

ИССЛЕДОВАНИЕ ШАРНИРНО-ЧЕТЫРЕХЗВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ С ОСОБЫМИ ПОЛОЖЕНИЯМИ

Зиялиев Кадырбек Жанузакович, д.т.н., профессор, Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова, Кыргызстан, 722200 г.Каракол, тел.:0773929515, email: zheenbek@iksu.kg

Чинбаев Омурбек Конопияевич, ст. преподаватель, Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова, Кыргызстан, 722200 г.Каракол, Тел: 0773929515, email: zheenbek@iksu.kg

Дюшембаев Жээнбек Жакшылыкович, ст. преподаватель, Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова, Кыргызстан, 722200 г.Каракол, тел.:0777327907 email: zheenbek@iksu.kg

Аннотация: 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: Кинематический анализ; шарнирно-четырёхзвенный механизм; угловые координаты; приведение сил и масс.

INVESTIGATION OF THE FOUR-BAR MECHANISMS WITH SPECIAL POSITIONS

Ziialiev Kadyrbek Zhanuzakovich, Doctor of technical science, professor, Issyk-Kul State University named after K. Tynystanov, Kyrgyzstan, 722200, Karakol, email: zheenbek@iksu.kg

CHinbaev Omurbek Konopiiaevich, Senior Lecturer, Issyk-Kul State University named after K. Tynystanov, Kyrgyzstan, 722200, Karakol, email: zheenbek@iksu.kg

Diushembaev ZHeenbek ZHakshylykovich, Senior Lecturer, Issyk-Kul State University named after K. Tynystanov, Kyrgyzstan, 722200, Karakol, email: zheenbek@iksu.kg

Abstract: 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.

Keywords: kinematic analysis; four-bar mechanism; angular coordinates; mechanisms with special positions

Особое положение – это положение механизма, при котором возникает неопределенность в движении звеньев, т.е. при движении ведущего звена в одном и в том же 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.

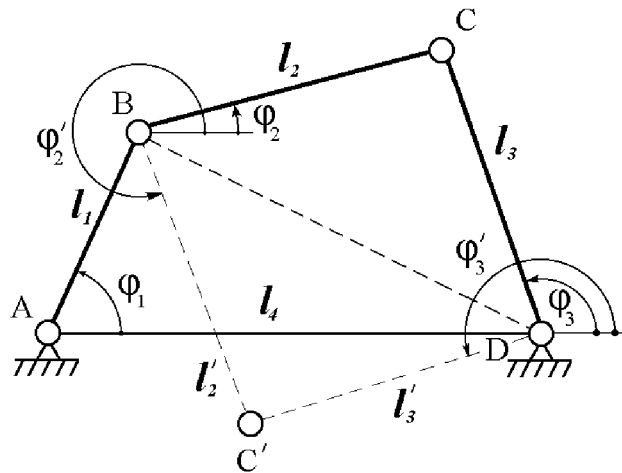


Рис. 1. Две схемы сборки шарнирно-четырёхзвенного механизма.

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».

Существуют множество вариантов уравнений для определения зависимостей $\varphi_3 = f(\varphi_1)$ и $\varphi_2 = f(\varphi_1)$. Такие уравнения были составлены и нами, 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:

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

В работе [2] был произведен полный геометрический анализ всех видов шарнирно-четырёхзвенного механизма, включая и механизмов с особыми положениями. Но в этой работе были приняты следующие правила для построения зависимостей: Началом отсчета движения кривошипа принято его вертикальное к основанию положение, а для коромысла – то положение, которое соответствует начальному положению кривошипа. При исследовании

двухкоромыслового и кривошипно-коромысловых механизмов за начало отсчета приняты положения механизмов, когда коромысло принимает крайнее положение при повороте его по часовой стрелке [2]. Такой подход, как нам кажется, затрудняет анализ движения звеньев, т.к. в этом случае сравнение угловых координат механизмов с различными соотношениями длин звеньев становится практически невозможным, т.к. для каждого механизма приходится первоначально установить начальное положение коромысла, а в некоторых случаях и для кривошипа.

Вышеуказанный недостаток анализа можно исключить, если принять для всех механизмов и звеньев механизма принять общее начало отсчета движения, т.е. ось направленный от шарнира А к шарниру D (см. рис. 1). Используя данную систему отсчета, будем анализировать не все виды шарнирно-четырёхзвенного механизма, а только те, которые имеют особые положения. Для этого в качестве ведущего звена принимаем кривошип в кривошипно-коромысловых механизмах, наименьшее коромысло в двухкоромысловых механизмах и наименьший кривошип в двухкривошипных механизмах.

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 [3]:

- 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 А (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 А (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 А (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 А, то существует особое положение механизма.

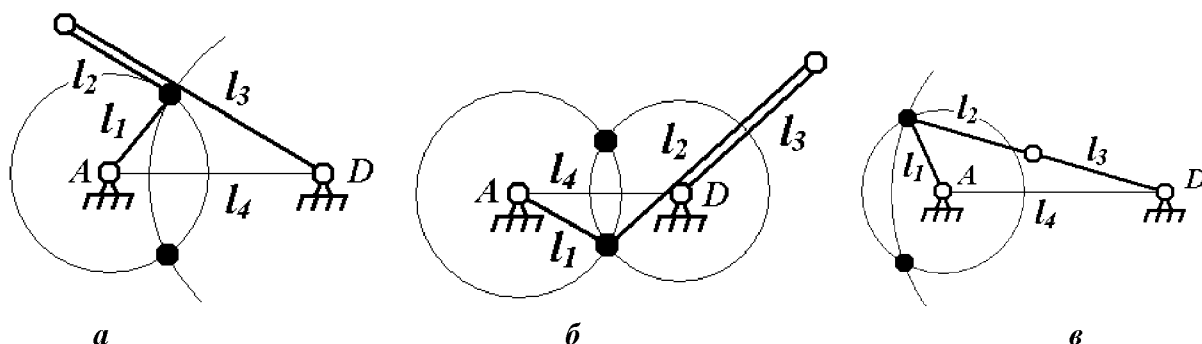


Рис. 2

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.

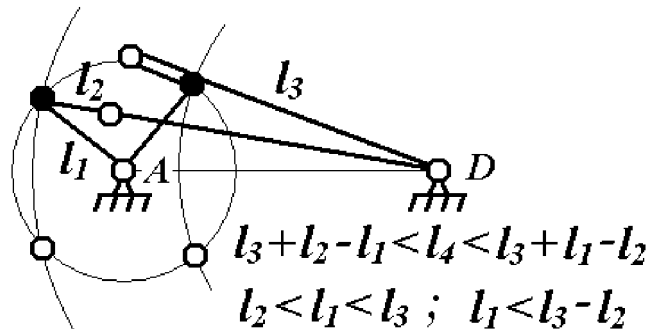


Рис. 3.

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.

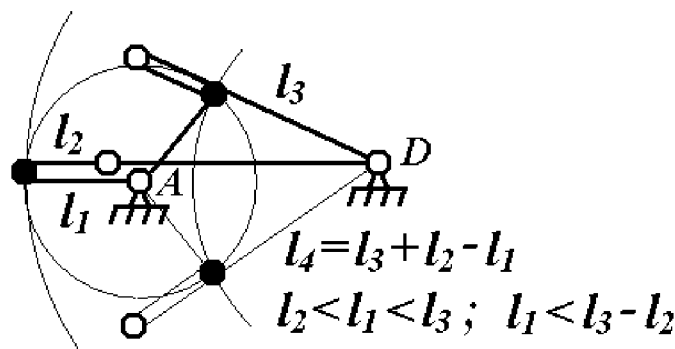


Рис. 4

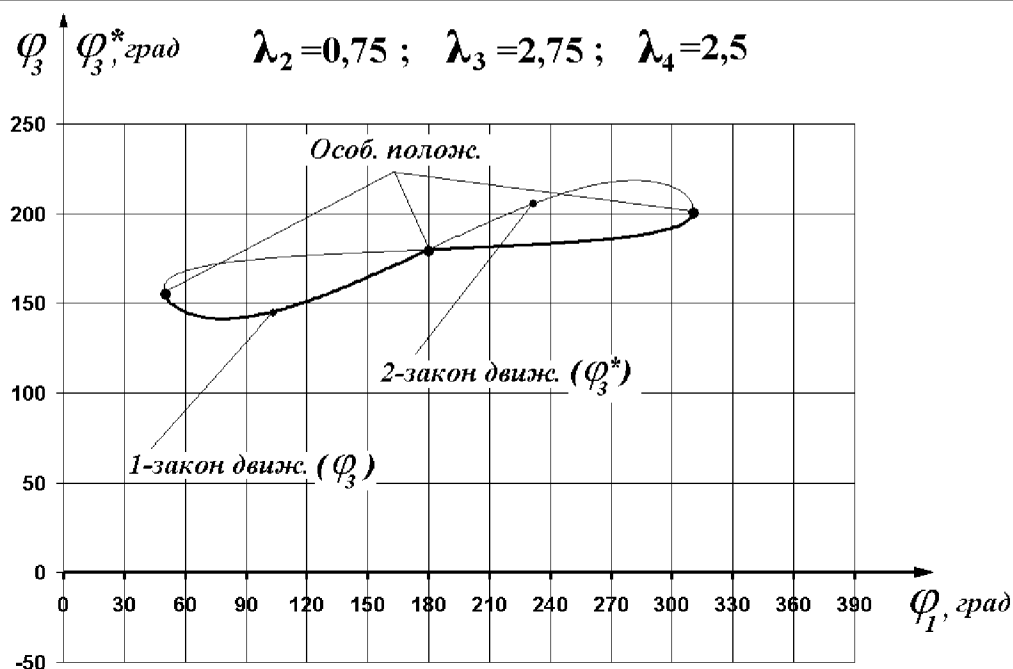


Рис. 5. Графики зависимостей угловых координат φ_3 и φ_3^* от угла φ_1 для механизма с соотношениями длин звеньев $l_2 < l_1 < l_3$; $l_1 < l_3 - l_1$ при $l_4 = l_3 + l_2 - l_1$.

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 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.

В заключении можем отметить, по указанной выше методике проведен кинематический анализ всех видов шарнирно-четырёхзвенных механизмов, в том числе ударных механизмов с наибольшим коромыслом, с наибольшим шатуном и с наибольшим основанием. На их основе на базе Инженерной академии КР и института Машиноведения разработаны и созданы высокоэффективные машины ударно и ударно – вращательного действия.

Список литературы

1. Абдраимов С., Зиялиев К.Ж., Чинбаев О.К., Такырбашев А.Б., Жакыпов Н.Ж. Определение угловых координат шарнирно-четырёхзвенных механизмов / Исследования и результаты. – Алматы: Казахский Национальный аграрный университет, №3, 2006. – С. 216-219.
2. Абдраимов С., Джуматаев М.С. Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры. - Бишкек, 1990. – 154 с.
3. Зиялиев К.Ж. Анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми положениями / Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. -№3 (21)–Алматы, 2006. – С. 41–45.