

## КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ МЕТОДОМ ИНВЕРСИИ

А. В. Астрейко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Д. Г. Кроль

Современное развитие машиностроения невозможно без создания новых, более совершенных и точных механизмов и машин. На современном этапе более 90 % механизмов в машиностроении содержат плоские рычажные механизмы, в состав которых входят группы Ассура 2-го класса. Механизмы, где имеются группы Ассура классов выше второго, отличающиеся более сложными законами движения рабочих органов, применяются не столь широко [1]. Успешному применению подобных механизмов длительное время препятствовало отсутствие соответствующих алгоритмов анализа и синтеза. В данной работе мы частично решаем эту проблему для механизмов с группой Асура 3-го класса. Цель работы – определение кинематических параметров механизма с группой Ассура 3 класса.

Рассмотрим плоский рычажный механизм (рис. 1). Пусть в данном механизме звено 2 является входным. Далее этот механизм будем называть первичным. Первичный механизм состоит из двух структурных групп: начального механизма  $I(1, 2)$  и группы Ассура 3-го класса  $III(3-6)$ .

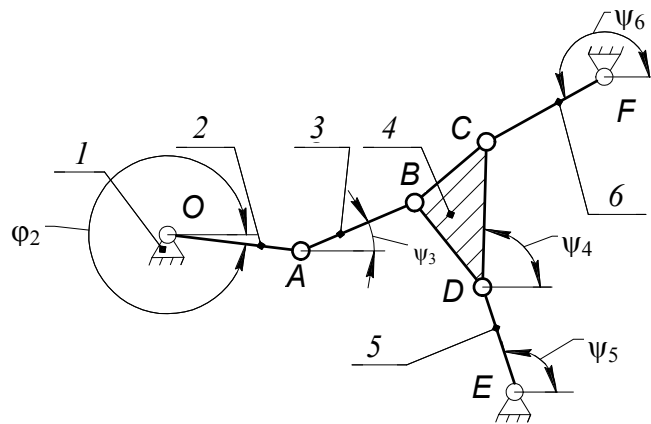


Рис. 1. Расчетная схема механизма

Формула строения первичного механизма имеет вид:

$$I(1, 2) \rightarrow III(3-6). \quad (1)$$

Решение задачи кинематики первичного механизма связано с известными трудностями на самом первом этапе кинематического анализа: определения положений звеньев механизма, т. е. угловых координат  $\psi_3, \psi_4, \psi_5, \psi_6$ . При аналитическом способе кинематического анализа координаты  $\psi_3, \psi_4, \psi_5, \psi_6$  определяются из системы нелинейных уравнений, имеющих несколько вариантов решений (по количеству сборок механизмов). В общем случае (см. например [2]), для рассматриваемой группы Ассура 3-го класса числоборок равно шести.

Для упрощения и дальнейшего решения задачи кинематического анализа применим метод инверсии [3]. Суть метода заключается в условной замене входного звена, а при необходимости в одновременной условной замене входного звена и стойки. Для механизма (рис. 1) назначим звено 5 входным, т. е. этот механизм будет состоять уже из трех структурных групп: начального механизма  $I(1, 5)$  и двух групп Ассур 2-го класса. В дальнейшем будем называть этот механизм обращенным. Формула строения обращенного механизма имеет вид:

$$I(1, 5) \rightarrow II(4, 6) \rightarrow II(2, 3). \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что обращенный механизм является типовым, для которого разработаны алгоритмы кинематического анализа [4]. Для обращенного механизма все кинематические характеристики будем обозначать верхним индексом \*. Задаваясь положением  $\psi_5^*$  звена 5, находим аналитически либо графически (методом планов) угловые координаты звеньев  $\varphi_2^*, \psi_3^*, \psi_4^*, \psi_6^*$  [4]. После определения положений звеньев механизма решаем задачу о скоростях и ускорениях. Для этого воспользуемся, например, методом планов для кинематического анализа механизмов с группами Ассур 2-го класса. Выбирая произвольно значение угловой скорости 5-го звена  $\omega_5^* = \text{const}$ , строим план скоростей и план ускорений механизма (планы строим для обращенного механизма) [4]. Из плана скоростей находим угловые скорости всех звеньев:  $\omega_2^*, \omega_3^*, \omega_4^*, \omega_6^*$ . Из плана ускорений определяем угловые ускорения звеньев:  $\varepsilon_2^*, \varepsilon_3^*, \varepsilon_4^*$  и  $\varepsilon_6^*$ . Первую передаточную функцию от звена  $i$  к звену 2 определяем по формуле

$$\frac{d\psi_i}{d\varphi_2} = \frac{\omega_i^*}{\omega_2^*}. \quad (3)$$

Вторую передаточную функцию от звена  $i$  к звену 2 находим по формуле

$$\frac{d^2\psi_i}{d\varphi_2^2} = \frac{\varepsilon_i^* - (d\psi_i/d\varphi_2)\varepsilon_2^*}{(\omega_2^*)^2}. \quad (4)$$

Здесь  $i = 3, 4, 5, 6$ . Уравнения (3) и (4) определяют кинематические передаточные функции звеньев, которые в общем случае (например [4]) не зависят от скорости и ускорения входного звена и совпадают для первичного и обращенного механизмов.

Угловая скорость и угловое ускорение звена первичного механизма определяются по формулам [4]:

$$\omega_i = \frac{d\psi_i}{d\varphi_2} \omega_2, \quad \varepsilon_i = \frac{d^2\psi_i}{d\varphi_2^2} \omega_2^2 + \frac{d\psi_i}{d\varphi_2} \varepsilon_2, \quad i = 3, 4, 5, 6. \quad (5)$$

Таким образом, с помощью метода инверсии получены кинематические параметры звеньев (5) механизма 3-го класса.

**Вывод.** Кинематический анализ механизмов 3-го класса может быть выполнен путем условной замены входного звена с одновременным понижением класса механизма до 2-го типовыми алгоритмами кинематического анализа групп Ассур 2-го класса.

Л и т е р а т у р а

1. Джолдасбеков, У. А. Графо-аналитические методы анализа и синтеза механизмов высоких классов / У. А. Джолдасбеков. – Алма-Ата, 1983. – 256 с.
2. Пейсах, Э. Е. Определение положений звеньев трехпроводковой и двухпроводковой четырехзвенных групп Ассура с вращательными парами / Э. Е. Пейсах // *Машиноведение*. – 1985. – № 5. – С. 55–61.
3. Shai, O. Transforming engineering knowledge through graph representations: transferring the Willis method to linkages and trusses / O. Shai, E. Mohr // *Engineering with computers*. – 2004. – Vol. 20. – Iss. 1. – P. 2–10.
4. Теория механизмов и машин : учеб. пособие для вузов / М. З. Коловский [и др.]. – 2-е изд., испр. – М. : Академия, 2008. – 558 с.