

Исследование механизма с квазиостановкой, использующего эллиптическое движение приводящей точки

Автор: Кудренко Григорий,

11 класс политехнического лицея г. Мурманска
(работа выполнена совместно с учеником 11-го класса
Мурманского политехнического лицея Гусевым Иваном).

Научный руководитель:

Бродский Исай Лазаревич,

кандидат технических наук, профессор Мурманского областного
института повышения квалификации работников образования
и культуры

В литературе [1;2] описаны механизмы с квазиостановкой, схемы которых представлены на рисунках 1, а и б:

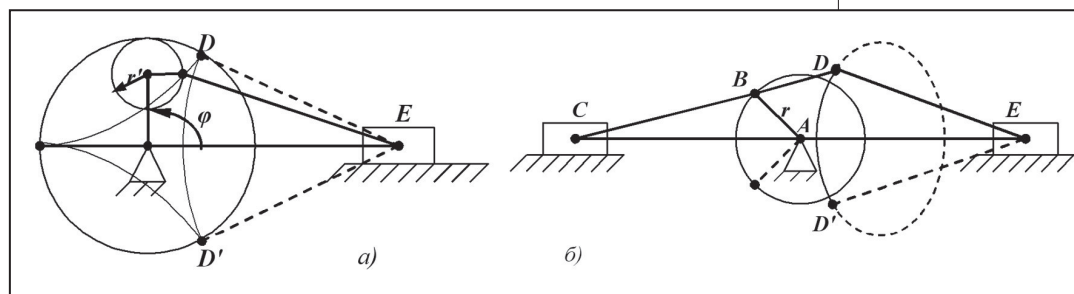


Рис. 1

В указанных механизмах траектория точки D на участке DD' близка к окружности, радиус которой приближённо равен длине шатуна, и это создаёт эффект квазиостановки.

На участке DD' в схеме а) точка D описывает участок гипоциклоиды, в схеме б) DD' — некоторую шатунную кривую. Мною совместно с И. Гусевым была поставлена задача: исследовать поведение рабочего органа ползуна E в схеме механизма, представленного на рис. 2, если движение точки D осуществляется по эллипсу.

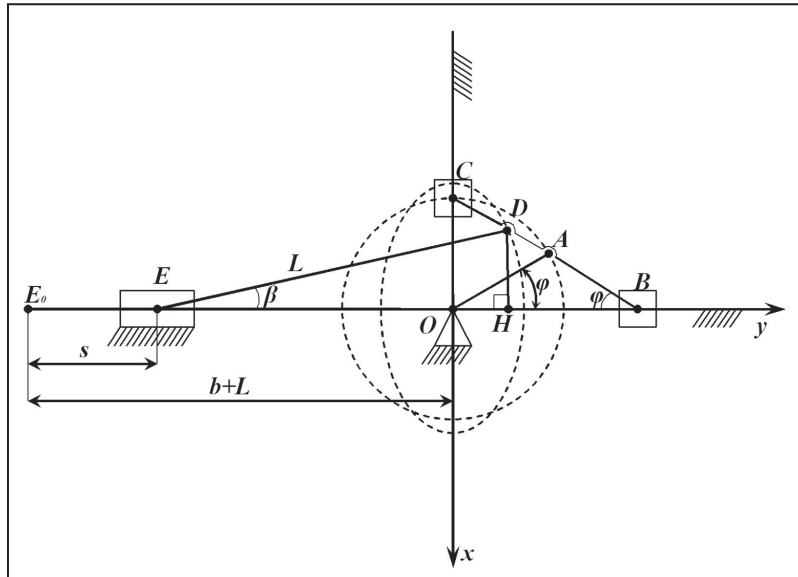


Рис. 2

$$OA = AB = AC = r$$

$$AD = p$$

Эллиптическое движение точки D может быть описано следующим уравнением:

$$\frac{x_D^2}{(p+r)^2} + \frac{y_D^2}{(r-p)^2} = 1 \quad (1)$$

Обозначив полуоси эллипса $a = r + p$, $b = r - p$, получим выражения p и r через полуоси эллипса:

$$\begin{cases} p = \frac{a-b}{2}, & (2) \\ r = \frac{a+b}{2}, & (3) \end{cases}$$

Из рис. 2 следует:

$$y_E = y_D + L \cdot \cos \beta \quad (4)$$

После преобразований, используя известное приближение $\sqrt{1-\alpha} \approx 1 - \frac{\alpha}{2}$, получим выражение для перемещения s ползуна E , а также аналогов его скорости и ускорения:

$$s = b + L - b \cdot \cos \varphi - L \left(1 - \frac{a^2}{4 \cdot L^2} + \frac{a^2}{4 \cdot L^2} \cdot \cos 2\varphi \right) = b + \frac{a^2}{4 \cdot L} - b \cdot \cos \varphi - \frac{a^2}{4 \cdot L} \cdot \cos 2\varphi \quad (5)$$

$$\tilde{v} = b \cdot \sin \varphi + \frac{a^2}{2 \cdot L} \cdot \sin 2\varphi \quad (6)$$

$$\tilde{a} = b \cdot \cos \varphi + \frac{a^2}{L} \cdot \cos 2\varphi \quad (7)$$

В работе предпринято исследование движения точки E для схемы 1.б, получен следующий результат:

$$\left\{ \begin{aligned} s &= r + p + L - x_E = r + \frac{p}{4} \cdot \left(\frac{r}{l}\right)^2 + \frac{L}{4} \cdot \left(\frac{p+l}{L} \cdot \frac{r}{l}\right)^2 - r \cdot \cos \varphi - \left(\frac{p}{4} \cdot \left(\frac{r}{l}\right)^2 + \frac{L}{4} \cdot \left(\frac{p+l}{L} \cdot \frac{r}{l}\right)^2\right) \cdot \cos 2\varphi \\ \tilde{v} &= r \cdot \sin \varphi + \left(\frac{p}{2} \cdot \left(\frac{r}{l}\right)^2 + \frac{L}{2} \cdot \left(\frac{p+l}{L} \cdot \frac{r}{l}\right)^2\right) \cdot \sin 2\varphi \\ \tilde{a} &= r \cdot \cos \varphi + \left(p \cdot \left(\frac{r}{l}\right)^2 + L \cdot \left(\frac{p+l}{L} \cdot \frac{r}{l}\right)^2\right) \cdot \cos 2\varphi \end{aligned} \right. \quad (8)$$

(9)

(10)

Рисунок на схеме 1.а исследован мурманскими школьниками: А. Бобром, А. Лебедевым и О. Подтуровой [3], ими были получены следующие результаты:

$$s = r' \cdot \left(1 + \frac{1}{m} + \frac{1}{4} \frac{n^2}{m} + \left(2 - \frac{n}{m} \right) \cos \varphi + \left(n - \frac{1}{m} \right) \cos 2\varphi + \frac{n}{m} \cos 3\varphi - \frac{1}{4} \frac{n^2}{m} \cos 4\varphi \right), \text{ где}$$

$$m = \frac{l}{r}, n = \frac{d}{r}. \quad (11)$$

$$\tilde{v} = r' \cdot \left(-\left(2 - \frac{n}{m} \right) \sin \varphi - 2 \left(n - \frac{1}{m} \right) \sin 2\varphi - \frac{3n}{m} \sin 3\varphi + \frac{n^2}{m} \sin 4\varphi \right) \quad (12)$$

$$\tilde{a} = r' \cdot \left(-\left(2 - \frac{n}{m} \right) \cos \varphi - 4 \left(n - \frac{1}{m} \right) \cos 2\varphi - \frac{9n}{m} \cos 3\varphi + 4 \cdot \frac{n^2}{m} \cos 4\varphi \right) \quad (13)$$

Здесь l – длина шатуна DE , – расстояние от шарнира A до приводящей точки D . Авторами обоснованы оптимальные значения параметров: $m=9; n=0,9$. Ход рабочего ползуна составляет $4r'$. С целью сравнения кинематических и динамических характеристик во всех трёх вариантах заложены одинаковые ходы ползуна E .

На рисунках 3, 4, 5 показаны наложенные друг на друга графики перемещения, аналога скорости и ускорения для трёх сравниваемых механизмов:

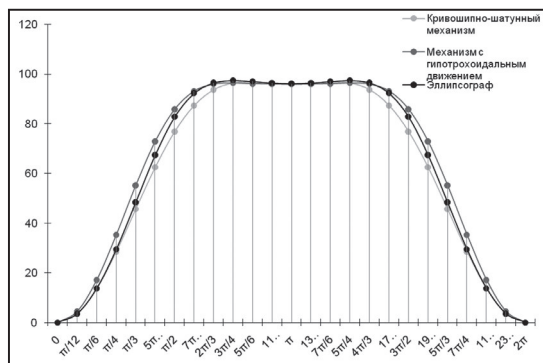


Рис. 3



Сравнение показывает, что предлагаемый нами механизм с остановкой является конкурентоспособным в сравнение с его прототипами.

Нами совместно с И. Гусевым построена действующая модель предлагаемого механизма, подтверждающая теоретические выводы.

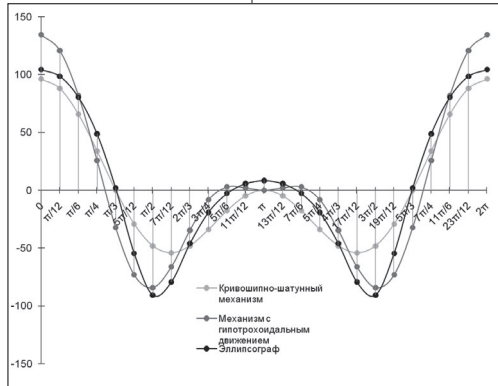


Рис. 4

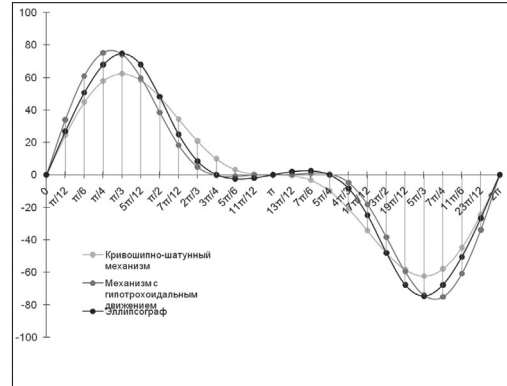


Рис. 5

В заключение выражаю благодарность И.Л. Бродскому за научное руководство при выполнении данной работы.

Литература

1. ТЗ4 Теория механизмов и механика машин: Учебник для вузов / К. В. Фролов, С. А. Попов, А. К. Мусатов и др.; М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 664 с. (стр. 597).
2. Крайнев А. Ф. К 78 Словарь-справочник по механизмам. – 2-е издание, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1987. 560 с., ил. (стр. 65).
3. Бобр А. С., Лебедев А. И. Исследование зубчато-рычажного механизма с остановкой, использующего гипотрохоидальное движение приводящей точки.
4. Гусев Иван. «Проектирование механизма с квазиостановкой, использующего эллиптическое движение приводящей точки».