

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОМЕТРИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ЧЕТЫРЕХЗВЕННЫХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Зиялиев К.Ж., Чинбаев О.К., Такырбашев А.Б., Дюшембаев Ж.Ж.

Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова, г.Каракол

Ключевые слова: шарнирно-четырёхзвенный механизм, механизм переменной структуры, механизмы с особыми положениями, пространственная диаграмма шарнирно-четырёхзвенных механизмов.

Аннотация. Предложен метод структурного и кинематического анализа и синтеза четырёхзвенных механизмов с применением методов аналитической геометрии. Данный метод позволяет классифицировать эти механизмы, синтезировать новые схемы механизмов переменной структуры, которые могут быть использованы в создании машин ударного и виброударного действия.

Во многих случаях при исследовании рычажных механизмов целесообразно использовать не абсолютные, а относительные размеры звеньев, принимая длину одного из звеньев в качестве единицы измерения [1]. Это позволяет на одну сократить число рассматриваемых переменных (длин звеньев), что создает определенные удобства при кинематическом анализе механизмов. Для четырёхзвенных механизмов число переменных становится равным трем и появляется возможность исследования их в трехмерной декартовой системе координат с использованием методов аналитической геометрии.

В трехмерной прямоугольной системе координат с осями λ_2, λ_3 и λ_4 каждый шарнирно-четырёхзвенный механизм с относительными размерами звеньев λ_2, λ_3 и λ_4 (рис. 1) будет представлен в виде точки $M(\lambda_2; \lambda_3; \lambda_4)$, т.е. каждый механизм имеет свое место в пространстве (рис. 2) [2].

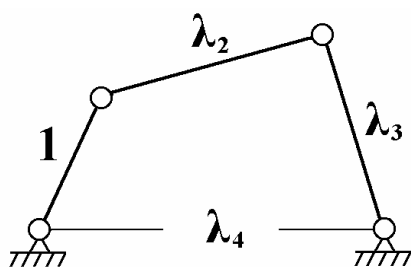


Рис. 1. Структурная схема шарнирно-четырёхзвенного механизма

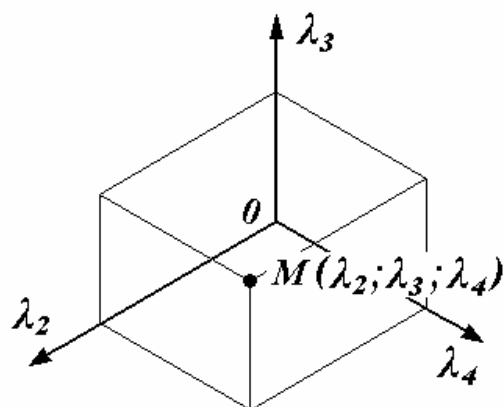


Рис. 2. Шарнирно-четырёхзвенный механизм с относительными размерами звеньев λ_2, λ_3 и λ_4 , представленный в виде точки в пространстве

Можно утверждать, что если один механизм с определенным соотношением длин звеньев представляет собой точку в пространстве, то вся

совокупность шарнирно-четырёхзвенных механизмов, т.е. совокупность точек, должна представлять объёмную фигуру, которая и является областью существования шарнирно-четырёхзвенных механизмов.

Для определения области существования шарнирно-четырёхзвенных механизмов математически опишем условия существования шарнирно-четырёхзвенного механизма, которые можно сформулировать так: длина каждого звена механизма должна быть больше нуля, но в то же время длина каждого звена не должна превышать сумму длин остальных трех звеньев. Эти условия математически можно выразить следующей системой неравенств:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1. \lambda_2 > 0 \\ 2. \lambda_3 > 0 \\ 3. \lambda_4 > 0 \\ 4. \lambda_2 < \lambda_3 + \lambda_4 + 1 \text{ или} \\ 5. \lambda_3 < \lambda_2 + \lambda_4 + 1 \\ 6. \lambda_4 < \lambda_2 + \lambda_3 + 1 \\ 7. \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 > 1 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} 1. \lambda_2 > 0 \\ 2. \lambda_3 > 0 \\ 3. \lambda_4 > 0 \\ 4. \lambda_3 > \lambda_2 - \lambda_4 - 1 \\ 5. \lambda_3 < \lambda_2 + \lambda_4 + 1 \\ 6. \lambda_3 > -\lambda_2 + \lambda_4 - 1 \\ 7. \lambda_3 > -\lambda_2 - \lambda_4 + 1 \end{array} \right. \quad (1)$$

Решение данной системы неравенств, т.е. область существования шарнирно-четырёхзвенных механизмов графически представляет объёмную фигуру, представленную на рис. 3. Здесь следует заметить, что сама наружная оболочка данной фигуры (т.е. грани L, M, V, E, W, N и H) не входит в область существования механизмов.

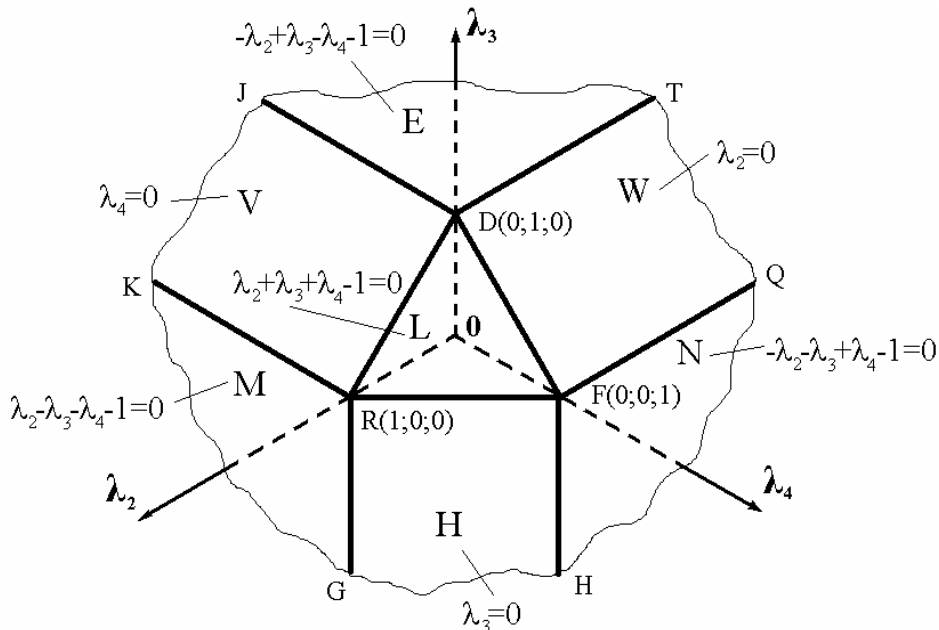


Рис. 3. Область существования шарнирно-четырёхзвенных механизмов

Рассмотрим теперь, как разделена область существования шарнирно-четырёхзвенных механизмов между тремя их видами: двухкривошипными, кривошипно-коромысловыми и двухкоромысловыми, условия существования каждого из которых определены теоремой Грасгофа. Согласно данной теореме шарнирно-четырёхзвенный механизм будет двухкривошипным, если сумма длин

самого короткого и самого длинного звеньев меньше или равна сумме длин остальных звеньев и за стойку принято самое короткое его звено.

Условие существования двухкривошипного механизма математически можно выразить следующей системой неравенств:

$$\begin{cases} \lambda_{4(н.м)} + 1_{(н.б)} \leq \lambda_2 + \lambda_3 \\ \lambda_{4(н.м)} + \lambda_{3(н.б)} \leq \lambda_2 + 1 \\ \lambda_{4(н.м)} + \lambda_{2(н.б)} \leq 1 + \lambda_3 \end{cases} \quad (2)$$

Приведем систему неравенств (2) к следующему виду:

$$\begin{cases} \lambda_3 \geq -\lambda_2 + \lambda_4 + 1 \\ \lambda_3 \leq \lambda_2 - \lambda_4 + 1 \\ \lambda_3 \geq \lambda_2 + \lambda_4 - 1 \end{cases} \quad (3)$$

Решением данной системы неравенств является объемная фигура, представленная на рис. 4.

Аналогичным образом, составив и решив системы неравенств для кривошипно-коромысловых и двухкоромысловых механизмов, и объединив эти фигуры с объемными фигурами, представленными на рисунках 3 и 4, получим полностью составленную «пространственную диаграмму шарнирно-четырёхзвенного механизма» (рис. 5).

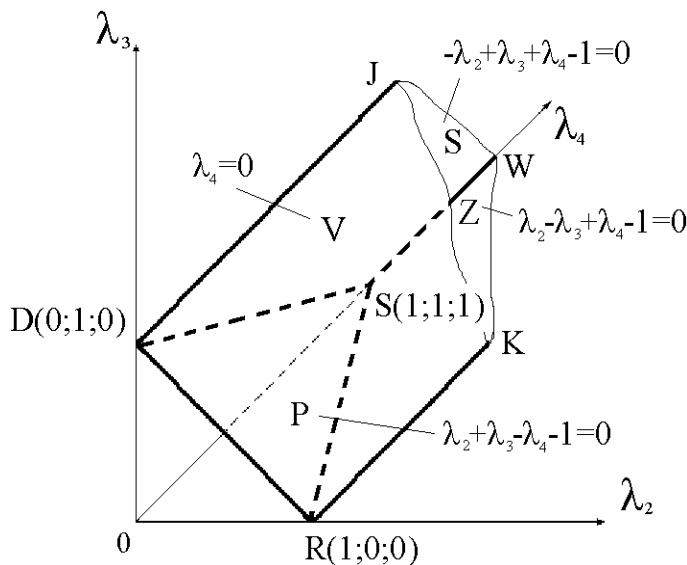


Рис. 4. Область существования двухкривошипных механизмов

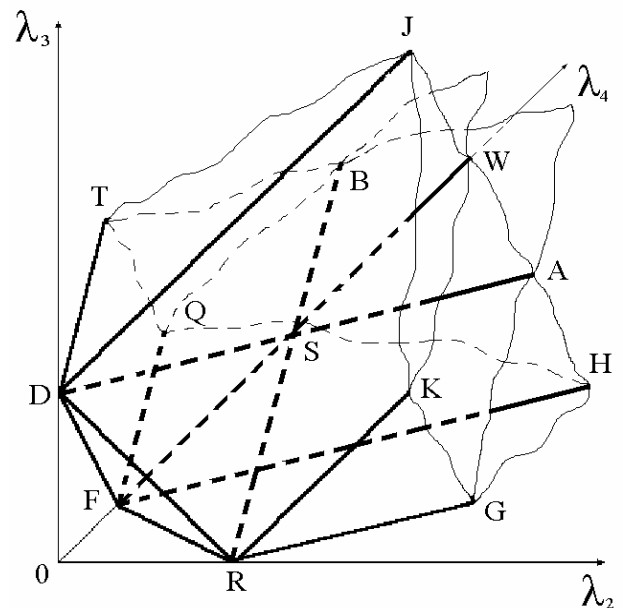


Рис. 5. Пространственная диаграмма шарнирно-четырёхзвенного механизма

Пространственная диаграмма позволяет классифицировать шарнирно-четырёхзвенные механизмы. Особый интерес вызывают те механизмы, которые соответствуют плоскостям, разделяющим области существования двухкривошипных, кривошипно-коромысловых и двухкоромысловых механизмов (т.е. внутренним плоскостям диаграммы), а также их пересечениям. Поскольку эти плоскости относятся одновременно двум разным областям существования механизмов, то соответственно могут работать в двух режимах, а некоторые грани

и точка S, которые расположены на стыке трех областей существования механизмов, могут работать во всех трех режимах. Исключительным свойством этих механизмов является то, то они имеют «особые положения», при которых все звенья механизма будут лежат в одной линии. Также следует заметить, что пространственную диаграмму условно можно разделить на верхнюю и нижнюю части, которые разделены плоскостью $\lambda_3=1$. Все механизмы нижней части диаграммы являются уменьшенными и симметричными относительно вертикальной оси копиями механизмов верхней части диаграммы.

В таблице 1 приведены некоторые из этих механизмов с «особыми положениями», относящихся верхней части диаграммы.

Табл. 1.

№	Элемент пространственной диаграммы шарнирно-четырёхзвенного механизма	Структурная схема механизма	Название механизма
1	Точка S		Механизм квадрата
2	Луч SW		Кривошипно-коромысловый механизм Галловея
3	Луч SB		Двухкривошипный механизм Галловея
4	Луч SA		Механизм параллелограмма
5	Отрезок SD		Механизм параллелограмма
6	Грань ASB		Ударный механизм с наибольшим основанием
7	Грань BSW		Ударный механизм с наибольшим коромыслом
8	Грань ASW		Ударный механизм с наибольшим шатуном
9	Грань BSDT		Двухкоромысловый механизм с особым положением
10	Грань WSDJ		Двухкривошипный механизм с особым положением
11	Грань WSK		Двухкривошипный механизм с особым положением

Механизмы с особыми положениями обладают уникальными свойствами и могут быть использованы при создании различных машин. В качестве примера можем отметить, что в течение последних 15-20 лет на базе Инженерной академии КР и института Машиноведения НАН КР созданы опытные образцы перфораторов, отбойных молотков, молотов, уплотнительных и других машин, в которых в качестве исполнительных механизмов использованы механизмы, представленные в таблице 1 с порядковыми номерами 6, 7 и 8. В настоящее время проводятся научно-исследовательские работы по усовершенствованию этих машин и по созданию новых машин на основе механизмов с особыми положениями.

Список литературы

1. Фролов К.В. Теория механизмов и машин. – М.: Высшая школа, 1987. – 496 с.
2. Зиялиев К.Ж., Чинбаев О.К., Дюшембаев Ж.Ж. Структурный анализ и синтез шарнирно-рычажных механизмов методами аналитической геометрии // Известия ВУЗов Кыргызстана. – 2016. – №5.

Сведения об авторах:

Зиялиев Кадырбек Жанузакович – д.т.н., профессор, проректор по научной работе, ИГУ, г.Каракол;

Такырбашев Амангелди Бексултанович – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Машиноведение», ИГУ, г.Каракол;

Чинбаев Омурбек Конопияевич – старший преподаватель, ИГУ, г.Каракол;

Дюшембаев Жээнбек Жакшылыкович – старший преподаватель ИГУ, г.Каракол.

ANALYTIC GEOMETRY IN RESEACH OF FOUR-BAR LINKAGE MECHANISMS

Ziialiev K.Zh., Takyrbashev A.B., Chinbaev O.K., Dushembaev Zh.Zh.

Keywords: four-bar linkage mechanism, variable structure mechanism, mechanisms with special positions, three-dimensional diagram of four-bar linkage mechanisms.

Abstract. A method of structural and kinematic analysis and synthesis of four-bar linkage mechanisms using methods of analytic geometry is proposed. This method allows to classify these mechanisms, to synthesize new schemes of variable structure mechanisms, which can be used in the creation of hammer mechanisms.