

международ. науч.-тех. сборник. – Минск, 2014. – № 29. – С. 290-293.

3. Москалёв, С. А. Методы расчета малых колебаний эллиптического маятника / С. А. Москалёв, А. В. Локтионов // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2013. – С. 40.

УДК 531.1

## КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ МЕТОДОМ ЗАМКНУТЫХ ВЕКТОРНЫХ КОНТУРОВ

*Котович А.В., студ., Буткевич В.Г., доц., Ильющенко А.В., доц.,  
Мачихо Т.А., доц., Краснер С.Ю., доц.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрен кинематический расчет рычажных механизмов методом замкнутых векторных контуров.

Ключевые слова: замыкание, четырехзвенник, вектор, контур, двухдиадный кулисный механизм.

Существуют различные методы кинематического анализа рычажных механизмов. Основной целью всех методов является установление зависимости координат выходного звена и входного. Данная задача решается наиболее просто, если определена функция положения. Вид функции положения зависит от кинематической схемы.

Если механизм содержит шатуны, кулисы или колебатели, то при составлении функции положения целесообразно использовать метод замкнутых векторных контуров.

Суть метода состоит в том, что, например, механизм второго класса представляют структурно состоящим из ряда четырехзвенников. Причем, выходное звено предыдущего четырехзвенника становится входным звеном последующего четырехзвенника. Выделив таким образом ряд контуров четырехзвенников, с каждым из них связывают систему координат. Вдоль каждого звена направляют вектор от шарнира к шарниру либо вдоль направляющих элементов кинематических пар. Вектор позволяет ориентировать звено в системе координат.

Затем составляется уравнение замкнутости векторного контура, которое проектируется на оси координат. Последующим дифференцированием уравнений в проекциях на оси координат получают параметры передаточной функции скоростей и передаточной функции ускорения. После этого рассчитываются значения скоростей и ускорений. Последовательно переходя от контура к контуру, определяют линейные скорости, ускорения характерных точек звеньев и угловые скорости, ускорения всех звеньев.

Рассмотрим использование метода замкнутых векторных контуров для двухдиадного кулисного механизма. Схема механизма представлена на рисунке 1.

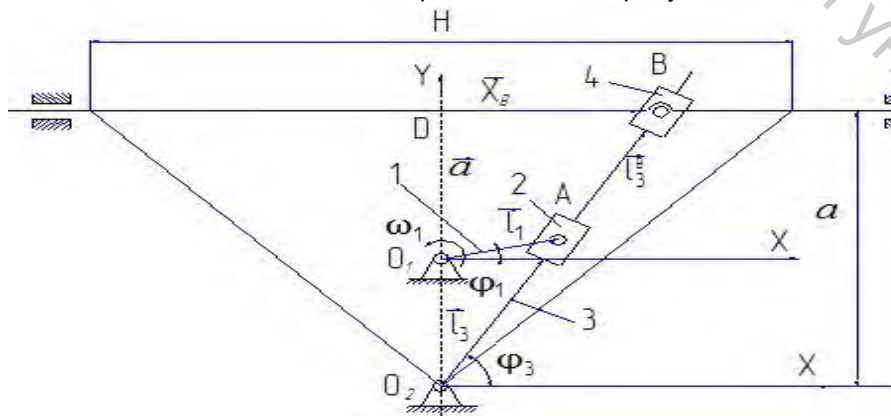


Рис. 1 – Схема двухдиадного кулисного механизма: 1 – кривошип; 2 – кулисный камень;

3 – кулиса; 4 – кулисный камень

Вводим систему координат ХОУ в соответствии с направлением угловой скорости входного звена  $\omega_1$ . Положение звеньев ориентируем в системе координат посредством векторов и углов  $\varphi_1, \varphi_3$ .

Выделяем два векторных контура:  $O_1O_2A$  и  $DO_2B$ .

Уравнение замкнутого контура  $O_1O_2A$  имеет вид:

$$\vec{l}_0 + \vec{l}_1 = \vec{l}_3 \quad (1)$$

Уравнение замкнутости в проекциях на координатные оси Х и Y:

$$\begin{aligned} 0 + l_1 \cdot \cos \varphi_1 &= l_3 \cdot \cos \varphi_3 \\ l_0 + l_1 \cdot \sin \varphi_1 &= l_3 \cdot \sin \varphi_3 \end{aligned} \quad (2)$$

После математических преобразований получим:

$$\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{l_0 + l_1 \cdot \sin \varphi_1}{l_1 \cdot \cos \varphi_1} \quad (3)$$

Для определения передаточной функции скоростей  $U_{31}$  необходимо взять производные от левой и правой части уравнения (3) по  $\varphi_1$ :

$$U_{31} = \frac{d\varphi_3}{d\varphi_1} = \cos^2 \varphi_3 \cdot \frac{l_1^2 + l_0 \cdot l_1 \cdot \sin \varphi_1}{l_1^2 \cdot \cos^2 \varphi_1} = \frac{l_1^2 + l_0 \cdot l_1 \cdot \sin \varphi_1}{l_1^2 + l_0^2 + 2 \cdot l_0 \cdot l_1 \cdot \sin \varphi_1} \quad (4)$$

Передаточная функция ускорений определяется уравнением (5):

$$U'_{31} = \frac{d^2\varphi_3}{d\varphi_1^2} = \frac{l_0 \cdot l_1 \cdot \cos \varphi_1 \cdot (l_0^2 - l_1^2)}{(l_1^2 + l_0^2 + l_0 \cdot l_1 \cdot \sin \varphi_1)^2} \quad (5)$$

Тогда угловую скорость кулисы можно найти из выражения (6):

$$\omega_3 = \omega_1 \cdot U_{31} \quad (6)$$

Угловое ускорение кулисы определяется формулой (7):

$$\varepsilon_3 = \omega_1^2 \cdot U'_{31} + \varepsilon_1 \cdot U_{31} \quad (7)$$

Уравнение замкнутого контура  $DO_2B$  имеет вид:

$$\vec{a} + \vec{x}_B = l_3^B \quad (8)$$

Уравнение замкнутости в проекциях на координатные оси Х и Y принимает вид:

$$\begin{aligned} 0 + x_B &= l_3^B \cdot \cos \varphi_3 \\ a + 0 &= l_3^B \cdot \sin \varphi_3 \end{aligned} \quad (9)$$

Решая совместно уравнения системы, получим:

$$x_B = a \cdot \operatorname{ctg} \varphi_3 \quad (10)$$

Дифференцированием  $x_B$  по параметру  $\varphi_3$  получим  $U_{53}$ :

$$U_{53} = -a \cdot \frac{1}{\sin^2 \varphi_3} \quad (11)$$

Передаточная функция ускорений определяется уравнением (12):

$$U'_{53} = \frac{2 \cdot a \cdot \cos \varphi_3}{\sin^3 \varphi_3} \quad (12)$$

Тогда скорость точки В можно определить из уравнения (13):

$$v_B = \omega_3 \cdot U_{53} \quad (13)$$

Формула для определения ускорения точки В имеет вид:

$$a_B = \omega_3^2 \cdot U'_{53} + \varepsilon_3 \cdot U_{53} \quad (14)$$

Поскольку данный механизм является циклическим, расчеты проводятся за цикл движения с шагом по углу поворота кривошипа. Результаты расчета скорости точки В приведены на рисунке 2, ускорения точки В – на рисунке 3 для следующих исходных данных:

$$\omega_1 = 6,803 \left( \frac{\text{рад}}{\text{с}} \right); l_0 = 0,32 \text{ (м)}; l_1 = 0,00768 \text{ (м)}; a = 0,5 \text{ (м)}; H = 0,25 \text{ (м)}.$$

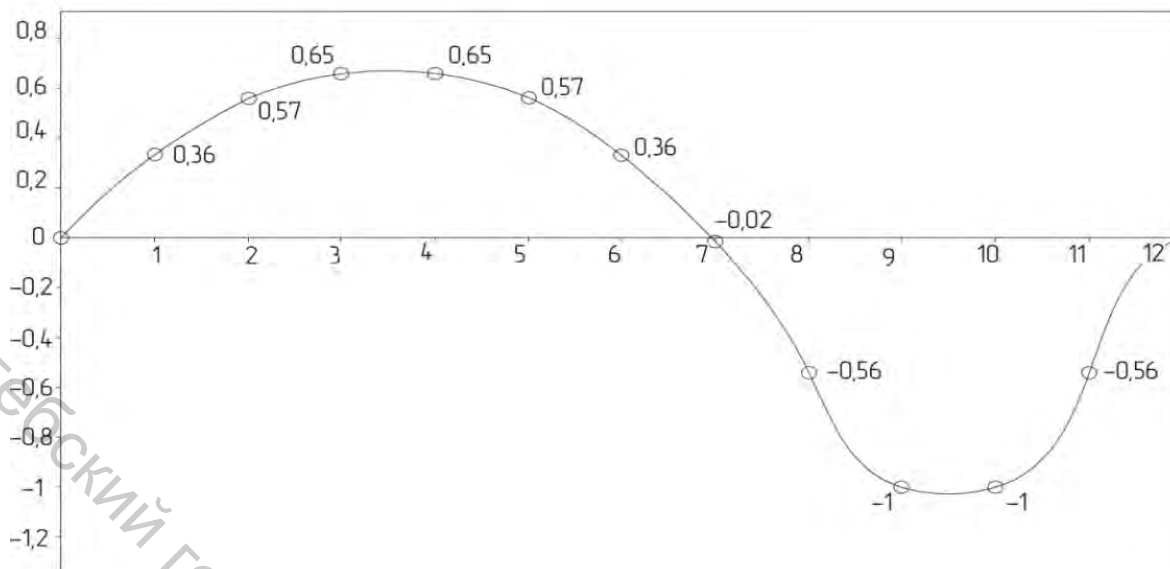


Рис. 2 – График скорости точки В

Полученный алгоритм позволяет вычислять значения скоростей и ускорений выходного звена для двухдвух кулисного механизма.

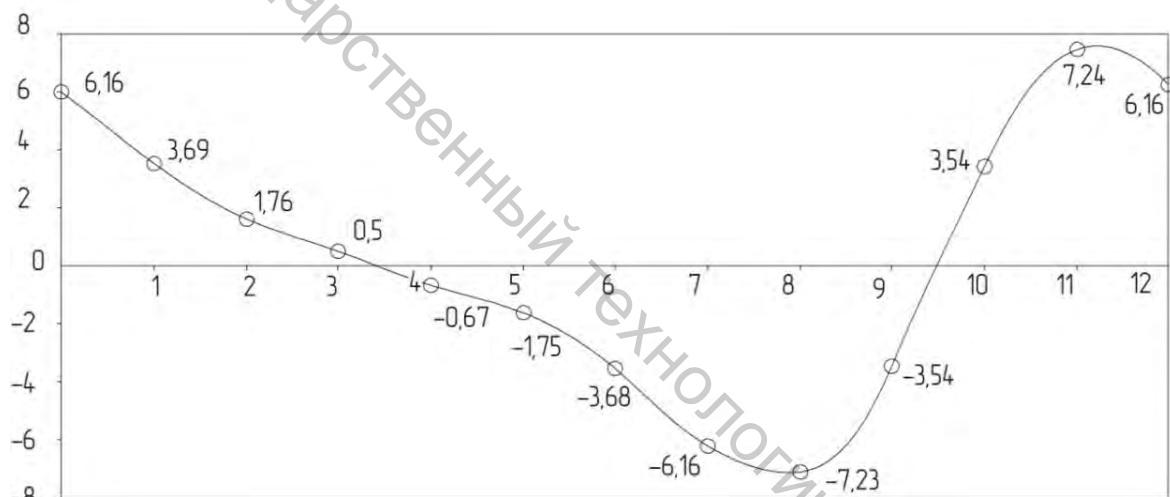


Рис. 3 – График ускорения точки В

В результате работы было сделано: рассмотрен метод замкнутых векторных контуров и с его помощью решена задача нахождения скорости и ускорения точки для двухдвух кулисного механизма.

УДК 621.8.

## ЧАСТИЧНОЕ СТАТИЧЕСКОЕ УРАВНОВЕШИВАНИЕ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА

*Перхурович А.О., студ., Буткевич В.Г., доц.,*

*Мачихо Т.А., доц., Краснер С.Ю., доц.*

*Витебский государственный технологический университет,*

*г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрено частичное статическое уравновешивание