

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ ДЛЯ СИНТЕЗА РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ IV КЛАССА С ВЫСТОЕМ ВЫХОДНОГО ЗВЕНА

Харжевский В.А.

Хмельницкий национальный университет,

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

Синтез рычажных механизмов с выстоем выходного звена является актуальной практической задачей, поскольку вследствие отсутствия высших кинематических пар, геометрического замыкания звеньев, такие механизмы имеют более высокую надежность, долговечность и нагрузочную способность по сравнению с другими типами механизмов, в частности, кулачковыми.

Рычажные механизмы с выстоем выходного звена могут выполняться как шестизвенные механизмы II класса [3,4,6], однако, как известно, для этого можно также использовать механизмы IV класса [1,2], причем, как установлено автором [5], для их синтеза можно использовать методы кинематической геометрии.

На рис. 1 показано кинематическую схему шарнирно-рычажного механизма IV класса, который при определенном соотношении размеров звеньев может обеспечить периодическую остановку выходного звена (ползуна 5) при непрерывном вращательном движении начального звена (кривошипа 1).

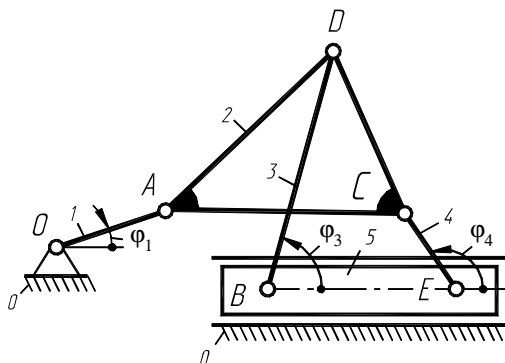


Рис. 1. Рычажный механизм IV класса с выходным звеном ползуном

Получить шестизвенный механизм IV класса с выстоем выходного звена можно следующим образом: в основе механизма  $OACDBE$  содержится шарнирный четырехзвенный механизм  $ACDBE$ , стойку которого рассматриваем как неподвижное звено. В процессе

работы такого механизма шарнирная точка  $A$  описывает определенную шатунную кривую (если начальное звено 4 является кривошипом – кривая будет замкнутой, в противном случае шатунная кривая точки  $A$  будет незамкнутой). В случае, когда указанная шатунная кривая будет иметь участок приблизительно постоянного радиуса  $R$ , то, присоединив к базовому четырехзвенному механизму кривошип  $OA$  длиной  $R$  и сделав звено 5 подвижным, получим шестизвенный механизм с периодическим выстоем выходного звена, величина которого будет равна времени прохождения механизмом участка приближения.

Таким образом, задача синтеза механизма IV класса с выстоем выходного звена сводится к синтезу базового шарнирного четырехзвенного механизма  $ACDBE$ , шатунная кривая которого на определенном участке должна приближаться к дуге окружности, причем радиус приближения должен быть таким, чтобы присоединенное звено  $OA$  могло стать кривошипом.

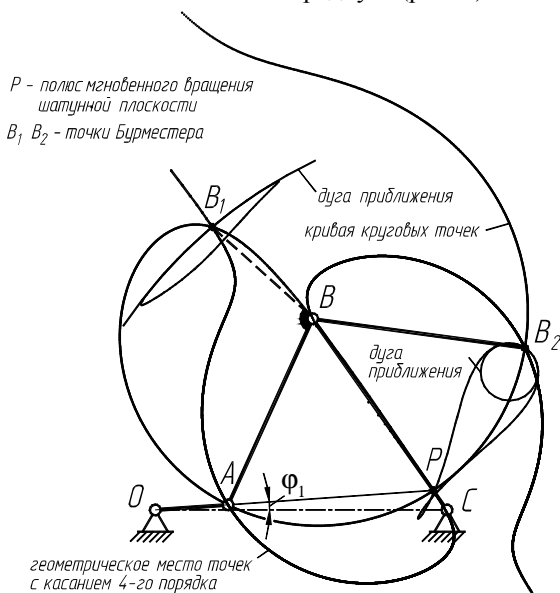
В работе Зинченко Е. И. [2] эта задача решена с помощью метода синтеза по трем положениям механизма. Основным преимуществом этого метода является его относительная простота, но, как известно, методами кинематической геометрии можно достичь значительно лучшей точности приближения.

Как показали проведенные нами исследования, для синтеза таких механизмов могут успешно использоваться теоретические положения кинематической геометрии, поскольку круговой направляющий механизм можно синтезировать с помощью особых точек шатунной плоскости – точек Бурместера, которые обеспечивают касание 4-го порядка со своим кругом кривизны. Синтезу механизмов на основе точек Бурместера посвящены, в частности, работы автора [4, 5].

Как видно по рис. 2, в шатунной плоскости шарнирного четырехзвенного механизма в определенных положениях можно найти две точки Бурместера, которые не совпадают с подвижными шарнирами механизма. Причем при проведении синтеза механизмов II класса с остановкой выходного звена [4] используется первая точка Бурместера  $B_1$ , поскольку радиус приближения участка шатунной кривой с точкой Бурместера является достаточно большим, чтобы присоединить к механизму дополнительную структурную группу, выходное звено которой будет иметь периодическую остановку.

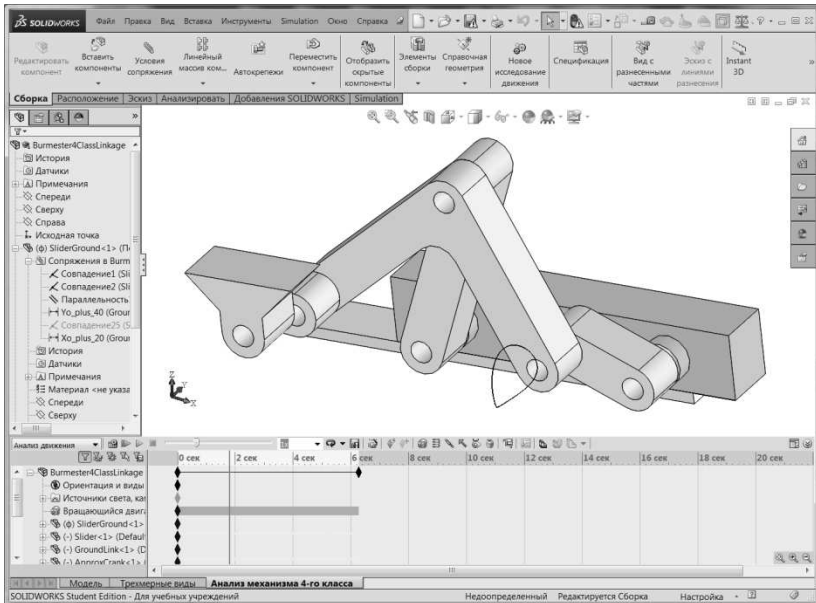
Такая точка Бурместера, как указано в [5], неприемлема для синтеза шестизвенных механизмов IV класса с остановкой выходного звена, поскольку звено, длина которого должна быть равна радиусу приближения участка шатунной кривой, в данном случае должен быть не шатуном (как в механизмах II класса), а кривошипом (рис. 1).

Поэтому для синтеза шестизвенных механизмов IV класса с остановкой выходного звена мы должны использовать другую точку Бурместера  $B_2$ , которая определяет шатунную кривую с участком приближения значительно меньшего радиуса (рис. 2).



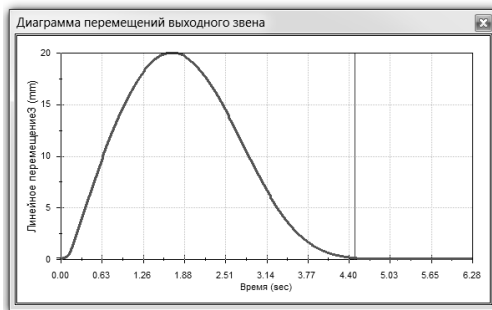
**Рис. 2. Нахождение точек Бурместера в шатунной плоскости шарнирного четырехзвенного механизма**

В результате проведенных исследований установлено, что для синтеза механизмов IV класса могут использоваться не только точки Бурместера, но и круговые точки в общем виде: их геометрическим местом является кривая круговых точек [6], пример такой кривой показан на рис. 2. На основе теоретических положений кинематической геометрии были составлены алгоритмы и соответствующее программное обеспечение для синтеза механизмов IV класса с остановкой выходного звена с использованием круговых точек шатунной плоскости. Для проверки правильности теоретических положений и с целью проверки работоспособности полученных механизмов, в системе SolidWorks была разработана модель механизма IV класса (рис. 3). Все рассчитанные параметры кинематической схемы механизма автоматически передаются в систему SolidWorks, проводится перестройка модели в соответствии с новыми параметрами и проверяется работоспособность спроектированного механизма.

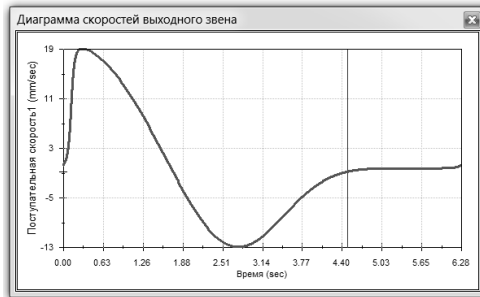


**Рис. 3. Компьютерная модель шестизвенного механизма IV класса с периодической остановкой выходного звена (показана шатунная кривая кругового направляющего механизма)**

Для разработанной компьютерной модели, с помощью системы инженерного анализа SolidWorks Motion можно провести кинематический анализ спроектированного механизма. В частности, на рис. 4.5 показаны примеры соответственно диаграмм перемещений и скоростей выходного звена. Как видно, синтезированный механизм обеспечивает периодическую остановку выходного звена.



**Рис. 4. Диаграмма перемещений выходного звена механизма**



**Рис. 5. Диаграмма скоростей выходного звена механизма**

Проведенное компьютерное моделирование подтвердило правильность теоретических методов и работоспособность синтезированных механизмов. Причем разработанные методы синтеза, в отличие от [5], позволяют использовать для синтеза механизмов не только точки Бурместера, но и любые другие круговые точки шатунной плоскости шарнирного четырехзвенного механизма в общем виде. Исследование механизмов планируется продолжить в направлении проведения их оптимизационного синтеза по разным критериям.

### Литература

1. Джолдасбеков У. А. Графоаналитические методы анализа и синтеза механизмов высоких классов / У. А. Джолдасбеков. – Алма-Ата : Наука Казахской ССР, 1983. – 256 с.
2. Зинченко Е. И. Кинематический синтез шестизвенных механизмов четвертого класса с выстоем выходного звена : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.02 / Е. И. Зинченко. – Харьков, 2007. – 176 с.
3. Киницкий Я. Т. Шарнирные механизмы Чебышева с выстоем выходного звена / Я. Т. Киницкий. – К. : Вища школа, 1990. – 232 с.
4. Харжевський В. О. Аналітично-числовий синтез кругових напрямних механізмів на базі шарнірного чотириланкового механізму з використанням точок Бурместера / В. О. Харжевський, Я. Т. Кіницький // *Машинознавство*. – 2005. – № 4. – С. 26–31.
5. Харжевський В. О. Синтез важільних механізмів 4-го класу з зупинкою вихідної ланки з використанням точок Бурместера // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2007. – №6. С. 209-214.
6. Wang D. Kinematic Differential Geometry and Saddle Synthesis of Linkages / Wang D., Wang W. – John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd., 2015. – 450 p.