены графики зависимостей угловых координат.

Ключевые слова: Кинематика, ударный механизм, кинематический анализ, угловой координат

Ziialiev Kadyrbek Zhanuzakovich
Doctor of technical science, professor,
Chinbaev Omurbek Konopiiievich -senior lecturer,
Diushembaev Zheenbek Zhakshylykovich - senior lecturer,
Issyk-Kul State University named after K. Tynystanov,
Karakol city, Kyrgyz Republic,

KINEMATICS OF MECHANISMS WITH SPECIAL POSITIONS

Four-bar mechanisms using the general initiation of motion counting are investigated. The conditions for the existence of a special position of the mechanisms are given, depending on the relationship of the lengths of the links. Graphs of the dependencies of the angular coordinates are given.

Key words: Kinematics, shock mechanism, kinematic analysis, angular coordinates

В процессе работы отдельных механизмов с определенными с соотношениями длин звеньев возникает неопределенность в движении звеньев. Причиной тому является наличие у механизма «особого положения».

Особое положение – это положение механизма, при котором возникает неопределенность в движении звеньев, т.е. при движении ведущего звена в определенном направлении, ведомое звено может двигаться в том же или ином направлении. Следовательно, в особом положении механизм может перейти из одного закона движения в другой, кроме того некоторые из них могут переходить из второго класса в первый и наоборот.

На рис. 1 представлена кинематическая схема шарнирно-четырёхзвенного механизма, в которой видно, что при одном и том же положении ведущего звена l_1 звенья l_2 и l_3 могут иметь два различных положения, т.е. две схемы сборки. Схему сборки механизма, в которой звенья изображены сплошными линиями назовем *первой*, а схему в которой звенья указаны пунктирными линиями *второй* схемой сборки механизма. Эти две схемы отличаются друг от друга последовательностью расположения точек В, С и D в контуре треугольника.

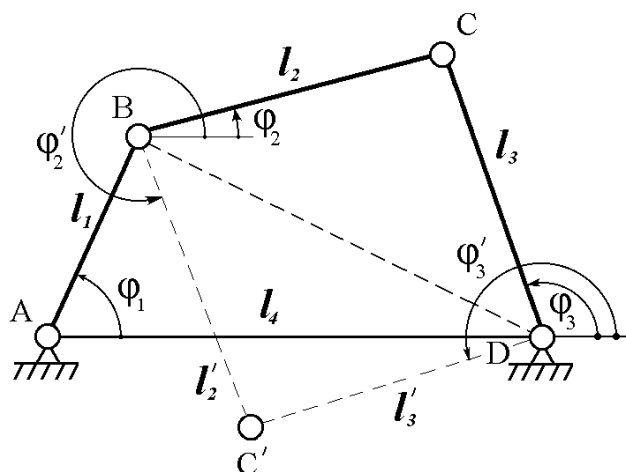


Рис. 1. Две схемы сборки шарнирно-четырёхзвенного механизма.

Если в процессе работы механизма схема сборки не меняется, т.е. последовательность расположения указанных выше точек по контуру треугольника не изменяется, то можно утверждать, что механизм работает по одному закону движения (по первому, которая соответствует первой схеме сборки или по второму, которая соответствует второй схеме сборки). Но существуют механизмы, которые в определенном положении (положениях) могут переходить из одной схемы сборки в другую, соответственно из одного закона движения в другой закон движения. Эти положения механизма и являются «особыми», а механизмы с такими положениями называются механизмами с особыми положениями.

Существуют множество вариантов уравнений для определения зависимостей $\varphi_3 = f(\varphi_1)$ и $\varphi_2 = f(\varphi_1)$. Такие уравнения были составлены и нами [1], которые более удобны в использовании, т.к. не требуют дополнительных описаний и все условия включены в само уравнение. Так, например, для первой схемы сборки угловая координата коромысла определяется по формуле:

$$\varphi_3 = \operatorname{sgn}(-\sin \varphi_1) \cdot \arccos \frac{\lambda_4 - \cos \varphi_1}{\sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}} + \arccos \frac{\lambda_2^2 - \lambda_3^2 - \lambda_4^2 + 2\lambda_4 \cos \varphi_1 - 1}{2\lambda_3 \sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}}. \quad (1)$$

При второй схеме сборки механизма, нарисованного пунктирными линиями (рис. 1), угловая координата коромысла определяется как:

$$\varphi_3^* = \operatorname{sgn}(-\sin \varphi_1) \cdot \arccos \frac{\lambda_4 - \cos \varphi_1}{\sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}} - \arccos \frac{\lambda_2^2 - \lambda_3^2 - \lambda_4^2 + 2\lambda_4 \cos \varphi_1 - 1}{2\lambda_3 \sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}}. \quad (2)$$

Аналогичным образом определяется угловая координата шатуна при первой схеме сборки шарнирно-четырёхзвенного механизма [1]:

$$\varphi_2 = \operatorname{sgn}(-\sin \varphi_1) \cdot \arccos \frac{\lambda_4 - \cos \varphi_1}{\sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}} + \arccos \frac{1 + \lambda_2^2 + \lambda_4^2 - \lambda_3^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}{2\lambda_2 \sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}}. \quad (3)$$

При второй схеме сборки этот угол определяется как:

$$\varphi_2^* = \operatorname{sgn}(-\sin \varphi_1) \cdot \arccos \frac{\lambda_4 - \cos \varphi_1}{\sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}} - \arccos \frac{1 + \lambda_2^2 + \lambda_4^2 - \lambda_3^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}{2\lambda_2 \sqrt{1 + \lambda_4^2 - 2\lambda_4 \cos \varphi_1}}. \quad (4)$$

Условием существования особого положения механизма является то, что коромысло (наибольшее коромысло в двухкоромысловом механизме или наибольший кривошип в двухкривошипном механизме) и шатун лежат на одной линии. Это возможно при следующих условиях [2]:

- 1) окружность радиуса $l_3 - l_2$ ($l_3 \geq l_2$) с центром в точке D пересекается с окружностью радиуса l_1 с центром в точке A (рис. 2,а);
- 2) окружность радиуса $l_2 - l_3$ ($l_2 \geq l_3$) с центром в точке D пересекается с окружностью радиуса l_1 с центром в точке A (рис. 2,б);
- 3) окружность радиуса $l_3 + l_2$ с центром в точке D пересекается с окружностью радиуса l_1 с центром в точке A (рис. 2,в).

Эти три условия, в зависимости от соотношений длин звеньев, могут существовать каждое по отдельности или в следующем сочетании: 1) первое и второе; 2) первое и третье; 3) второе и третье; 4) первое, второе и третье.

Объединение второго и третьего условий существования особых положений механизмов можно сформулировать так: если окружность радиуса $|l_3 - l_2|$ с центром в точке D пересекается с окружностью радиуса l_1 с центром в точке A, то существует особое положение механизма.

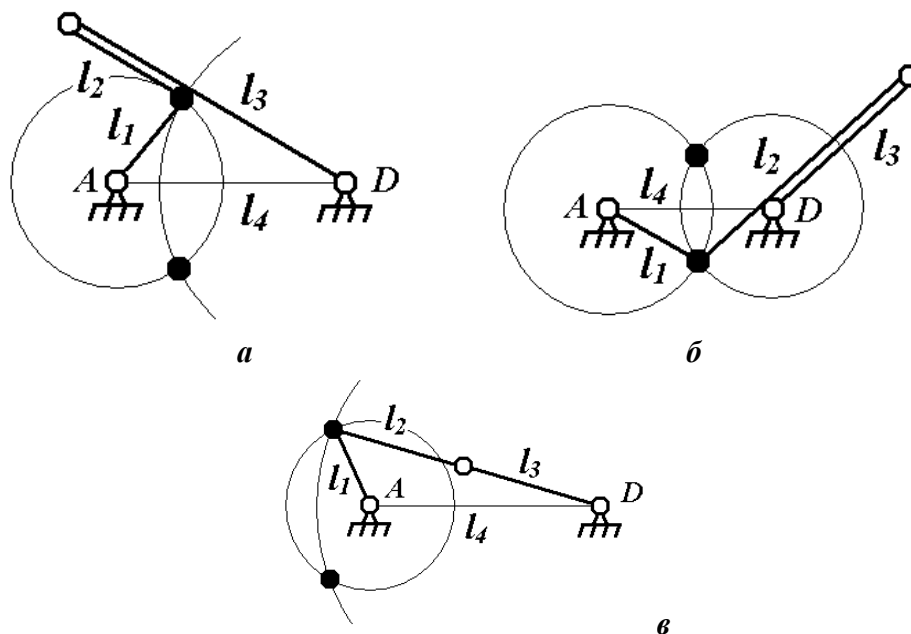


Рис. 2 Виды особых положений механизма

Количество точек пересечения этих окружностей определяет количество особых положений механизма. Исключением является положение, когда окружность радиуса l_1 одновременно пересекается с окружностями радиусов $l_3 - l_2$ и $l_3 + l_2$ в четырех точках (с каждой окружностью в двух), в этом случае особые положения рассматриваемого механизма определяются только двумя точками, лежащими по одну сторону оси межопорного расстояния в зависимости от того, как собран механизм (рис.3). Только разобрав его и собрав заново, можно получить остальные два особые положения механизма.

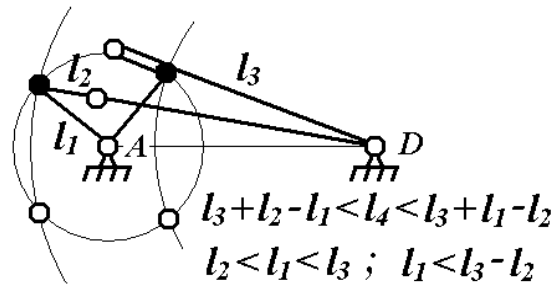


Рис. 3. Механизм с двумя несимметричными особыми положениями

Для наглядности рассмотрим на конкретном примере зависимость $\varphi_3 = f(\varphi_1)$ для механизма с тремя особыми положениями с соотношением длин звеньев $l_2 < l_1 < l_3$; $l_1 < l_3 - l_1$ при $l_4 = l_3 + l_2 - l_1$.

Графики зависимостей углов φ_3 и φ_3^* от обобщенной координаты φ_1 рассматриваемого механизма представлены на рис. 5, где жирная линия, соответствующая первому закону движения стыкуется с тонкой линией, соответствующей второму закону движения, в трех точках, которые соответствуют особым положениям механизма.

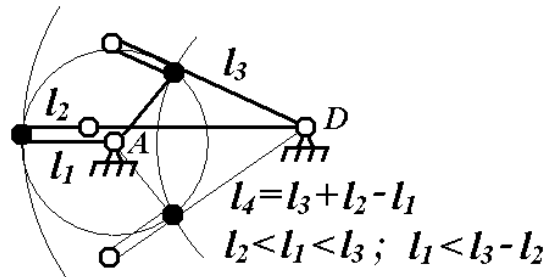


Рис. 4 Механизм с тремя особыми положениями

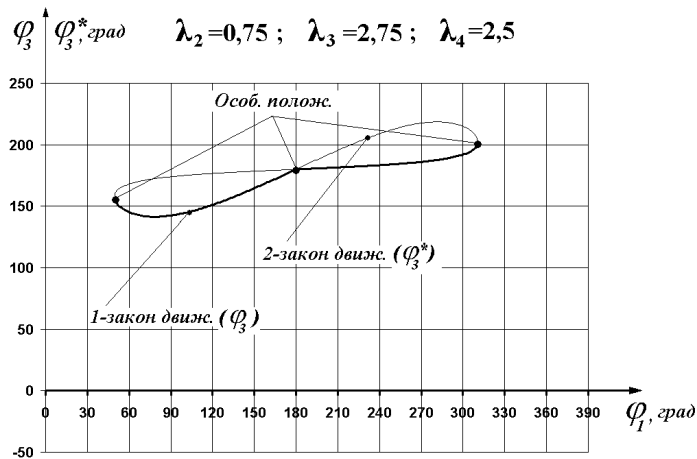


Рис. 5. Графики зависимостей угловых координат φ_3 и φ_3^* от угла φ_1 для механизма с соотношениями длин звеньев $l_2 < l_1 < l_3$; $l_1 < l_3 - l_1$ при $l_4 = l_3 + l_2 - l_1$.

Анализируя графические зависимости, представленные на рис. 5, можно увидеть, что рассматриваемый механизм может работать как по одному из двух законов движения или с различными их сочетаниями. В результате сочетания двух законов движения в различной последовательности, у этих механизмов появляется возможность работы в двухкоромысловом режиме по четырнадцати вариантам. Как *Известия ОшТУ, 2018 №3*

видно из графиков на рис. 5, при работе механизма только по первому или второму закону движения, в среднем особом положении происходит скачкообразное изменение зависимостей $\varphi_1(\varphi_3)$ и $\varphi_1(\varphi_3^*)$, и соответственно передаточного числа u_{31} . Когда механизм работает, переходя в каждом особом положении из одного закона движения в другой, то передаточное отношение u_{31} изменяется плавно [2].

Из трех особых положений механизма среднее особое положение, отличается от других особых положений тем, что в этом положении все звенья встраиваются в одну линию. Именно такое особое положение имеют известные нам три вида ударных механизмов: с наибольшим коромыслом, с наибольшим шатуном и с наибольшим основанием.

В качестве примера рассмотрим шарнирно-четырёхзвенный ударный механизм с наибольшим шатуном (рис. 6). Из графиков, приведенных на рис. 7 видно, что данный механизм может работать в кривошипно-коромысловом режиме по двум законам движения звеньев и обладает свойством переключаться из одного закона движения в другой в особом положении звеньев. Режим работы таких механизмов, при котором одно качательное движение коромысла совершается за один оборот кривошипа (работа механизма только по определенному закону движения), используется в ударных машинах для совершения удара коромыслом по инструменту. В случае если каждый раз в особом положении механизм поочередно переходит из одного закона движения в другой, то получится кривошипно-коромысловый режим работы механизма, при котором одно качательное движение коромысла совершается за два оборота кривошипа.

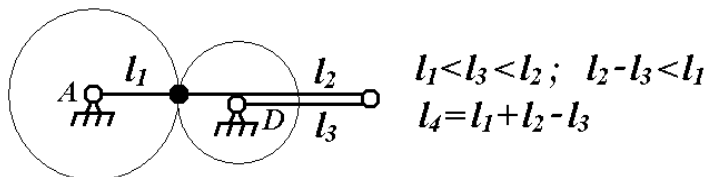


Рис. 6 Ударный механизм с наибольшим шатуном

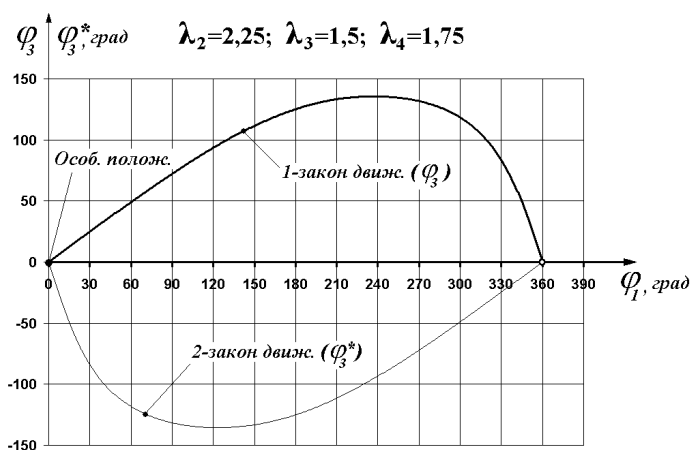


Рис. 7. Графики зависимостей угловых координат φ_3 и φ_3^* от угла φ_1 для механизма с соотношением длин звеньев $l_1 < l_3 < l_2$; $l_2 - l_3 < l_1$ при $l_4 = l_1 + l_2 - l_3$.

В заключение можем отметить, по указанной выше методике проведен кинематический анализ всех видов шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями, в том числе указанных выше трех ударных механизмов, на основе которых на базе Инженерной академии КР и института Машиноведения разработаны и созданы высокоэффективные машины ударного и ударно – вращательного действия.

Литература:

1. **Абдраимов, С.** Определение угловых координат шарнирно-четырёхзвенных механизмов. [Текст] / К.Ж. Зиялиев, О.К. Чинбаев, А.Б. Такырбашев, Н.Ж. Жакыпов // Исследования и результаты. – Алматы: Казахский Национальный аграрный университет, №3, 2006. – С. 216-219.
2. **Зиялиев, К.Ж.** Анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями. [Текст] / Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. - №3 (21)–Алматы, 2006. – С. 41–45.