

УДК 677.024

**К РАСЧЕТУ ПРОФИЛЕЙ КУЛАЧКОВ
ПРОГРАММНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО
МНОГОЦВЕТНОГО УТОЧНОГО УСТРОЙСТВА
СТАНКОВ ТИПА СТБ**

Э.И. САВЕЛЬЕВ, Д.Г. ИЩЕНКО

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Основным узлом четырехцветного устройства смены цвета утка является кулачковый механизм. Положения уточной каретки определяет набор кулачков, соединенных в единую цепь в соответствии с раппортом цвета по утку. Профильный угол рабочей части кулачка составляет 22° и при скорости станка $160...170 \text{ мин}^{-1}$ время смены положений уточной каретки составляет $\cong 0,06 \text{ с}$.

Проведенные расчеты [1] показали, что на отдельных участках профиля кулачка двухшагового переключения положений уточной каретки (трехшагового переключения механизм не осуществляет) контактные напряжения в кулачковой паре на некоторых участках профиля значительно превышают допустимые, что и определяет его повышенный износ.

Анализ многих классических законов движения ведомого звена (уточной карет-

ки) не дал приемлемого профиля кулачка, поэтому был проведен синтез закона ее движения, в основу которого положена минимизация ускорений решением дифференциального уравнения Эйлера [2] и [3]. Отметим, что проектирование профилей кулачков осуществлялось не классическим методом, когда на первом этапе решается задача определения области положения оси вращения кулачка, а с учетом уже имеющихся положения этой оси и радиуса начальной шайбы, то есть применительно к существующей конструкции. Ограничения по углам давления в этом случае можно проверять только при наличии готового профиля.

В существующем устройстве смены цвета утка кинематика программной кулачковой цепи определяется кинематикой мальтийского креста таким образом, что поворот кулачка на 22° соответствует повороту креста на угол $15^\circ (\pm 7,5^\circ)$ и согласно цикловой диаграмме – повороту главного вала станка на угол $\cong 56^\circ$. Скорость ω_k и ускорение ε_k кулачка можно выразить зависимостями

$$\omega_k = \frac{\omega}{1,5} \frac{\lambda_m \cos \alpha - \lambda_m^2}{1 - 2 \lambda_m \cos \alpha + \lambda_m^2}, \quad (1)$$

$$\varepsilon_k = \frac{\omega^2}{1,5} \frac{\lambda_m (\lambda_m^2 - 1) \sin \alpha}{(1 - 2 \lambda_m \cos \alpha + \lambda_m^2)^2}. \quad (2)$$

Здесь α , ω – положение и скорость ведущего кривошипа мальтийского механизма ($\omega = 4,189 \text{ с}^{-1}$); $\lambda_m = 0,707$ – для четырех пазовых мальтийских механизмов.

$$R = \int_0^{\varphi_0} \ddot{q}^2 d\varphi \cong \int_0^{\varphi_0} [\Pi'^2 (1 + 4 \varepsilon f) + 2 \Pi' \Pi'' \varepsilon f'] d\varphi, \quad (6)$$

где $0 \leq \varphi \leq \varphi_0$.

Принимая ограничения в виде

$$\begin{aligned} \Pi'(0) &= \Pi'_n = 0, \\ \Pi'(\varphi_0) &= \Pi'_k = 0, \\ \int_0^{\varphi_0} \Pi' d\varphi &= \Pi_0 = 1 \end{aligned} \quad (7)$$

Поворот мальтийского креста на указанный угол ($\pm 7,5^\circ$) соответствует периоду, когда его скорость незначительно меняется между $\omega_{1\max}$ и $\omega_{1\min}$ относительно $\omega_{1\text{ср}}$. Этот участок кривой скорости можно описать любой гармонической функцией, что мы и делаем с целью сокращения длины громоздких уравнений. Представим выражение (1), (2) в виде

$$\omega_k = \frac{\omega_{1\text{ср}}}{1,5} [1 + \varepsilon f(\varphi)], \quad (3)$$

$$\varepsilon_k = \frac{\omega_{1\text{ср}}^2}{1,5} \varepsilon f'(\varphi) \dot{\varphi}, \quad (4)$$

где $\omega_{1\text{ср}} = \frac{\omega_{1\max} + \omega_{1\min}}{2}$; ε – малый параметр; φ – положение ведущего звена (кулачка); $f(\varphi)$ – непрерывная ограниченная функция; индекс «'» – дифференцирование по углу φ ; точка сверху – дифференцирование по времени.

Согласно [4] и с учетом (3), (4) обобщенное ускорение \ddot{q} точной каретки определим с помощью выражения

$$\ddot{q} = \Pi'(\varphi) \dot{\varphi}^2 + \Pi''(\varphi) \dot{\varphi}, \quad (5)$$

где $\Pi' = \Pi'(\varphi)$, $\Pi'' = \Pi''(\varphi)$ – первая и вторая передаточные функции механизма.

Сохранив члены линейные относительно ε , рассчитаем искомую передаточную функцию минимумом функционала R :

и обозначив $\Pi'(\varphi) = y(\varphi)$, $\Pi''(\varphi) = y'(\varphi)$, найдем функцию $y(\varphi)$, сообщающую безусловный минимум функционалу:

$$R^* = \int_0^{\varphi_0} \left\{ y'^2 (1 + 4 \varepsilon f) + 2 y y' \varepsilon f' \right\} + \lambda y \, d\varphi,$$

где λ – неопределенный множитель Лагранжа.

Уравнение Эйлера для этого функционала имеет вид:

$$2y''(1+4\epsilon f) + 8\epsilon y'f' + 2\epsilon yf'' - \lambda = 0. \quad (8)$$

Решение уравнения (8) ищем в виде

$$y = \sum_{n=0}^N \epsilon^n y_n,$$

$$y' = \sum_{n=0}^N \epsilon^n y'_n.$$

$$y'' = \sum_{n=0}^N \epsilon^n y''_n.$$

Приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях ϵ , нулевое и первое приближение получаем соответственно в виде

$$2y''_0 - \lambda = 0, \quad (9)$$

$$y''_1 + 4fy''_0 + 4y'_0f' + y_0f'' = 0. \quad (10)$$

Интегрируя (9) с учетом (7), получим

$$y_0 = \frac{1}{4}\lambda\varphi(\varphi_0 - \varphi). \quad (11)$$

Интегрируя (10), имеем

$$y_1 = C_2 + C_1\varphi - \int d\varphi \int (4y''_0f + 4y'_0f' + y_0f'') d\varphi. \quad (12)$$

После преобразований с учетом ограничений (7), запишем

$$y_1 = C_2 + C_1\varphi + \lambda F(\varphi),$$

где $F(\varphi)$ – сумма части членов уравнения с коэффициентом λ .

Принимая в выражении (3) $\epsilon = 0,1$, $\varphi_0 = 22^\circ (0,384 \text{ рад})$ и $f(\varphi) = \sin k\varphi$ с учетом (7), получим

$$F(\varphi) = \left(-\frac{1}{2k^2} - \frac{1}{4}\varphi^2 + \frac{1}{4}\varphi\varphi_0 \right) \sin k\varphi + \left(\frac{1}{k}\varphi - \frac{1}{2k}\varphi_0 \right) \cos k\varphi,$$

$$F'(\varphi) = \left(\frac{3}{4}\varphi_0 - \frac{3}{2}\varphi \right) \sin k\varphi + \left(\frac{1}{2k} - \frac{k\varphi^2}{4} + \frac{k\varphi\varphi_0}{4} \right) \cos k\varphi.$$

Примем

$$\int F(\varphi) d\varphi = \left(\frac{\varphi}{2k^2} - \frac{\varphi_0}{4k^2} \right) \sin k\varphi + \left(\frac{1}{k^3} + \frac{1}{4k}\varphi^2 - \frac{1}{4k}\varphi\varphi_0 \right) \cos k\varphi,$$

тогда

$$\Pi''(\varphi) = \lambda \left\{ -\frac{1}{4}(\varphi_0 - \varphi) + \frac{\varphi}{4} + \epsilon \left[-F(0) + \frac{1}{\varphi_0} \Delta F + F'(\varphi) \right] \right\}. \quad (13)$$

Результаты расчетов (13) представлены на рис. 1 диаграммой ускорений.

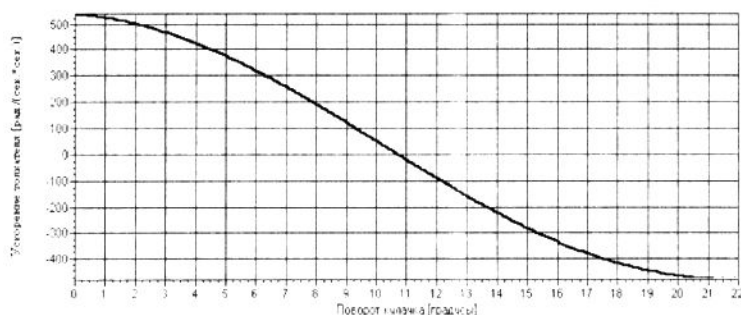


Рис. 1

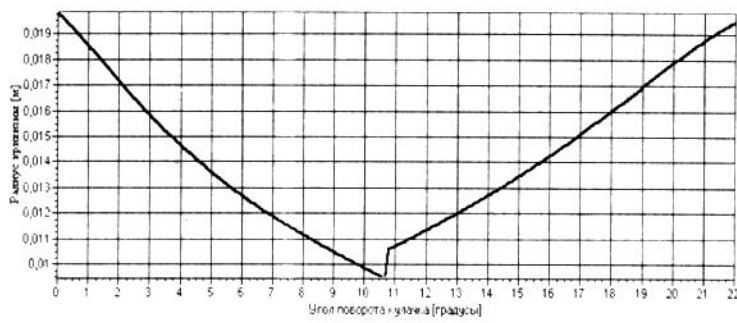


Рис. 2

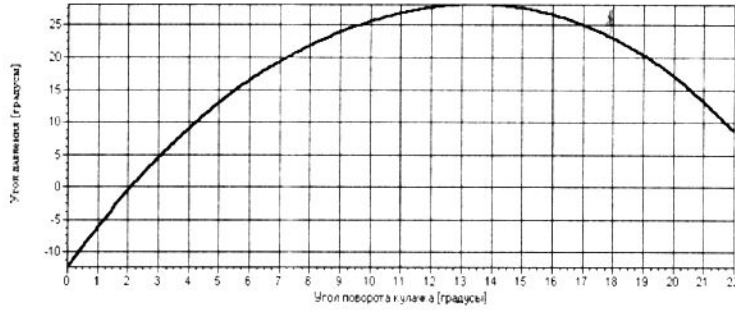


Рис. 3

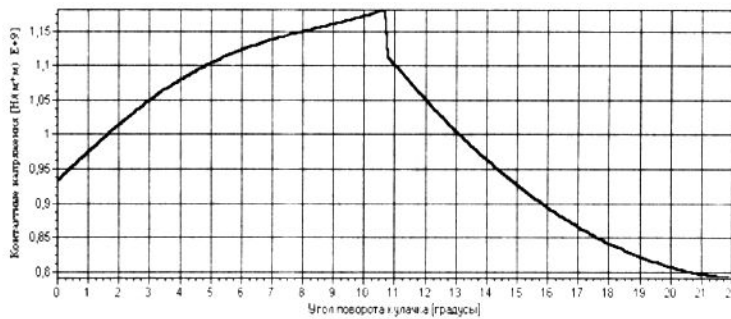


Рис. 4

Проведенный расчет профиля кулачка двухшагового переключения позиций (I–III) точной каретки дал результаты, представленные на рис.2, 3, 4 соответственно характеристиками приведенных радиусов кривизны, углов давления и контактных напряжений по всему профилю. Как видно из диаграммы рис.4, контактные напряжения на всем участке профиля находятся в допустимых пределах.

ВЫВОДЫ

1. По представленной методике произведены расчеты закона движения и профиль кулачка двухшагового переключения точной каретки станка СТБ-4-330. Рас-

четные контактные напряжения на всем участке профиля не превышают допустимых.

2. Все вычисления выполнены с помощью специально написанной программы на языке Borland C++ Builder 5.0 [5], которая позволяет получать информацию об основных динамических и кинематических характеристиках механизма, дает возможность сохранения и загрузки параметров расчета и распечатки таблиц радиусов-профилей кулачков в качестве отчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев Э.И. Анализ и синтез механизмов смены цвета утка ткацких станков типа СТБ: Дис....канд. техн. наук, – М., МТИ, 1967.

2. *Т. Корн.* Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984.

3. *Хитрик В.Э.* Методы динамической оптимизации механизмов машин-автоматов. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1974.

4. *Левитский Н.И.* Кулачковые механизмы. – М., 1964.

5. *Архангельский А.Я.* Программирование в С++Builder 5. – М.: "Изд-во БИНОМ", 2001.

Рекомендована кафедрой теории механизмов приборов и машин. Поступила 30.09.04.
