

Кондратова Елена Васильевна, доцент
ЧВВМУ им. П.С. Нахимова

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЧИСЛА КОНТУРОВ В РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМАХ

Аннотация. Рассмотрены методики проверки рычажного механизма на избыточные связи. На примерах разобраны и проанализированы способы образования контуров в рычажных механизмах. Получена зависимость для упрощенного определения числа контуров в механизмах.

Ключевые слова: Рычажные механизмы, избыточные связи, подвижность механизма, структурная формула, независимые контуры, кинематические пары.

Путь проектирования рациональных механизмов – это проектирование схем без избыточных связей. При конструировании механизмов отдается предпочтение рычажным механизмам без лишних, так называемых избыточных связей.

Избыточными связями называют такие связи в механизме, которые повторяют или дублируют связи, уже имеющиеся по данной координате, и поэтому не изменяющие реальной подвижности механизма. При этом расчетная подвижность механизма уменьшается, а степень его статической неопределимости увеличивается. Избыточные связи в механизмах – явление нежелательное, помимо статической неопределимости системы возрастают требования к точности изготовления деталей, что необходимо для осуществления сборки механизма без деформации звеньев. Иногда используется иное определение: Избыточные связи иногда определяется разностью между суммарным числом связей, наложенных кинематическими парами, и суммой степеней подвижности всех звеньев, местных подвижностей и заданной (требуемой) подвижностью механизма в целом.

Методика проверки механизма на избыточные связи построена на определении числа избыточных связей по структурной формуле А. П. Малышева [2] или равноценной формуле О. Г. Озола [3].

В формулу О. Г. Озола входит число независимых контуров, определяемых как разность между числом кинематических пар и числом подвижных звеньев механизма, т. е.

$$k = p - n \quad (1)$$

где k – число независимых контуров; p – число кинематических пар; n – число подвижных звеньев механизма.

Несмотря на простоту и универсальность формулы, определить число контуров по ней не всегда удобно. Когда в одном узле сходится несколько звеньев, при подсчете кинематических пар легко ошибиться. В некоторых случаях формула (1) дает неверный результат.

Для определения числа контуров в механизме были рассмотрены и проанализированы способы образования контуров.

Рассмотрим открытую кинематическую цепь из пяти звеньев (рисунок 1, а) и проанализируем, каким образом она может быть замкнута, т.е. каким образом может быть образован контур.

Кинематическая цепь может быть замкнута соединением свободных концов звеньев 1 и 5 со стойкой (рисунок 1,б). Это один путь образования контура путем соединения крайних звеньев со стойкой. Но та же кинематическая цепь может быть замкнута соединением свободных концов звеньев 1 и 5 с другой – кинематической парой E (рисунок 1,в). Получим замкнутый изменяемый многоугольник, который ни одной из своих вершин (кинематических пар) непосредственно не связан со стойкой. Это второй способ образования контура.



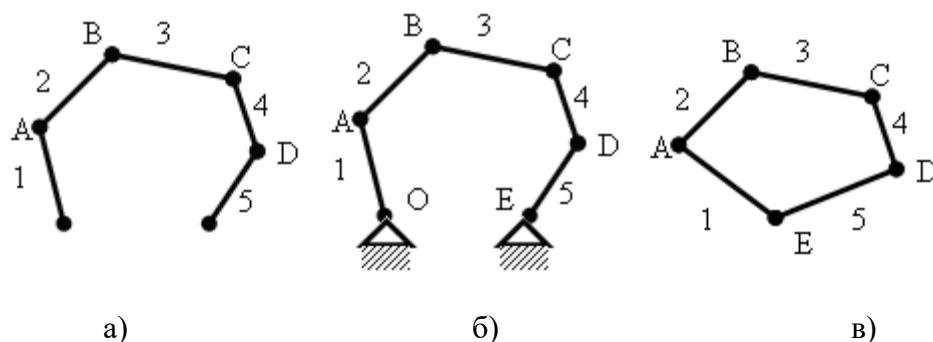


Рис. 1

Таким образом, контуры могут быть образованы соединением звеньев кинематической цепи со стойкой или друг с другом.

Обозначим через k_1 – контуры, образованные со стойкой, и через k_2 – контуры, образованные непосредственно друг с другом. Тогда общее число контуров механизма k равно их сумме

$$k = k_1 + k_2 \quad (2)$$

Число контуров, образованных соединением звеньев со стойкой, можно определить следующим образом. Открытая кинематическая цепь (рисунок 1,а) не дает нам контура. Если соединим одно звено со стойкой, мы также не получим контура. Для получения контура, как замкнутой кинематической цепи, надо еще одно звено соединить со стойкой. Следовательно, число контуров, образованных соединением подвижных звеньев со стойкой, на единицу меньше числа подвижных звеньев, соединенных со стойкой. Обозначим число подвижных звеньев, соединенных со стойкой через $n_{ст}$. Тогда

$$k_1 = n_{ст} - 1 \quad (3)$$

Число контуров (изменяемых многоугольников), образованных соединением звеньев друг с другом и ни одной из своих кинематических пар непосредственно не связанных со стойкой (k_2), легко определить по схеме механизма. Подставляя (3) в (2), получим

$$k = n_{ст} - 1 + k_2 \quad (4)$$

Полученная зависимость (4) кажется более громоздкой, чем формула (1). Однако определить число контуров, пользуясь ею, проще, так как необходимость в подсчете числа кинематических пар отпала. Число подвижных звеньев, соединенных со стойкой $n_{ст}$ в любом механизме в несколько раз меньше общего числа подвижных звеньев и при его подсчете практически невозможно ошибиться, а число контуров, образованных соединением звеньев друг с другом и ни одной из своих кинематических пар непосредственно не связанных со стойкой k_2 еще меньше и легко определяется непосредственно по схеме механизма.

Если учесть, что в подавляющем большинстве схем механизмов, используемых на практике, нет замкнутых многоугольников, не связанных непосредственно ни одной из своих кинематических пар со стойкой, определение числа контуров будет осуществляться по элементарному выражению (3). В тех случаях, когда число контуров определяется по формуле (1), зависимость (4) может быть использована для проверки правильности подсчета.

Пример 1. На рисунке 2 показана схема механизма, полученного присоединением к кривошипно-коромысловому механизму $OABC$ и синусному механизму $CDEF$ двухповодковой группы GIH .

В схеме механизма нет замкнутых многоугольников, значит $k_2 = 0$ и число контуров определяется по формуле (3).

Определяем, что $n_{ст} = 4$. Следовательно,

$$k = n_{ст} - 1 = 4 - 1 = 3$$



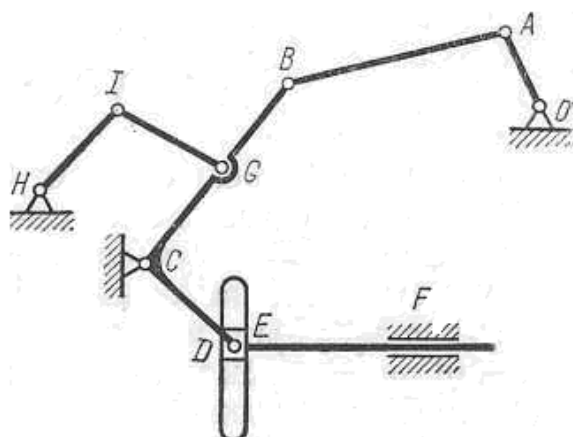


Рис. 2

Пример 2. Требуется определить число контуров направляющего механизма Липкина – Понселье (рисунок 3). Чтобы это сделать по формуле Озола (1), надо подсчитать полное число подвижных звеньев ($n = 7$) и сумму всех кинематических пар ($p = 10$). Тогда число независимых контуров получится: $k = p - n = 10 - 7 = 3$.

Для определения числа контуров k по (4) подсчитаем число подвижных звеньев, соединенных со стойкой $n_{ст} = 3$ и учитываем, что многоугольник $CDEF$ не связан со стойкой, т. е. $k_2 = 1$. Тогда число независимых контуров получится: $k = n_{ст} - 1 + k_2 = 3 - 1 + 1 = 3$.

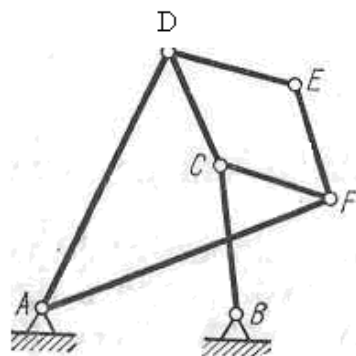


Рис. 3

Пример 3. В механизме, изображенном на рисунке 4 можно видеть, что при подсчете числа звеньев и числа кинематических пар возможны ошибки. Определим число независимых контуров k по зависимости (4). На стойку выходит четыре звена, т. е. $n_{ст} = 4$. Теперь определим число многоугольников, не связанных со стойкой. Это $EBKH$, $KCGH$, $EBKF$ и $KCGF$, т. е. $k_2 = 4$. Отсюда число независимых контуров $k = n_{ст} - 1 + k_2 = 4 - 1 + 4 = 7$.

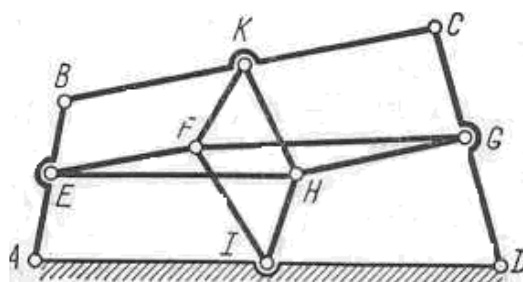


Рис. 4

Вывод: Контур в механизме есть замкнутая кинематическая цепь, из которой нельзя выделить другую замкнутую кинематическую цепь, отличающуюся от первой хотя бы одним звеном или одной кинематической парой. Полученная зависимость (2) позволяет легко и без ошибок определить число контуров в механизме. В тех случаях, когда число контуров определяется по формуле (1), зависимости (3) и (4) могут быть использованы для проверки.

Список литературы:

1. Решетов Л.Н. Конструирование рациональных механизмов, Москва. – Машиностроение, 1972. – 256 с.
2. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский. – Москва. – Альянс, 2008. – 640 с.
3. Артоболевский, И. И. Механизмы в современной технике: справочное пособие: в 7 т. / И. И. Артоболевский. – 2-е изд., перераб. – Москва. – Наука, 1979. – 1981 с.
4. Кожевников, С. Н. Механизмы: справочник / С. Н. Кожевников, Я. И. Есипенко, Я. М. Раскин; под ред. С. Н. Кожевникова. – 4-е изд., перераб.и доп. – Москва. – Машиностроение, 1976. – 784 с.

