

**А.В. Астрейко** (ГГТУ имени П.О. Сухого, Гомель)  
Науч. рук. **Д.Г. Кроль**, канд. физ.-мат. наук, доцент

## РАСЧЕТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА МЕТОДОМ ИНВЕРСИИ

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 Ассур 2 класса. Механизмы, где имеются группы Ассур 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 Ассур 3-го класса. Цель работы – определение кинематических параметров механизма с группой Ассур 3 класса.

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

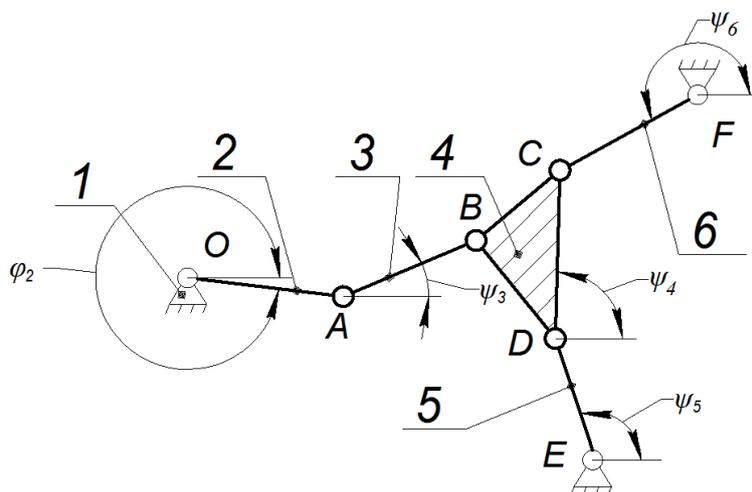


Рисунок 1 – Расчетная схема механизма

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 Ассур 3-го класса число сборок равно шести.

Для упрощения и дальнейшего решения задачи кинематического анализа применим метод инверсии [3]. Суть метода заключается в замене входного звена, а при необходимости в одновременной замене входного звена и стойки. Для механизма, см. рисунок 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  $\phi_2^*, \psi_3^*, \psi_4^*, \psi_6^*$ . 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). 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:

$$\frac{d\psi_i}{d\phi_2} = \frac{\omega_i^*}{\omega_2^*}. \quad (3)$$

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

$$\frac{d^2\psi_i}{d\phi_2^2} = \frac{\varepsilon_i^* - (d\psi_i/d\phi_2) \cdot \varepsilon_2^*}{(\omega_2^*)^2}. \quad (4)$$

Здесь  $i = 3, 4, 5, 6$ . Уравнения (3) и (4) определяют кинематические передаточные функции звеньев, которые в общем случае (см. 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 [см. (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.

Данная работа выполнена в рамках госпрограммы «Энергетические системы, процессы и технологии 2.9». Научный руководитель проекта профессор О. Н. Шабловский.

### Литература

1. Джолдасбеков У.А. Графо-аналитические методы анализа и синтеза механизмов высоких классов. – Алма-Ата, 1983, 256 с.
2. Пейсах Э. Е. Определение положений звеньев трехповодковой и двухповодковой четырехзвенных групп Ассур с вращательными параметрами. – Машиноведение. – 1985. – № 5. – С. 55–61.
3. Shai O., Mohr E. Transforming engineering knowledge through graph representations: transferring the Willis method to linkages and trusses // 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. - Москва: Академия, 2008. – 558 с.

**Е.А. Берёза** (ГрГУ имени Я.Купалы, Гродно)  
Науч. рук. **А.Ю. Иванов**, д-р физ.-мат. наук, профессор

### РАННИЕ СТАДИИ РАЗВИТИЯ ПЛАЗМЕННОГО ФАКЕЛА ПРИ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА МЕТАЛЛ

Статья посвящена исследованию динамики изменения плотности и скорости движения различных частиц на ранних стадиях формирования лазерного факела при воздействии импульсного лазерного излучения умеренной интенсивности на металлический образец.

Исследование воздействия лазерного излучения на твердое тело, ставшее актуальным практически одновременно с появлением лазеров,