

УДК 677.054.845-231.321.2

**О ВЗАИМОВЛИЯНИИ ЗАКОНОВ ДВИЖЕНИЯ БАТАНА  
И ГЛАВНОГО ВАЛА ТКАЦКОГО СТАНКА СТБ**

*С. В. ЛУШНИКОВ, Г. А. САРАНЧУК, М.А. БЕЛЫЙ*

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

При теоретическом исследовании батанных механизмов ткацких станков обычно предполагают, что угловая скорость кулачка  $\omega_1$  является величиной постоянной. Однако, как показывают экспериментальные исследования, коэффициент неравномерности вращения главного вала станков СТБ достигает  $\delta=15\div 20\%$  [1] и более. Поэтому реальный закон движения батана существенно отличается от идеального, который используется при расчете профиля кулачка.

Как показывают экспериментальные исследования [1], на график  $\omega_1(\varphi)$  угловой скорости главного вала наибольшее влияние оказывает движение батана. Вследствие этого при составлении уравнения движения главного вала будем учитывать только влияние батанного механизма.

Для получения зависимости  $\omega_1(\varphi)$  в численном виде использовалось уравнение движения в дифференциальной форме:

$$J^{np}(\varphi) \frac{d\omega_1}{d\varphi} \omega_1 + \frac{1}{2} \omega_1^2 \frac{dJ^{np}}{d\varphi} = M_D^{np}(\omega_1) - M_C^{np}(\varphi), \quad (1)$$

где  $J^{np}(\varphi)$  – приведенный момент инерции станка,  $J^{np}(\varphi) = J_{S_1} + J_6 (\Pi'(\varphi))^2$ ;  $M_D^{np}(\omega_1)$  – приведенный момент движущих сил;

$M_C^{np}(\varphi)$  – приведенный момент сил сопротивления;  $\Pi'(\varphi)$  – аналог угловой скорости батана;  $J_{S_1}$  – момент инерции главного вала и других элементов ткацкого станка, связанных с главным валом постоянным передаточным отношением;  $J_6$  – момент инерции батана относительно оси вращения.

Как показали теоретические и экспериментальные исследования, проведенные в [1], при исследовании приводов ткацких машин возможно использование статической механической характеристики асинхронного двигателя, так как сравнение динамических и статических характеристик показало, что разница значений движущих моментов не превышает 5%, поэтому движущий момент  $M_D^{np}(\omega)$  определялся по формуле Клосса [1].

Приведенный момент сил сопротивления:

$$M_C^{np} = M_C + M_{\text{проб}} \Pi'(\varphi), \quad (2)$$

где  $M_C$  – момент сопротивления движению, зависящий от трения в кинематических парах механизмов станка и от трения меж-

ду рабочими органами и элементами системы заправки.

Момент сопротивления  $M_{\text{приб}}$ , возникающий во время прибоа уточной нити к опушке ткани, определяется по формуле [2]:

$$M_{\text{приб}} = M_{\Pi} \sin \left( \pi \frac{\varphi - \varphi_1}{\varphi_{\Pi} - \varphi_1} \right), \quad (3)$$

где  $\varphi_1$  – угол поворота кулачка, соответствующий началу прибоа;  $\varphi_{\Pi}$  – угол поворота кулачка, соответствующий окончанию прибоа;  $M_{\Pi}$  – максимальное значение момента от сил прибоа.

В целях исследования кулачкового привода батана станков СТБ разработана программа [3], позволяющая определять закон движения батана с учетом неравномерности вращения кулачка.

Решение уравнения движения (1) выполнялось на стадии установившегося движения главного вала ткацкого станка методом Рунге-Кутты 4-го порядка. Начальные условия:  $\varphi = 0, \omega_0 = \omega_n$ , где  $\omega_n$  – номинальная скорость главного вала.

Вычисления проводились в пределах нескольких оборотов главного вала и заканчивались после выполнения условия установившегося движения – равенства угловых скоростей  $\omega_1$  в начале и в конце цикла с требуемой степенью точности. Расчет выполнялся для станка СТБ-216 с асинхронным электродвигателем 4А80В4У3 мощностью  $N = 1,5$  кВт [1];  $J_{S_1} = 0,3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;  $J_6 = 0,39 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ , частота вращения главного вала  $n_1 = 300$  об/мин;  $M_c = 50,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;  $M_{\Pi} = 680 \text{ Н} \cdot \text{м}$  – для камвольной костюмной ткани арт. 2268.

Рис. 1

Результаты расчета функции угловой скорости  $\omega_1(\varphi)$  для трапецеидального закона движения батана на участке поворота главного вала станка, соответствующего работе батанного механизма, представлены на рис.1(кривая 1). На графиках обозначены также: 2 – синхронная скорость вращения главного вала  $\omega_{1с}$ ; 3 – номинальная скорость  $\omega_{1н}$ ; 4 – средняя арифметическая скорость  $\omega_{1ср}$ ; 5 – скорость  $\omega_{1кр}$ , соответствующая максимальному (критическому) моменту электродвигателя. При исходных данных, указанных выше, коэффициент неравномерности составляет 24%.

Рис. 2

Исследовалось влияние закона движения батана на коэффициент неравномерности (рис.2) главного вала. Расчеты проводились для трапецеидального закона (кривая 1), у которого пульс в начале движения имеет скачок; двойного гармонического закона (кривая 2) (пульс разрывов не имеет) и степенного закона для полидинамических кулачков (кривая 3) [3], [4]. У этого закона пульс в начале движения равен нулю, равна нулю и производная от пульса по времени.

При расчете графиков коэффициента неравномерности моменты сопротивления  $M_c = 0, M_{\Pi} = 0$ .

Как следует из графиков (рис. 2), с увеличением скорости вращения коэффициент неравномерности существенно возрастает и для плавного полидинамического закона движения примерно на 3...4% выше, чем для трапецеидального.

Рис. 3

На рис. 3 представлены графики идеального углового ускорения батана  $\varepsilon_2(\varphi)$  (кривая 1) для трапецеидального закона движения и ускорения, определенного с учетом неравномерности вращения кулачка (кривая 2). Из последнего графика видно, насколько существенно неравномерность вращения, которая в данном случае составляет  $\delta=24\%$ , влияет на угловое ускорение батана. Вследствие этого при определении закона движения батана, исследовании колебательных процессов, происходящих в батанном механизме, и нагрузок, действующих на звенья механизма, необходимо учитывать неравномерность вращения кулачка.

Проектирование кулачкового механизма следует выполнять с учетом неравномерности вращения главного вала с той целью, чтобы батан перемещался по закону, близкому к идеальному. В этом случае проектирование проводится в 3 этапа.

На 1-м этапе в результате решения дифференциального уравнения (1) определяем функцию угловой скорости  $\omega_1(\varphi)$  кулачка в пределах одного оборота и среднюю интегральную величину угловой скорости  $\omega_{1cp}$  на участке поворота главного вала  $\varphi_p$  ткацкого станка соответствующего работе батанного механизма.

На 2-м этапе из условия равенства угловых скоростей батана, определенных с учетом и без учета неравномерности, вычисляем первую передаточную функцию  $\Pi'_H(\varphi)$  кулачкового механизма:

$$\Pi'_H(\varphi) = \frac{\Pi'(\varphi)\omega_{1cp}}{\omega_1(\varphi)}, \quad (4)$$

где  $0 \leq \varphi \leq \varphi_p$ .

Функцию перемещения батана  $\Pi_H(\varphi)$  с учетом неравномерности определяем в результате численного интегрирования функции  $\Pi'_H(\varphi)$ , а вторую передаточную функцию  $\Pi''_H(\varphi)$  – методом численного дифференцирования.

Затем на 3-м этапе повторно решаем дифференциальное уравнение движения (1), пересчитываем функцию угловой скорости  $\omega_{1H}(\varphi)$  и определяем угловое перемещение  $\psi_H(\varphi)$  и ускорение батана  $\varepsilon_{2H}(\varphi)$ :

$$\begin{aligned} \psi_H(\varphi) &= \Pi_H(\varphi), \\ \omega_{2H}(\varphi) &= \Pi'_H(\varphi)\omega_{1H}(\varphi), \\ \varepsilon_{2H}(\varphi) &= \Pi''_H(\varphi)\omega_{1H}^2(\varphi) + \Pi'_H(\varphi)\varepsilon_{1H}(\varphi). \end{aligned} \quad (5)$$

Функция перемещения  $\Pi_H(\varphi)$  используется для расчета профиля кулачка. Как видно из графика на рис.3 (кривая 3), предложенная выше методика проектирования кулачкового механизма привода батана обеспечивает достаточно высокое приближение ускорения  $\varepsilon_{2H}(\varphi)$  к идеальному ускорению  $\varepsilon_2(\varphi)$  (кривая 1).

При изменении условий работы ткацкого станка по сравнению с расчетными отклонение закона движения батана от идеального будет увеличиваться. Следовательно, целесообразно иметь набор кулачков, профили которых рассчитаны для разных скоростных режимов работы станка, характерных для данного предприятия.

## ВЫВОДЫ

1. Проведено исследование влияния трапецеидального, двойного гармонического и степенного полидинамического законов движения батана на величину коэффициента неравномерности главного вала ткацкого станка. Установлено, что с увеличением плавности закона движения коэффициент неравномерности увеличивается.

2. Разработана методика, позволяющая проектировать кулачковый механизм привода батана с учетом неравномерности вращения главного вала. При этом закон

движения батана незначительно отличается от идеального.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынов И.А., Мецержаков А.В., Корнев Б.И. Динамика приводов ткацких машин. – М.: РИО МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2002.

2. Кортысский Я.И. Динамика упругих систем текстильных машин. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1982.

3. Лушников С.В., Саранчук Г.А., Белый М.А. Кинематический и динамический анализ кулачко-

вого привода батана ткацких станков СТБ. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 6284. Федеральное агентство по образованию. Государственный координационный центр информационных технологий. Отраслевой фонд алгоритмов и программ.

4. Левитский Н.И. Кулачковые механизмы. – М.: Машиностроение, 1964.

Рекомендована кафедрой теории механизмов, приборов и машин. Поступила 06.04.07.