

УДК 621.01

Кондратова Елена Васильевна, доцент,
Черноморское высшее военно-морское училище им. П.С. Нахимова

К ВОПРОСУ О МЕТРИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ МЕХАНИЗМОВ

Аннотация. В статье рассматривается влияние предельных чисел положений при метрическом синтезе механизмов. Проведен анализ положений при заданных координатах ведущих звеньев и кинематических параметров механизма.

Ключевые слова: Метрический синтез, предельные числа положений четырехзвенника, кинематические параметры, координаты.

Положение любого объекта можно определить, задав положение некоторого геометрического образа, жестко с ним связанного. Например, положение шаровой пяты полностью определится координатами точки, совпадающей с ее центром; местонахождение колеса шасси самолета можно найти, если известно положение отрезка прямой, совпадающей с его осью вращения; положение стрелки определится направлением прямой, проходящей через ось ее вращения и острие. В дальнейшем нет различий между понятиями объекта и характеризующего его геометрического образа.

Если механизм имеет W степеней подвижности, то задав W координат его ведущих звеньев, всегда можно найти координаты всех ведомых звеньев. При этом предполагается, что кинематическая схема и величины всех кинематических параметров механизма известны. Обозначим число кинематических параметров буквой K . Пусть с одним из ведомых звеньев жестко связан некоторый геометрический образ (точка, отрезок прямой, тело и т. д.), положение которого в пространстве определяется a координатами. Если положение звена найдено, то эти a координаты известны.

Таким образом, если заданы W координат ведущих звеньев и K кинематических параметров механизма, то a координат объекта можно определить.

Для решения поставленной задачи можно использовать уравнения [1], [2], связывающие координаты ведущих и ведомых звеньев. Первоначально число таких уравнений может оказаться большим или меньшим. Однако в силу определенности положения объекта, после того как промежуточные (не интересующие нас) неизвестные будут исключены, должна остаться система из a уравнений, из которой и определяются a неизвестных координат образа. Все остальные величины, входящие в эти уравнения, должны быть известны. Известны же, по условию, кинематические параметры механизма и координаты его ведущих звеньев.

Таким образом, для одного положения механизма можно получить a уравнений, в которые войдут только величины K кинематических параметров в качестве констант и переменные величины: W координат ведущих звеньев и a координат геометрического образа.

При синтезе кинематические параметры нужно найти, координаты геометрического образа в каждом из заданных положений известны полностью или частично, а координаты ведущих звеньев могут быть известны или неизвестны, в зависимости от постановки задачи. Рассмотрим классический случай, когда заданы только a координаты геометрического образа в j положениях механизма. Тогда для каждого из j положений можно записать a уравнений, а для всех положений – aj уравнений.



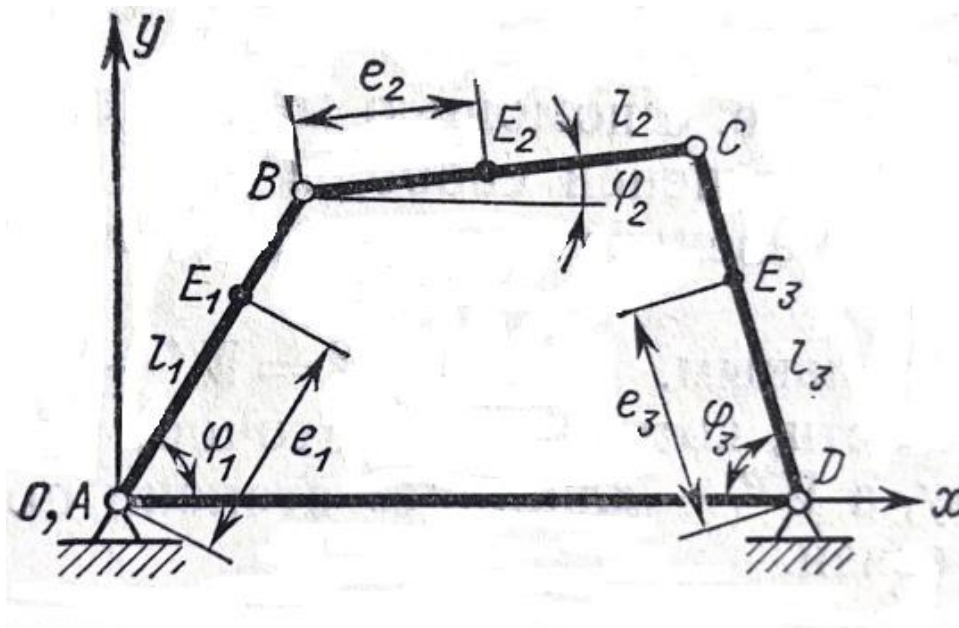


Рисунок 1 – Четырехзвенник 1 вида

Неизвестными в эти уравнения войдут K кинематических параметра и Wj координат ведущих звеньев. Для того чтобы система уравнений была совместной, необходимо, чтобы число уравнений не превышало числа неизвестных, т. е. $aj \leq K + Wj$. Решив это неравенство относительно j , получим

$$j \leq \frac{K}{a - W} \quad (1)$$

При точном решении задачи метрического синтеза число заданных положений, через которые должен проходить объект, скрепленный с одним из звеньев механизма, не может превышать числа кинематических параметров поделенного на разность числа координат, задающих каждое положение объекта и числа степеней подвижности механизма.

При $W=1$ эта формула полностью совпадает с полученной ранее [3] путем непосредственного подсчета числа уравнений и неизвестных для механизма с одной степенью подвижности.

Возможны случаи, когда задаются положения не одного, а нескольких объектов, связанных с различными звеньями механизма, причем положение некоторых объектов фиксируется относительно станины, а других относительно первых или относительно друг друга. Очевидно, что приведенные выше рассуждения и формула (1) остаются при этом справедливыми. Только под a теперь понимается общее число координат, определяющих положение всех объектов.

Из (1) видно, что с уменьшением величины $a - W$ число j увеличивается. При этом возможны следующие случаи:

1. Если $a - W > K$, то $j < 1$, другими словами, существование механизма невозможно; следовательно, для любого механизма должно выполняться неравенство $K \geq a - W$. Таким образом, если положения ведущих звеньев при синтезе механизма не заданы, то число кинематических параметров не может быть меньше разности числа степеней подвижности этого механизма.



Например, если заданы координаты трех точек E_1 , E_2 и E_3 (рис. 1), лежащих на осях трех различных звеньев плоского механизма (6 координат) и одновременно заданы углы φ_1 , φ_2, φ_3 , которые образуют оси этих звеньев с направлением оси Ox (3 координаты), то в качестве механизма нельзя выбрать четырехзвенник, показанный на рис. 1, так как для него $a = 6 + 3 = 9$; $K = 7 (l_1, l_2, l_3, l_4, e_1, e_2, e_3)$, $W = 1$ и поэтому $K < a - W$ ($7 < 9 - 1$). Показанный же на рис. 2 четырехзвенник выбирать можно, поскольку у него добавляется 8-й параметр l_{OA} и $K = a - W$. Правильность приведенных рассуждений легко проверить построением схемы механизма.

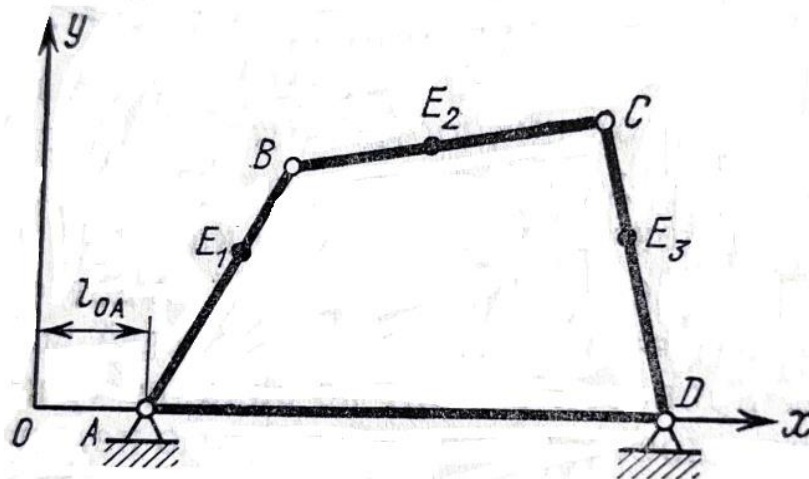


Рисунок 1 – Четырехзвенник 2 вида

2. Если $K \geq a - W > \frac{K}{2}$, то $j = 1$, т.е. занимать заданное положение точно объект будет только в одном положении механизма.

3. Если $\frac{K}{2} \geq a - W \geq 1$, то $K \geq j \geq 2$.

4. Если $a - W = 0$, т.е. $a = W$, то $j = \infty$, т.е. с помощью механизма, степень подвижности которого равна числу степеней свободы объекта, можно подбором законов движения ведущих звеньев обеспечить движение объекта по заданному каналу.

5. Если $a - W < 0$, то j будет отрицательным. Пусть $W = W' + W''$, где $W' = a$ – это число степеней подвижности, которых достаточно, чтобы провести объект по каналу, а W'' – «лишние» степени подвижности, на которые нужно наложить связи.

Рассмотрим еще один случай, когда в каждом положении механизма задаются одновременно координаты перемещаемого объекта и все координаты ведущих звеньев. Общее число уравнений от этого не изменится, но неизвестными в них теперь будут только кинематические параметры, число которых равно K . Поэтому, для того чтобы полученная система уравнений была совместной, нужно, чтобы выполнялось неравенство $aj \leq K$, из которого найдем $j < \frac{K}{a}$, т.е. в том случае, когда в каждом положении механизма задаются значения координат перемещаемого объекта и величины координат ведущих звеньев, число



задаваемых положений не может превышать количества кинематических параметров, поделенных на число координат объекта.

Так как j не может быть меньше единицы, $K \geq a$ т. е, количество кинематических параметров механизма не может быть меньше числа степеней перемещаемого объекта. Если $1 \leq a \leq K$, то $1 \leq j \leq K$.

Возможны и другие варианты постановки задачи синтеза механизмов.

Выводы

Метрический синтез механизмов позволяет учесть не только геометрические параметры механизма, но и их функциональные характеристики, что способствует созданию более эффективных и оптимальных решений. Такой подход может быть полезен при проектировании роботов для различных областей применения, таких как промышленность, медицина, авиация, военное дело и другие.

Список литературы:

1. Артоболевский И.И. и др. Синтез плоских механизмов – М.: Альянс. – 2008. – 640 с.
2. Лебедев П.А. Кинематика пространственных механизмов. – М.: Машиностроение. – 1986. – 280 с.
3. Иванов В.Д. Некоторые ограничения при синтезе механизмов с низшими парами. – М.: «Энергия». – 1979. – 352с.

