

ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ РЫЧАЖНЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ С ПЯТИКРАТНЫМ УЗЛОМ ИНТЕРПОЛЯЦИИ

Харжевский В.А.

Хмельницкий национальный университет,

Украина, г. Хмельницкий, ул. Институтская, 11, [vk@solidworks.net.ua](mailto:vk@solidworks.net)

При проектировании современных машин часто возникает задача синтеза механизмов, у которых некоторая точка исполнительного звена должна перемещаться в процессе работы по заранее заданной траектории. Такие механизмы называют направляющими, причем широкое применение в машиностроении получили прямолинейно-направляющие и круговые направляющие механизмы, осуществляющие приближение некоторого участка траектории соответственно к прямой линии и дуге окружности.

Для решения этой задачи могут использоваться различные типы механизмов, в частности, рычажные, которые имеют ряд существенных преимуществ: содержат лишь низшие кинематические пары, обеспечивают геометрическое замыкание звеньев, а вследствие этого имеют повышенную надежность, долговечность, нагрузочную способность, а также обеспечивают высокие рабочие скорости. Кроме того, на их основе проектируют также цикловые механизмы с периодической остановкой выходного звена [1,3,4].

Круговые и прямолинейно-направляющие механизмы могут быть созданы на базе шарнирного четырехзвенного механизма (рис. 1). Существует два направления в синтезе таких механизмов [1,3]:

1) алгебраические методы Чебышева на основе теории наилучшего приближения функций. В этом направлении следует отметить работы Блоха, Киницкого, Саркисяна, Эдиляна, Гассманна;

2) методы кинематической геометрии, развитие которых проводилось в работах Бурместера, Бейера, Геронимуса, Черкудинова и др. Современный обзор методов кинематической геометрии, приведен в работе Уанга [4]. Особенностью этих методов является поиск в шатунной плоскости узлов интерполяции высокой кратности, в которых совпадают не только шатунная кривая и заданная функция, но и $(n-1)$ их производных. Приняв такой узел интерполяции кратности n в качестве шатунной точки, получим в некоторой его окрестности участок шатунной кривой приблизительно постоянной кривизны, что позволяет спроектировать круговой или прямолинейно-направляющий механизм на его основе.

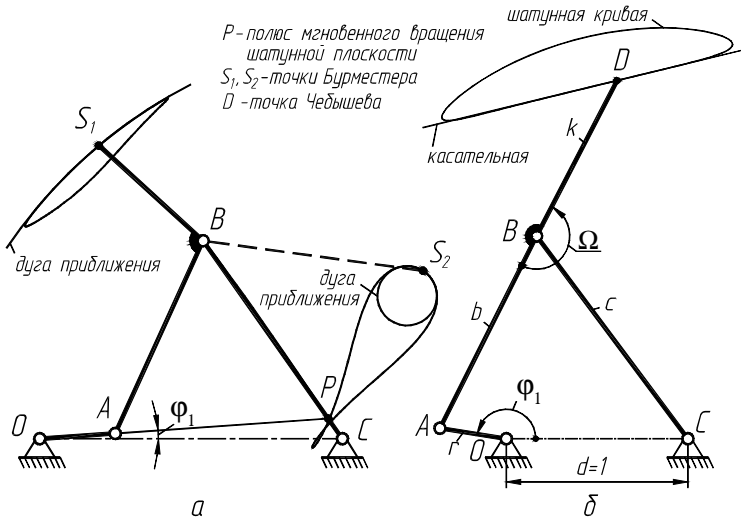


Рис. 1. Шарнирный четырёхзвенный механизм как круговой направляющий (а) и прямолинейно направляющий (б) механизм

Одним из способов приближения участка шатунной кривой с высокой точностью является использование пятикратных узлов интерполяции, которыми являются точки Бурместера (приближение к дуге окружности) и точки Чебышева (приближение к прямой линии). Эти точки удовлетворяют следующим условиям [1]:

$$K = \frac{x'_D y''_D - x''_D y'_D}{\sqrt{[x'_D{}^2 + y'_D{}^2]^3}}; \frac{dK}{d\phi_1} = \frac{d^2 K}{d\phi_1^2} = 0, \quad (1)$$

где K – кривизна шатунной кривой; x_D, y_D – координаты шатунной точки, которые определяются в результате кинематического исследования с использованием известных методов [2]. Для нахождения точек Чебышева, кроме того, добавляется ещё условие $K = 0$, поскольку приближение проводится к прямой линии.

Исходными данными для синтеза являются длины звеньев базового механизма: кривошипа r , шатуна b и коромысла c . Последовательность синтеза направляющих механизмов следующая:

1. Точки Бурместера можно определить как точки пересечения кривой круговых точек с кривой геометрического места точек, обеспечивающих касание 4-го порядка со своим кругом кривизны [1],

кроме того предлагается следующий способ: для заданных положений механизма сначала определяем кривую круговых точек [1,3]:

$$(x^2 + y^2)(l_1x + l_2y) - l_3y^2 - l_4xy - l_5x^2 = 0, \quad (2)$$

где l_1, \dots, l_5 – коэффициенты кривой. Далее, среди множества круговых точек численно находим удовлетворяющие также условию (1), для чего были выведены формулы для определения необходимых величин.

2. Точки Чебышева определяем следующим образом: для каждого положения механизма, в соответствии с алгоритмом [3], аналитически рассчитываем положение точек Болла, затем численно определяем те из них, для которых будет выполняться условие (1). Такие точки и будут точками Чебышева. Эти точки также предлагается численно определять как точки Болла в положении механизма, для которого одна из двух точек Бурместера будет находиться на одной прямой с подвижными шарнирами A и B механизма (рис. 1).

3. Определяем характеристики участка приближения (длина участка, точность, и т.д.) с помощью численного метода на основе безразмерного коэффициента граничной скорости выходного звена [3].

На основе разработанных численно-аналитических методов созданы алгоритмы и соответствующее программное обеспечение, которое позволяет проводить синтез направляющих механизмов.

Исследования планируется продолжить в направлении проведения оптимизационного синтеза синтезированных механизмов по различным критериям.

Литература

1. Артоблевский И.И. Синтез плоских механизмов /И.И. Артоблевский, Н.И. Левитский, С.А. Черкудинов – М.: Физматгиз, 1959. – 1084 с.
2. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин в системі Mathcad: навч. посібник /Я.Т. Кіницький, В.О. Харжевський, М.В. Марченко. – Хмельницький: ХНУ, 2014. – 295 с.
3. Харжевський В.О. Чисельно-аналітичний метод синтезу важільних механізмів з зупинкою вихідної ланки на базі несиметричного шарнірного чотириланкового механізму з використанням точок Болла /В.О. Харжевський, Я.Т. Кіницький //Вісник Технол. у-ту Поділля, 2003.-№4.-С. 43-54.
4. Wang D. Kinematic Differential Geometry and Saddle Synthesis of Linkages /Wang D., Wang W. – John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd., 2015. – 450 p.