

РЫЧАЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С КВАЗИОСТАНОВКАМИ

Инж. Блинов С.П.; доц., к.т.н. Семин А.Г.;
проф., д.т.н. Локтионов А.В. (ВГТУ)

Рабочий инструмент некоторых машин совершает вращательное движение с остановкой в определенной части цикла. Во время остановки скорость может быть равной нулю, или небольшой, но допустимой для данного технологического процесса (квазиостановка). При этом используют храповые механизмы, мальтийские, обгонные муфты, зубчатые с неполным числом зубьев и другие.

Их недостаток - наблюдаются жесткие и мягкие удары, вызывающие значительные инерционные нагрузки. Поэтому они не используются на высокоскоростных машинах.

Предлагаемый новый рычажный механизм (рис.1) не имеет указанного выше недостатка. Механизм имеет две степени подвижности. Его звенья установлены на одном валу.

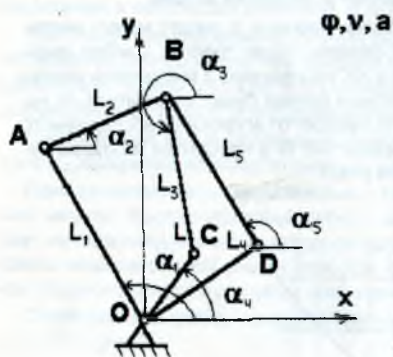


Рис. 1.

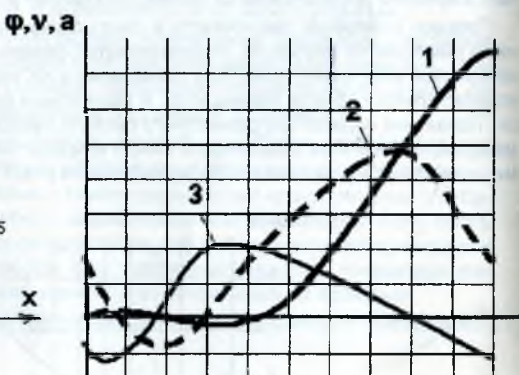


Рис. 2.

На валу О жестко закрепляется кривошип 1 и свободно - кривошип 4. Оба кривошипа кинематически связаны между собой с помощью зубчатой передачи.

Движения кривошипов 1, 4 с помощью шатунов 2, 3, 5 складываются и передаются выходному кривошипу 6, который совершает прерывистое вращательное движение. Кривошип 6 останавливается при движении кривошипа 4 вниз. При этом рычаги 2 и 5 спрямляются, происходит квазиостановка.

Кинематический анализ работы механизма по рис.1 проведен в сравнении с механизмом мальтийского креста. Определим угловые положения звеньев механизма, например, при четырех остановках звена 6 за цикл работы машины.

Следовательно, за один оборот кривошипа 1 кривошип 4 должен сделать при их вращении в разные стороны три оборота, то есть $\alpha_1 = -1/3 \alpha_4$. Задаваясь углом α_4 определяем угол α_1 и координаты точек А и С из выражений

$$X_A = L_1 \cos \alpha_1, X_C = L_4 \cos \alpha_4, Y_A = L_1 \sin \alpha_1, Y_C = L_4 \sin \alpha_4$$

Зная X_A, Y_A, X_C, Y_C координаты точки В определяем как точку пересечения двух окружностей радиусами L_2 и L_3 с центрами их вращения А и С из выражений

$$(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 = L_2^2; (X_B - X_C)^2 + (Y_B - Y_C)^2 = L_3^2.$$

Из них находим X_B и Y_B . Аналогично определяем координаты точки D из уравнений

$$(X_D - X_B)^2 + (Y_D - Y_B)^2 = L_5^2, X_D^2 + Y_D^2 = L_6^2.$$

Углы наклона звеньев, как векторов, определяются по формулам

$$\alpha_2 = \arctg (Y_B - Y_A) / (X_B - X_A); \alpha_3 = \arctg (Y_C - Y_B) / (X_C - X_B);$$

$$\alpha_5 = \arctg (Y_D - Y_B) / (X_D - X_B); \alpha_6 = \arctg Y_D / X_D.$$

Далее для векторного контура OABCO

$$L_1 + L_2 + L_3 = L_4$$

Проектируя это уравнение на оси X и Y:

$$-1/3 L_1 \cos \alpha_4 + L_2 \cos \alpha_2 + L_3 \cos \alpha_3 = L_4 \cos \alpha_4,$$

$$-1/3 L_1 \sin \alpha_4 + L_2 \sin \alpha_2 + L_3 \sin \alpha_3 = L_4 \sin \alpha_4.$$

Дифференцируя эти уравнения по времени, имеем

$$1/3 L_1 \omega_4 \sin \alpha_4 - L_2 \omega_2 \sin \alpha_2 - L_3 \omega_3 \sin \alpha_3 = -L_4 \omega_4 \sin \alpha_4,$$

$$-1/3 L_1 \omega_4 \cos \alpha_4 + L_2 \omega_2 \cos \alpha_2 + L_3 \omega_3 \cos \alpha_3 = L_4 \omega_4 \cos \alpha_4.$$

Из них, задавая величиной ω_1 , находим ω_2 и ω_3 . Дифференцируя полученную систему, находим ускорения ε_2 и ε_3 (при $\varepsilon_1 = 0$) из выражений

$$1/3 L_1 \omega_4^2 \cos \alpha_4 - L_2 \varepsilon_2 \sin \alpha_2 - L_2 \omega_2^2 \cos \alpha_2 - L_3 \varepsilon_3 \sin \alpha_3 - L_3 \omega_3^2 \cos \alpha_3 = -L_4 \omega_4 \cos \alpha_4;$$

$$1/3 L_1 \omega_4^2 \sin \alpha_4 + L_2 \varepsilon_2 \cos \alpha_2 - L_2 \omega_2^2 \sin \alpha_2 + L_3 \varepsilon_3 \cos \alpha_3 - L_3 \omega_3^2 \sin \alpha_3 = -L_4 \omega_4 \sin \alpha_4$$

Аналогично, рассматривая векторный контур OCBDO, находятся ω_5, ω_6 и $\varepsilon_5, \varepsilon_6$.

Результаты расчета на ЭВМ, представлены в виде графиков на рис.2, где 1 - график пути φ_6 , 2 - график угловой скорости ω_6 , 3 - график ускорения ε_6 звена 6 в зависимости от угла поворота α_6 звена 6.

Установлено, что механизм по рис.1 обеспечивает квазиостановку кривошипа 6 в течение времени, соответствующему 156 градусам поворота главного вала швейной машины. При частоте вращения $n_4 = 2500$ об/мин и при размерах звеньев $L_1 = 40$ мм, $L_2 = 26$ мм, $L_3 = 35$ мм, $L_4 = 9$ мм, $L_5 = 34$ мм, $L_6 = 26$ мм максимальное значение ускорения $\varepsilon_6 = 54,000$ 1/с². Ускорение мальтийского механизма с четырьмя лепестками ($z=4$) [1] определяется по формуле

$$\varepsilon = \omega_1^2 \lambda (1 - \lambda^2) \sin \alpha / (1 - 2 \lambda \cos \alpha + \lambda^2)^2; \text{ где } \lambda = \sin \pi / z = 0,707$$

Максимальное значение ускорения, равно $368,000 \text{ 1/c}^2$. С учетом мягкого удара в мальтийском механизме действительное ускорение будет в два раза больше, то есть $736,000 \text{ 1/c}^2$ [2].

Следовательно, предложенный рычажный механизм имеет лучшие динамические характеристики, его целесообразно использовать в высокоскоростных машинах и применять в технологических процессах, где требуется, выстой рабочего инструмента. В рекомендованном механизме максимальное перемещение выходного звена за время квазиостановки равно $3,6$ градуса.

Литература:

1. Фролов К.В. Теория механизмов и машин. М., 1987.
2. Барсов Г.А. Теория механизмов и машин и динамика машин. М., 1961.