

В настоящее время АО «ТРИ-Д» проводит работы по совершенствованию технологии разработки и производства многослойных тканей и цельнотканых многослойных заготовок (ЦТМЗ) на базе научных исследований, проводимых в АО «ТРИ-Д».

Одновременно с разработкой технологии, проводятся работы по разработке нового ткацкого оборудования для производства многослойных тканей совместно с ОАО «Текстильмаш» (Чебоксары) и нового ткацкого оборудования для производства ЦТМЗ совместно с ООО «Инжиниринговый Центр «Новые ткацкие технологии и машины» (Шуя, бывший Шуйский машиностроительный завод), а также совместно с ООО «ИНЭЛСИ» (Иваново) разрабатывается автоматизированная система подготовки технологических параметров производства и система электронного управления ткацким оборудованием

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Т. Сергеев. Перспективные многослойные ткани // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – Иваново: ИГТА, 2010. – №3.– 3 с.
2. В.Т. Сергеев, С.Д. Николаев, Р.И. Сумарукова. Технология изготовления многослойной бикомпонентной ткани // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – Иваново: ИГТА, 2012. – №6.– 5 с.
3. В.Т. Сергеев. Технологические особенности изготовления многослойной бикомпонентной ткани. Сборник научных трудов аспирантов. Выпуск 18. – М., 2012г. - 5 с.
4. В.Т. Сергеев, С.Д. Николаев. Создание нового поколения многослойных тканей и контурно-профильных тканых изделий из химических нитей. Сборник научных трудов аспирантов МГУДТ. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2013. – 6 с.

УДК 677.054.845

РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БАТАННОГО МЕХАНИЗМА ТКАЦКОГО СТАНКА ТИПА СТР

DEVELOPMENT OF DYNAMIC MODELS BOTANY MECHANISM OF A LOOM OF THE TYPE THE RAPIER WEAVING MACHINE

А.Т. Мирзокандов, А.А. Тувин
А.Т. Mirzokandov, А.А. Tuvin

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: adis93@inbox.ru, fma@ivgpu.com

В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой динамической модели батанного механизма ткацкого станка типа СТР. Поставленная цель требует первоначально решения задачи динамики бруса в первой и второй фазах его движения, т.к. в других фазах колебания бруса батана не влияет на процесс формирования сетки.

Ключевые слова: динамическая модель; брус батана; изгиб; жесткость; податливость.

The article discusses issues related to the development of dynamic models botany mechanism of a loom of the type the rapier-weaving machine. The goal requires the original solution to the problem of dynamics of the beams in the first and second phases of its movement, as in other phases of the oscillations of the beam of botany does not affect the process of mesh generation.

Keywords: dynamic model; balk of botany; bending; hardness; ductility.

Постановка и решение динамической задачи требует соответствующего представления модели механизма. Обратимся к схеме (рис.1). Брус 1 батана жестко закреплен в п лопастях 2, неподвижно соединенных с подбатанным валом 3. Вал 3

расположен в подшипниковых опорах (подшипники качения). Батан получает возвратно - качательное движение от кулачкового привода посредством коромысла 4 и шатуна 5. Соединения вал коромысла – станина, коромысло – шатун и шатун – лопасть выполнены также на подшипниках качения, обладающих радиальной податливостью.

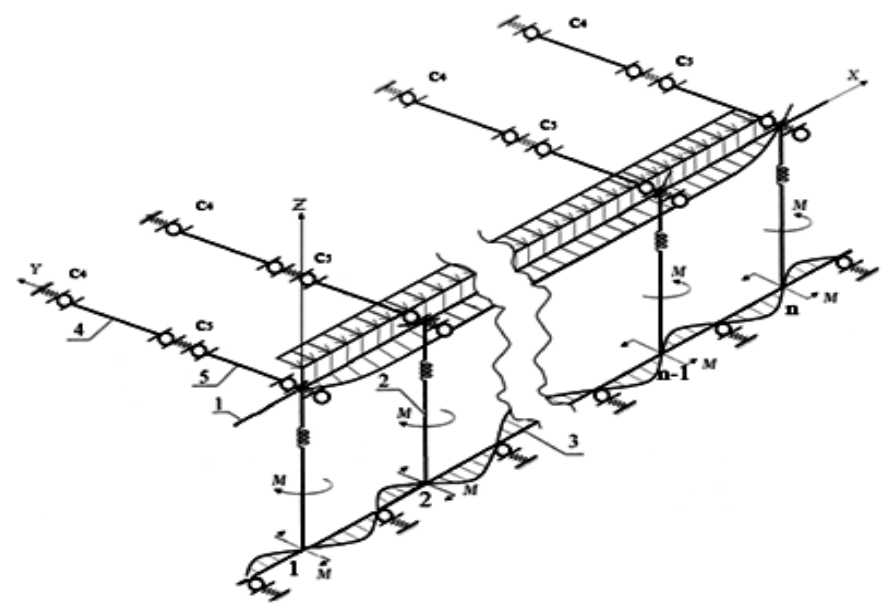


Рис. 1. Схема упругих связей батанного механизма станка типа СТР

Брус – равного сечения, поэтому в динамической модели представим его в виде стержня с равномерно распределенной массой интенсивностью μ . Если через m_b обозначим массу бруса в сборе с бердом, то $\mu = m_b / l$, рис.2.

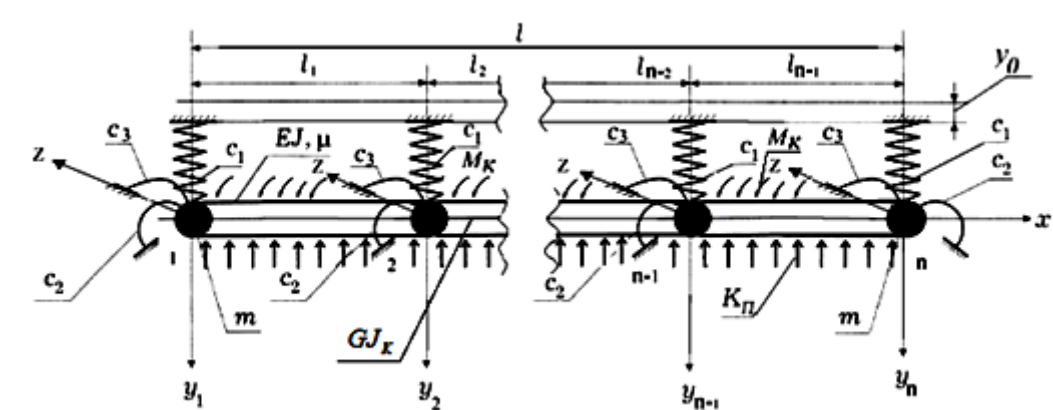


Рис. 2. Динамическая модель бруса батана станка с n – лопастями

Изгибом бруса в плоскости ZOX аналогично [3] будем пренебрегать ввиду его малости. Действующие в этой плоскости инерционные силы существенно ниже инерционных сил и сил технологического сопротивления, действующих в плоскости XOY.

При изгибе бруса в плоскости XOY лопасти будут испытывать деформацию кручения, а подбатанный вал будет подвергаться изгибу. Причем на прогиб подбатанного вала под действием моментов со стороны лопастей оказывает влияние не только жесткость самого вала, но и радиальная податливость его подшипниковых опор. Податливость этой системы в динамической модели отражается упругой связью с коэффициентом жесткости

C_2 - приведенной к лежащей в плоскости изгиба оси бруса крутильной жесткостью системы лопасть – подбатанный вал – подшипники подбатанного вала, C_3 – приведенный к крутильной коэффициент жесткости лопасти. Лопастей обладают инерционными свойствами, которые моделируются сосредоточенными массами m - приведенными к конечным сечениям бруса массами лопасти в сборе с подбатанным валом.

Податливости подшипниковых соединений рус – шатун, шатун – коромысло, главный вал – станина отражаются упругой связью с коэффициентом жесткости C_1 - приведенной к конечным сечениям бруса жесткостью указанных подшипниковых соединений.

Упругое сопротивление системы заправки на фазе формирования сетки моделируется коэффициентом k_n постели [2]. Кроме того, поскольку сопротивление со стороны опушки вырабатываемой сетки действует не в плоскости изгиба бруса, на брус будет действовать распределенный крутящий момент, интенсивностью M_k . Если через $y(x, t)$ обозначить прогиб сечений бруса (линейная деформация бруса) и через $\Theta(x, t)$ угол поворота его сечений (угловая деформация), то

$$M_k = (\bar{y}_0(t) + y(x, t) + \Theta(x, t)a)k_n a, \quad (1)$$

где $\bar{y}_0(t)$ - кинематическое перемещение бруса на фазе взаимодействия берда и опушки сетки;

a - расстояние между плоскостью заправки и плоскостью изгиба бруса.

Кроме силового возмущения брус испытывает кинематическое возмущение - по определяемому профилем кулачков закону $\bar{y}_0(t)$ перемещаются точки крепления упругих связей C_1 . Массами шатунов и коромысел при этом по малости будем пренебрегать. Коэффициент постели k_n [2], модуль или жесткость упругого основания – коэффициент пропорциональности между интенсивностью $q(x)$ реакции упругого основания (реакции, приходящейся на единицу длины основания) и прогибом $y(x)$ основания в рассматриваемом сечении $k_n = q(x)/y(x)$, н/м.

Если известен коэффициент c жесткости упругой системы заправки, то

$$k_n = c/l_c, \quad (2)$$

где l_c – ширина сетки.

Коэффициент жесткости C упругой системы заправки

$$C = C_1 + \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3}, \quad (3)$$

где C_1 – коэффициент жесткости сетки в зоне товарной валик – опушка;

C_2 – коэффициент жесткости основы в зоне опушка – навой;

C_3 – коэффициент жесткости основы на навое.

Методика определения коэффициента C_1 , C_2 и C_3 изложена в [1].

Обозначим через EI_z жесткость поперечного сечения бруса батана при изгибе.

Здесь E - модуль упругости первого рода материала бруса, I_z - момент инерции площади поперечного сечения бруса относительно нейтральной оси, определяемый известными методами, например [4]. Жесткость бруса на кручение обозначим через GI_k , где G - модуль сдвига материала бруса, I_k - момент инерции при кручении [89]. При расчете жесткости лопасти следует иметь в виду, что она имеет переменное сечение. Поскольку угол

$d\varphi$ закручивания элемента dz лопасти под действием момента M_σ со стороны бруса равен

$$d\varphi = M_\sigma dz / GI_\kappa(z), \quad (4)$$

то приведенная жесткость C_2' лопасти определится выражением

$$C_2' = G / \int_0^l dz / I_\kappa(z), \quad (5)$$

где l - длина скручиваемого участка лопасти.

Рассмотрим схему станка СТР-130-М и представим подбатанный вал в виде четырехопорной статически неопределимой балки, нагруженной сосредоточенными моментами, возникающими от кручения лопастей батана, рис.2. Приведенный коэффициент жесткости C_2 системы лопасть – подбатанный вал – подшипники подбанного вала будет равен [1]:

$$C_2 = \frac{C_2' C_{\alpha 1}}{C_2' + C_{\alpha 1}}. \quad (6)$$

Серийно выпускаемые станки типа СТР имеют цикловую диаграмму работы кулачкового привода батана типа «выстой – подъем – опускание – выстой». Этот цикл можно представить состоящим из нескольких фаз: первая фаза - движение батана до зоны формирования сетки (движение батана до момента касания берда с опушкой вырабатываемой сетки); вторая фаза - движение батана в процессе формирования сетки; третья фаза - отход батана от зоны формирования и четвертая фаза - выстой. Поставленная цель требует первоначально решения задачи динамики бруса в первой и второй фазах его движения, т.к. в других фазах колебания бруса батана не влияют на процесс формирования сетки.

Уравнение движения бруса на различных фазах его движения получим, применяя вариационный принцип Гамильтона – Остроградского. Интеграл действия (интеграл Гамильтона) для системы с распределенными параметрами можно представить в виде

$$I_\delta = \int_{t_0}^{t_1} (T - U - \Pi + \sum Q_\kappa q_\kappa) dt, \quad (7)$$

где: T - кинетическая энергия;

U - потенциальная энергия упругой системы;

Π - потенция внешних сил;

Q_κ - обобщенные неконсервативные силы;

q_κ - обобщенные координаты.

Принцип Гамильтона – Остроградского имеет форму

$$\delta I_\delta = 0. \quad (8)$$

Как отмечалось, в общем случае брус батана подвержен изгибу в плоскости Х0У и кручению. На брус действуют:

- инерционное (кинематическое) возмущение, интенсивностью q_1

$$q_1 = -\mu \ddot{y}_0(t), \quad (9)$$

где $y_0(t)$ - кинематическое перемещение точек крепления упругих связей

C_1 на рассматриваемой фазе движения;

- внутреннее неупругое сопротивление [5] интенсивностью q_2

$$q_2 = -EI_z \alpha_2 \frac{\partial^5 y}{\partial x^4 \partial t}, \quad (10)$$

где α_2 - модуль вязкости;
- внешнее неупругое сопротивление

$$q_3 = -\alpha_3 \left(\dot{y}(t) + \frac{\partial y}{\partial t} \right), \quad (11)$$

где $y(x, t)$ - прогиб сечений бруса;

α_3 - коэффициент пропорциональности;
- внутреннее неупругое сопротивление

$$q_4 = -\alpha_4 \frac{\partial \theta}{\partial x^2 \partial t}, \quad (12)$$

где $\theta(x, t)$ - угол поворота сечений бруса при кручении;

α_4 - коэффициент пропорциональности;
- внешнее неупругое сопротивление

$$q_5 = -\alpha_5 \frac{\partial \theta}{\partial k}, \quad (13)$$

где α_5 - коэффициент пропорциональности;
- сила сопротивления со стороны УСЗ (упругой системы заправки станка)

$$q_6 = -k_n (y_0(t) + y(x, t) + \theta(x, t)a); \quad (14)$$

- момент сопротивления со стороны УСЗ

$$q_7 = q_6 \alpha = -k_n a (y_0(t) + y(x, t) + \theta(x, t)a). \quad (15)$$

Вид выражений для кинетической и потенциальной энергий системы зависит от принимаемой теории. Подробный анализ изгибных и крутильных колебаний бруса батана для двух фаз движения приведен в [2].

В данном случае согласно многим источникам, например [5], поправки, учитывающие влияние инерции поворотов и сдвигов, могут иметь большое значение. Тогда пренебрегая для данного сечения бруса смещением линии центров изгиба относительно центральной оси будем иметь следующие выражения для кинетической и потенциальной энергий бруса батана

$$T = \frac{1}{2} \int_0^l \left[\mu \left(\frac{\partial y}{\partial t} \right)^2 + \frac{\mu I_z}{F} \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x \cdot \partial t} - \frac{\partial \beta}{\partial t} \right)^2 + \frac{\mu I_p}{F} \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} \right)^2 \right] dx, \quad (16)$$

$$U = \frac{1}{2} \int_0^l \left[EI_z \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{\partial \beta}{\partial x} \right)^2 dx + xGF\beta^2 + GI_k \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right)^2 \right] dx, \quad (17)$$

где F - площадь поперечного сечения бруса;

I_p - полярный момент инерции площади поперечного сечения относительно центра масс;

β - средний угол сдвига;

x - численный коэффициент, зависящий от формы поперечного сечения.

$$x = \frac{I_z^2}{F} / \int_F \frac{S_z^2 dF}{b^2}, \quad (18)$$

где $S_z = \int_F y dF$ - статический момент относительно нейтральной оси Z части

поперечного сечения, отсеченного плоскостью $y = const$;

b - ширина поперечного сечения на уровне $y = const$.

Интеграл действия в общем случае принимает вид

$$I_\partial = \int_0^t \left\{ \frac{1}{2} \int_0^1 \left[\mu \left(\frac{\partial y}{\partial t} \right)^2 + \frac{\mu I_z}{F} \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x \cdot \partial t} - \frac{\partial \beta}{\partial t} \right)^2 + \frac{\mu I_0}{F} \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} \right)^2 - \right. \right. \\ \left. \left. - EI_z \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{\partial \beta}{\partial x} \right)^2 - xGF\beta^2 - GI_\kappa \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right)^2 + 2q_6 y + 2q_7 \theta \right] dx + \right. \\ \left. + (q_1 + q_2 + q_3)y + (q_4 + q_5)\theta \right\} dt, \quad (19)$$

то есть

$$I_\partial = \int_{t_0}^{t_1} \left\{ \int_0^L L \left(t, x, y, \beta, \theta, \frac{\partial y}{\partial t}, \frac{\partial \beta}{\partial t}, \frac{\partial \theta}{\partial t}, \frac{\partial \beta}{\partial x}, \frac{\partial \theta}{\partial x}, \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 y}{\partial x \cdot \partial t} \right) dx + L_1(y) + L_2(\theta) \right\} dt \quad (20)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Суров, В.А. Динамика упругих систем батанных механизмов металлорежущих станков. / В.А. Суров, А.А. Тувин. – Иваново: ИГТА. - 2004. – 188 с.
2. Мигушов, И.И. Механика текстильной нити и ткани / И.И. Мигушов. - М.: Легкая индустрия. - 1980. – 160 с.
3. Мельяченко, Ж.В. Взаимосвязь технологических параметров ткачества и параметров строения вырабатываемых тканей / Ж.В. Мельяченко, С.Д. Николаев // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 1991. - N 1. -С. 47-50.
4. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов: 15-е изд. перераб. / Н.М. Беляев. - М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука». - 1976, с. 608.
5. Тимошенко, С.П. Колебания в инженерном деле / С.П. Тимошенко. - М.: Наука. - 1967. – 444 с.