

УДК 621.857.2

## КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПАКТНОГО ЗУБЧАТО-РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА С ПРЕРЫВИСТЫМ ДВИЖЕНИЕМ ВЫХОДНОГО ЗВЕНА

канд. техн. наук, доц. А.Г. СЕМИН, канд. техн. наук, доц. Ф.А. КИМ,  
канд. техн. наук, доц. Д.Н. СВИРСКИЙ  
(Витебский государственный технологический университет)

Для получения прерывистого вращательного движения предложен компактный зубчато-рычажный механизм планетарного типа, в котором вращательное движение водила преобразуется в прерывистое вращательное движение кулисы. Рассмотрена методика определения максимального ускорения кулисы в зависимости от передаточного отношения зубчатых колес и длительности остановки кулисы.

Многие исполнительные органы технологических машин совершают прерывистое вращательное движение. Для получения такого движения применяют различные типы механизмов. Общеизвестно [1], что лучшим из них в отношении надежности является мальтийский механизм, однако он не может быть использован при высоких нагрузках.

На рис. 1 показан новый компактный механизм прерывистого движения, состоящий из неподвижного центрального колеса 1, внутри которого с помощью водила 2 вращается сателлит 3. Палец этого сателлита шарнирно связан с камнем 4, движущимся по кулисе 5. Вращательное движение водила преобразуется в прерывистое вращательное движение кулисы. Механизм может работать как при высоких скоростях, так и при больших нагрузках. Большим преимуществом данного механизма является также возможность регулирования длительности остановки, причем в широких пределах (от 0 до 3/4 цикла).

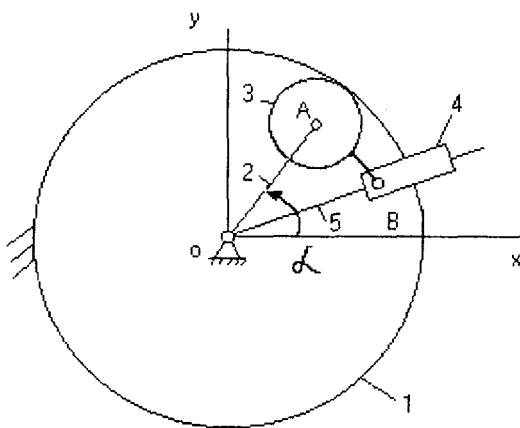


Рис. 1. Схема механизма

В работе [2] представлены результаты кинематического исследования этого механизма при различных его параметрах. Полученные для анализа формулы громоздки и требуют огромного количества вычислений, которые невозможны без компьютера. Предлагаем методику, позволяющую получить простые формулы для определения угловых скоростей и ускорения кулисы, причем в этих формулах дана прямая зависимость этих кинематических параметров от угла поворота водила. Приближенная остановка кулисы регулируется в механизме путем изменения расстояния  $|AB|$ . В работе установлено, что угловая скорость выходного звена определялась по формуле

$$\omega = \omega_0 \frac{\dot{y}x - \dot{x}y}{x^2 + y^2}, \quad (1)$$

где  $x$  и  $y$  – координаты кольца  $B$ , определяемые по формулам

$$\begin{aligned} x &= m \cos \alpha + k \cos m\alpha, \\ y &= m \sin \alpha - k \sin m\alpha, \end{aligned}$$

где  $m = U - 1$  ( $U$  – передаточное отношение колес 1 и 3); величина  $k$  есть отношение  $AB/r$  ( $r$  – радиус сателлита).

Имея в виду, что  $\alpha = \omega t$ , находим производные от  $x$  и  $y$ , которые подставляем в формулу (1). В результате получаем следующее выражение:

$$\omega = \omega_0 \frac{(m^2 - mk^2) - (m^2k - mk) \cos[(m+1)\alpha]}{m^2 + k^2 + 2 \cos[(m+1)\alpha]} \quad (2)$$

Введем обозначения:

$$a = m^2 - mk^2, \quad b = m^2k - mk, \quad c = m^2 + k^2, \quad d = 2mk, \quad n = m+1. \quad (3)$$

Тогда формула (2) получит вид:

$$\omega = \omega_0 \frac{a - b \cos n\alpha}{c + d \cos n\alpha}.$$

Найдем производную от угловой скорости, получив угловое ускорение кулисы

$$\varepsilon = \omega_0^2 \frac{n(bc + ad) \sin n\alpha}{(c + d \cos n\alpha)^2}. \quad (4)$$

Часто для силовых расчетов требуется найти только максимальное значение ускорения. Для его нахождения поступаем следующим образом.

Найдем производную от углового ускорения, приравняем ее к нулю, а из полученного выражения найдем угол  $\alpha$ , при котором имеет место максимальное ускорение. Получаем следующее выражение:

$$\alpha = \frac{1}{n} \arccos\left[\frac{1}{2d}(c - \sqrt{c^2 + 8d^2})\right].$$

Подставляя угол  $\alpha$  в формулу (4), получим значение максимального ускорения.

Найдем  $\varepsilon_{\max}$  для случая  $U = 4$ , при этом длительность остановки составляет ровно половину цикла (цикл соответствует обороту спутника). Кинематическое исследование (5) показало, что в этом случае  $k = 1,24$ .

Найдем постоянные величины по формулам (3):

$$c = 10,54; \quad d = 7,44; \quad n = 4; \quad a = 5,21; \quad b = 7,44.$$

Тогда угол  $\alpha'$  будет иметь величину  $\alpha' = 37,57^\circ$

Подставляя это значение в формулу (4), получим  $\varepsilon_{\max} = 13,76\omega_0^2$ .

Подсчитанные по формуле (4) максимальные ускорения в зависимости от передаточного отношения  $U$  представлены в виде графика (рис. 2), из которого следует, что наиболее рациональным является механизм с передаточным отношением  $U = 4 \dots 6$ .

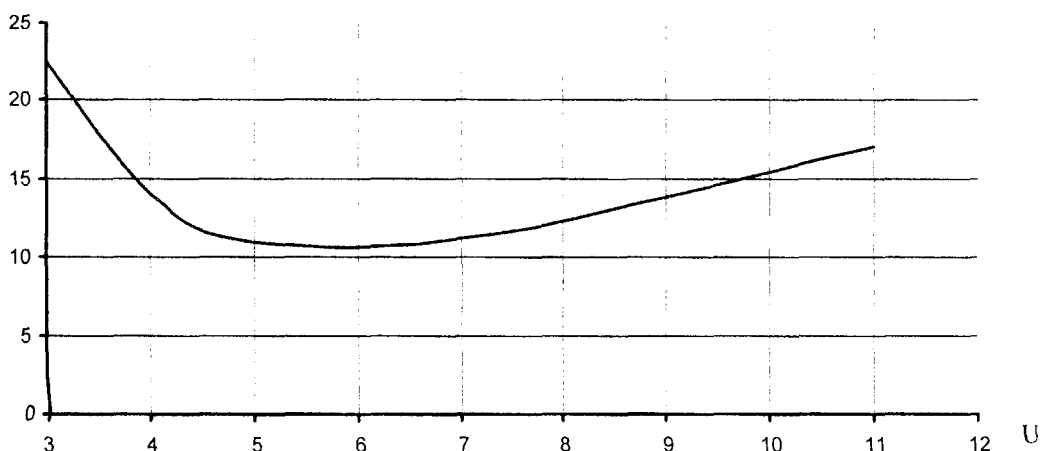


Рис. 2. Зависимость аналога максимального ускорения от передаточного отношения

На рис. 3 изображена зависимость аналога максимального ускорения от величины  $k$  для механизма с передаточным отношением  $U = 4$ . Чем больше величина  $k$ , т.е. чем длительнее остановка, тем больше максимальное ускорение.

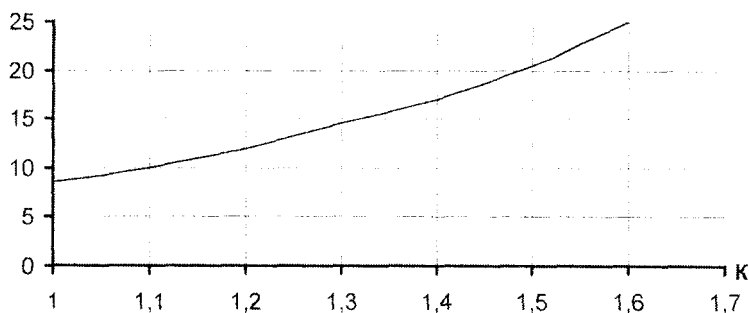


Рис. 3. Зависимость аналога углового ускорения от величины  $K$

Таким образом, если вращающиеся массы исполнительного органа связаны непосредственно с кулисой механизма, то передаточное отношение следует брать равным 4...6.

Если вращающиеся массы рабочего органа связаны с кулисой зубчатыми колесами, то, как показали расчеты, предпочтение следует отдать большему значению передаточного отношения. Хотя при этом наблюдается некоторое увеличение максимального ускорения, ускорение рабочего органа падает в более значительной степени (см. рис. 2).

Следовательно, согласно разработанной методике можно сразу найти максимальное ускорение, подставив в найденную формулу величину угла поворота водила. Этот угол определяется через постоянные величины, служащие параметрами механизма. Максимальное ускорение необходимо для дальнейших силовых расчетов и расчетов на прочность.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учебник для вузов. - М.: Наука, 1988. - 640 с.
2. Семин А.Г., Тимофеев А.М., Локтионов А.В. Исследование механизма с прерывистым движением выходного звена // Вестник Гомельского гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. - 2002. - № 3. - С. 12 - 16.