

УДК 621.961.001

Владимиров Э. А.
Шоленинов В. Е.**МЕТОДИКА МЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МЕХАНИЗМА ЧУШКОЛОМАТЕЛЯ**

Первым этапом расчёта механизма является его метрический анализ, в результате которого определяются линейные и угловые координаты элементов механизма для достаточно-го количества положений начального звена. Однако для механизмов 3-го класса это представляет определенные сложности [1].

Объектом нашего исследования является механизм чушколомателя, который применяют в литейных цехах для отламывания чугунных чушек, поступающих для приготовления шихты [2].

Целью статьи является разработка метода метрического расчета механизмов 3-го класса на примере механизма чушколомателя.

Модель исследуемого механизма представлена на рис. 1, а структурная схема на рис. 2.

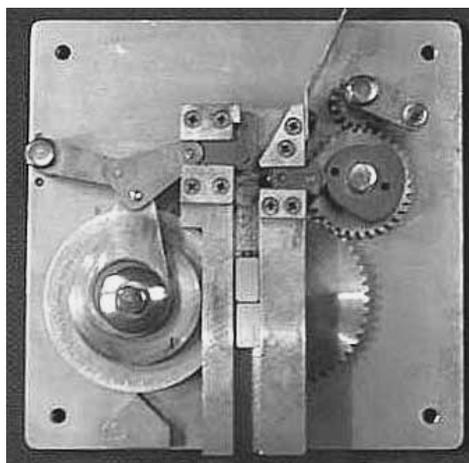


Рис. 1. Модель механизма чушколомателя

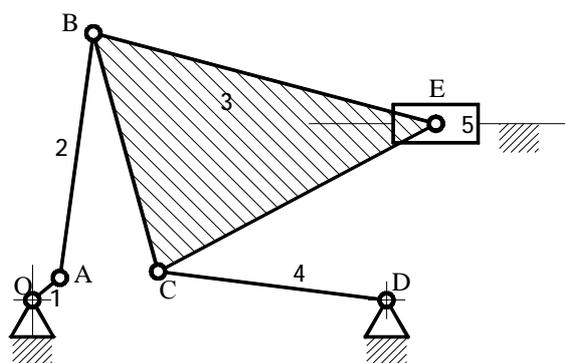


Рис. 2. Структурная схема механизма чушколомателя

Анализ структурной схемы на рис. 2 показывает, что если в качестве начального звена принять кривошип 1, то механизм может быть классифицирован как механизм 3-го класса [1], содержащий трехповодковую структурную группу, включающую базовое звено 3 и три поводка: шатун 2, коромысло 4 и ползун 5. При этом выходным звеном, к которому приложена сила сопротивления разрушаемой чушки, является ползун 5.

Если же в качестве начального звена принять ползун 5, то кинематическая цепь преобразуется в механизм 2-го класса, содержащий две структурных группы (3–4) и (1–2).

В качестве начального звена можно принять и коромысло 4 и получить также механизм 2-го класса с двухповодковыми структурными группами (3–5) и (1–2).

В настоящей работе мы проводили расчёты для 48 положений начального звена.

Исходные данные для расчёта механизма, рассматриваемого в прямоугольной системе координат: $X_O = 0$ мм, $Y_O = 0$ мм, $X_D = 100$ мм, $Y_D = 0$ мм, $Y_E = 50$ мм, $L_{OA} = 10$ мм, $L_{AB} = 70$ мм, $L_{BE} = 100$ мм, $L_{BC} = 70$ мм, $L_{DC} = 65$ мм, $\angle EBC = 60^\circ$.

Для определённого положения кривошипа, когда известны координаты X_A и Y_A , неизвестными являются по две координаты точек B , и C и одна координата точки E , то есть пять неизвестных, для определения которых можно записать пять уравнений связей, образующих систему квадратных уравнений:

$$\begin{aligned}(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 &= L_{AB}^2; \\(X_B - X_E)^2 + (Y_B - Y_E)^2 &= L_{BE}^2; \\(X_B - X_C)^2 + (Y_B - Y_C)^2 &= L_{BC}^2; \\(X_D - X_C)^2 + (Y_D - Y_C)^2 &= L_{DC}^2; \\(X_C - X_E)^2 + (Y_C - Y_E)^2 &= L_{CE}^2.\end{aligned}\tag{1}$$

Решение этой системы можно выполнить одним из известных численных методов, например методом Ньютона [3], однако при этом возникают существенные трудности, связанные с необходимостью отсеивания лишних корней. В связи с этим в настоящей работе рассмотрены два других подхода к решению поставленной задачи.

Рассмотрим метод расчёта, который мы назвали методом «фиктивного» механизма.

Обратимся к рис. 2, где представлена схема исследуемого механизма.

Если кривошип 1 сделать неподвижным, то и вся кинематическая цепь потеряет подвижность. Далее мысленно разрушим шарнир C , как это показано на рис. 3.

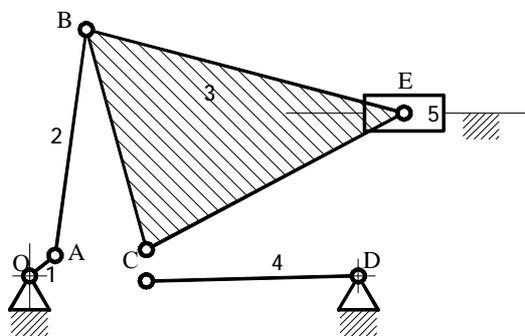


Рис. 3. Образование фиктивного механизма

В результате этого звенья 2, 3 и 5 получают подвижность и образуют некоторый фиктивный механизм второго класса, состоящий из начального звена 2 и группы Ассур 2-го вида, включающей звенья 3 и 5. Теперь следует определить угол шатуна 2, когда точка C звена 3 окажется на траектории точки C коромысла 4, которая является окружностью радиуса DC .

В разработанной нами программе эта задача решается методом оптимизации.

Соответствующий фрагмент программы содержит синтез фиктивного механизма с использованием процедур Kriv, Assur2 и Point.

С помощью первой из этих процедур для произвольно заданного угла φ_{AB} определяются координаты точки B , с помощью второй процедуры – угол φ_{BE} , а с помощью третьей – координаты точки C . Далее составляется целевая функция, в данном конкретном случае имеющая следующий вид:

$$CF = \sqrt{(X_D - X_C)^2 + (Y_D - Y_C)^2} - L_{DC}.\tag{2}$$

Далее специальная процедура, варьируя величину угла φ_{AB} , находит его значение, когда целевая функция достигает минимума. Аналогичные расчёты проводятся для каждого из 48 положений кривошипа 1. Результаты расчётов, выведенные на экран с помощью специальной процедуры Grafik, представлены на рис. 4.

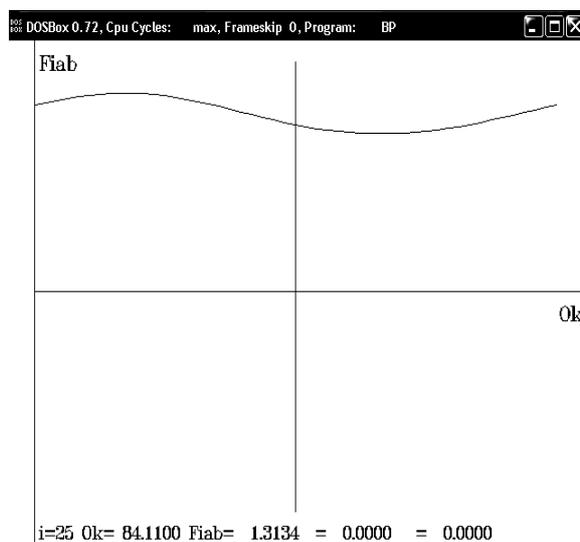


Рис. 4. График зависимости угла шатуна φ_{AB} от обобщённой координаты φ_1

Одновременно с этим процедура по расчёту фиктивного механизма содержит операторы, необходимые для определения координат всех характерных элементов механизма, в нашем случае: линейных координат осей вращательных кинематических пар X_B, Y_B, X_C, Y_C, X_E , центров масс звеньев $X_{S2}, Y_{S2}, X_{S3}, Y_{S3}, X_{S4}, Y_{S4}$ и угловых координат звеньев φ_{BE} и φ_{DC} .

На рис. 5 представлены перемещения рабочего органа чушколомателя – ползуна 5.

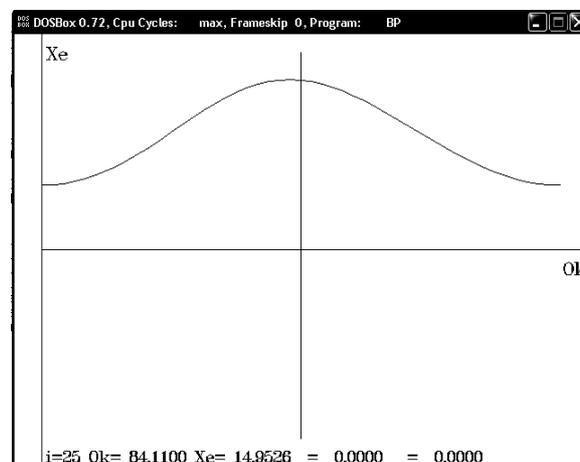


Рис. 5. График зависимости координаты ползуна 5 от обобщённой координаты φ_1

Рассмотрим теперь второй метод метрического анализа: метод эквивалентного механизма.

Этот метод можно использовать в том случае, если за счёт изменения начального звена заданный механизм можно преобразовать в механизм второго класса, что относится и к механизму чушколомателя.

Из рис. 2 видно, что если в качестве начального звена принять ползун 5, то в качестве последовательно присоединённых групп окажутся две двухповодковые группы 1-го вида (3–4) и (1–2). Теперь для того, чтобы собрать механизм в указанной последовательности, к рассмотренным ранее специальным процедурам следует добавить процедуру для расчёта ползуна как начального звена.

Соответствующий фрагмент программы для расчёта линейных и угловых координат элементов механизма включает следующую последовательность процедур. Сначала с помощью процедуры *Polsup* определяется координата точки *E* на выбранном участке перемещения ползуна 5. Далее с помощью процедуры *Assur1* определяются углы наклона звеньев *ED* и *DC*, а затем после двукратного использования процедуры *Point* определяются координаты точек *C* и *B*. И наконец, с помощью процедуры *Assur1* определяется угол φ_{OA} , определяющий положение кривошипа. Полученная зависимость $\varphi_{OA} = f(X_E)$ представлена на рис. 6. При этом шаг перемещения ползуна принят одинаковым, а соответствующие углы поворота кривошипа получены разными. Для дальнейших расчётов необходимо иметь обратную зависимость $X_E = f(\varphi_{OA})$ с одинаковым угловым шагом поворота кривошипа.

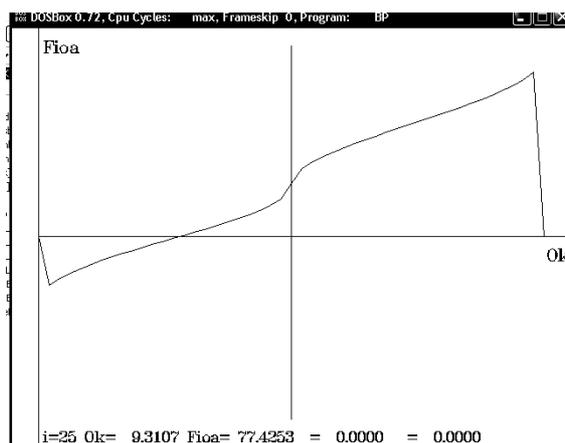


Рис. 6. График зависимости поворота кривошипа от перемещения ползуна

Эта задача была решена методом обратной интерполяции с использованием специальной процедуры *Splin*, реализующая сплайновую интерполяцию функции. В качестве исходных данных принимаются координаты нескольких (*ni*) узловых точек с координатами X_i и Y_i . В нашем случае было принято $ni = 13$.

Выведенный на экран график зависимости $X_E = f(\varphi_{OA})$ имел такой же вид, как и представленный на рис. 4. Сравнение этих графиков показало, что максимальная относительная разность между величинами, полученными разными способами не превышает 0,1 %.

ВЫВОДЫ

Разработано два метода, позволяющих выполнять метрический синтез механизмов 3-го класса: преобразованием механизма за счёт изменения начального звена в механизм 2-го класса, что возможно не для всех механизмов, а также универсальным методом «фиктивного» механизма. Сравнение этих методов показало, что максимальная относительная разность между величинами, полученными разными способами, не превышает 0,1 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кіницький Я. Т. Практикум із теорії механізмів і машин / Я. Т. Кіницький. – Львів : Афіша, 2002. – 454 с.
2. Кожевников С. Н. Механизмы. Справочное пособие / Под ред. чл.-кор. АН УССР С. Н. Кожевникова. – Изд. 4-ое, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1976. – 256 с.
3. Волков Е. А. Численные методы / Е. А. Волков. – М. : Физматлит, 2003. – 186 с.

Владимиров Э. А. – канд. техн. наук, доц. УИПА;

Шоленинов В. Е. – ст. преп. кафедры ОПМ ДГМА.

УИПА – Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: okmm@dgma.donetsk.ua.