

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАТЯЖЕНИЯ И ПОДАЧИ ОСНОВЫ НА СТАНКЕ СТБ I.

КАТУНСКИС Ю.,* ЛЮДВИГ Г**, ЕДЕРАН М.

Кафедра Текстильной и легкой промышленности Будапештского Технического Университета

Поступило: 12 мая 1981 г.

Представлено: Проф. д-р Едеран М.

На ткацком станке СТБ с функциональным регулятором отпуска и натяжения основы применяется подвижная система скала (рис. 1). Для такой системы в статических условиях справедливо равенство [1]

$$K_0(l_2 - l_1) + Gl_3 - p_1 l_4 = 0 \quad (1)$$

где K_0 — натяжение основы в статических условиях

G — вес скала с трехплечими рычагами

p_1 — суммарная сила затяжки пружин 9.

В динамических условиях, под действием товарного регулятора, зевообразовательного и приборного механизмов статическое натяжение K_0 основных нитей изменится и станет: в зоне перед скалом $K' = K'(t)$, а в зоне после скала $K'' = K''(t)$. Первый член (1) уравнения тогда примет вид $(K'l_2 - K''l_1)$. Вследствии изменения сил K' и K'' , скало 1 с рычагом 2 (рис. 1) повернется на угол $\varphi = \varphi(t)$, где φ — отсчитывается от положения в момент $\varphi = 0$, т. е. когда скало максимально поднято. В результате изменится и третий член (1) уравнения на величину $\varphi l_4 C_1$ (C_1 — коэффициент жесткости пружин 9).

Принимая во внимание эти изменения, а также воспользовавшись уравнениями Лагранжа, взаимодействие подвижной системы скала с основой в динамических условиях, когда скало под действием изменяющегося натяжения основы приходит в движение, запишется в виде

$$I_1 \ddot{\varphi} = K'l_2 - K''l_1 + Gl_3 - (p_1 + \varphi l_4 \cdot C_1)l_4 - M_{s_1}, \quad (2)$$

где I_1 — приведенный к оси 0 момент инерции подвижной системы скала;

* Доцент кафедры текстильной технологии Каунасского политехнического института. Статья написана во время его пребывания на стажировке в БГУ.

** Кафедра Технической механики Будапештского Технического Университета

коэффициент, зависящий от степени сопротивления скала движению. После постановки значения этой замены в (3) уравнение приходим к следующему равенству:

$$\ddot{\alpha} = \frac{K' - K''}{mr} - A_2 \dot{\alpha}. \quad (4)$$

Полагая, что коэффициенты жесткости расчетных отрезков нити основы в зоне от ткацкого навоя до скала — C' , а в зоне от скала до опушки ткани — C''_0 и коэффициент жесткости системы «нити основы — ткань» в зоне от скала до вальяна — C'' , находим

$$K' = K_0 - \varphi(l_2 - r)c' - \alpha rc' - \gamma \rho_1 c' \quad (5)$$

и

$$K'' = K_0 + \alpha rc'' + (\lambda c'' + \lambda_S c'' + \lambda_Q c''_0) \quad (6)$$

Изменение натяжения основы в (5) и (6) уравнениях учитывается таким образом: из-за поворота системы скала на угол φ — членом $\varphi(l_2 - r)c'$, в виду колебания скала-членом $\alpha rc'$, из-за поворота навоя в определенном промежутке времени на угол γ — членом $\gamma \rho_1 c'$ ($\rho_1 = \rho_1(t)$ — радиус намотки основы на навое) и из-за циклического изменения деформации основы соответственно вследствие зевобразования λ , отвода ткани λ_S и приобоя утка λ_Q — членом $(\lambda c'' + \lambda_S c'' + \lambda_Q c''_0)$.

Введя обозначения $\frac{1}{I_1} l_4^2 c_1 = p_1^2$; $\frac{1}{I_1} M_{s_1} = A_1 \dot{\varphi}$; $\frac{1}{mr} = d_1$ из (2), (4), (5) и (6) уравнений получим следующую систему:

$$\ddot{\varphi} + A_1 \dot{\varphi} + p_1^2 \varphi = \frac{1}{I_1} (K' l_2 - K'' l_1 + G l_3 - p_1 l_4), \quad (7)$$

$$\ddot{\alpha} + A_2 \dot{\alpha} = d_1 (K' - K''), \quad (8)$$

$$K' = K_0 - [\varphi(l_2 - r) + \alpha r + \gamma \rho_1] c', \quad (9)$$

$$K'' = K_0 + \alpha rc'' + (\lambda c'' + \lambda_S c'' + \lambda_Q c''_0). \quad (10)$$

Для станка СТБ эта первая часть математической модели, состоящая из (7 ÷ 10) уравнений, справедлива в промежутке времени t_1 , когда угол поворота системы скала φ меняется в пределах

$$0 < \varphi < \frac{A_1}{l_5}, \quad (11)$$

где Δ_1 — зазор между плечом В (рис. 1) трехплечевого рычага 2 и регулировочными болтами на тяге 3.

Описывая работу подвижной системы скала после выборки зазора Δ_1 , необходимо во (2) уравнении дополнительно учесть силы трения в звеньях кулисного механизма, а также инерцию этих звеньев. Тогда (2) уравнение можно привести к следующему виду:

$$I_2 \ddot{\phi} = K'l_2 - K''l_1 + Gl_3 - (p_1 + \phi l_4 c_1) l_4 - M_{s_1} - M_{s_2}, \quad (12)$$

где I_2 — приведенный к оси O_1 суммарный момент инерции подвижной системы скала и кулисного механизма;

M_{s_2} — приведенный к оси O_1 момент сил сопротивления движению кулисного механизма.

Введя обозначения $\frac{1}{I_2} l_4^2 c_1 = p_2^2$ и $\frac{1}{I_2} (M_{s_1} + M_{s_2}) = A_3 \phi$, получим

$$\ddot{\phi} + A_3 \dot{\phi} + p_2^2 \phi = \frac{1}{I_2} (K'l_2 - K''l_1 + Gl_3 - p_1 l_4). \quad (13)$$

Таким образом система из (8), (9), (10) и (13) уравнений составит вторую часть математической модели, которая будет характеризовать действие подвижной системы скала в промежутке времени t_2 , т. е. после выбора зазора Δ_1 (рис. 1) и до момента включения фрикционной муфты регулятора.

Исходя из (11) неравенства, для второй части математической модели начальным граничным условием будет

$$\phi \geq \frac{\Delta_1}{l_5}. \quad (14)$$

Для хорошо налаженного регулятора подачи основы в момент включения фрикционной муфты справедливо равенство:

$$s_2 + s_3 = \Delta_2, \quad (15)$$

где $s_2 = s_2(t)$ — величина перемещения ролика 6;

s_3 — величина текущей ординаты профилированной поверхности на фрикционном диске 7, профиль которого изменяется по закону $s_3(t)$;

Δ_2 — наибольшая ордината профилированного диска 7.

С очень небольшой ошибкой можно допустить, что в случае поворота кулисы, смещение точки O_2 равно $\phi_1 \cdot e$ (рис. 2), где $\phi_1 = \phi_1(t)$ —

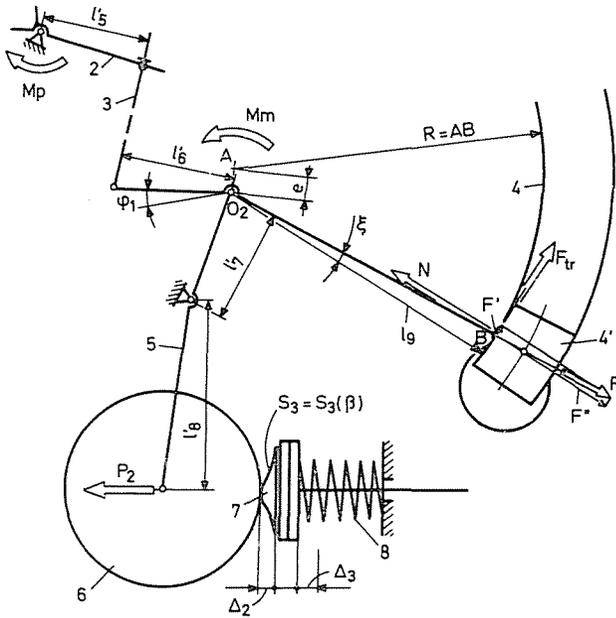


Рис. 2.

угол поворота кулисы, а e — эксцентриситет прорези кулисы относительно точки O_2 . Тогда, учитывая параметры кулисного механизма, определим перемещение ролика 6 в промежутке времени t_2 :

$$s_2 = \varphi_1 \frac{el_8}{l_7}. \quad (16)$$

Угол поворота кулисы необходимо отсчитывать в тот момент, когда $\varphi = \Delta_1/l_5$. Соотношение Δ_1/l_5 в дальнейшем должно оставаться постоянным, поэтому выражая угол поворота кулисы через угол поворота системы скала, получаем:

$$\varphi_1 = \left(\varphi - \frac{\Delta_1}{l_5} \right) \frac{l_5}{l_6} \quad (17)$$

После постановки формул (16) и (17) в выражение (15), будем иметь:

$$\left(\varphi - \frac{\Delta_1}{l_5} \right) \frac{el_8l_5}{l_6l_7} + s_3 = \Delta_2 \quad (18)$$

или

$$\varphi = \frac{(\Delta_2 - s_3)l_6l_7}{el_8l_5} + \frac{\Delta_1}{l_5}. \quad (19)$$

Формула (19) дает значение угла φ при котором происходит включение фрикционной муфты. Таким образом, воспользовавшись (14) и (19) формулами, устанавливаем для второй части математической модели граничные условия

$$\frac{\Delta_1}{l_5} \leq \varphi < \frac{(\Delta_2 - s_3)l_6l_7}{el_8l_5} + \frac{\Delta_1}{l_5}. \quad (20)$$

В промежутке времени t_3 , т. е. во время работы фрикционной муфты, в виду взаимодействия ролика 6 (рис. 2) с профилированной поверхностью на фрикционном диске 7, последнему сообщается осевое перемещение, которому препятствует пружина 8. Сила сопротивления пружины $p_2 = p_2(t)$ в динамических условиях не остается постоянной, а изменяется в зависимости от величины перемещения фрикционных дисков:

$$p_2 = p_0 + \Delta_3 c_2, \quad (21)$$

где p_0 — сила начального сжатия пружины;

Δ_3 — перемещение фрикционных дисков;

c_2 — коэффициент жесткости пружины 8.

Сила сопротивления p_2 передается на кулисный механизм, а в дальнейшем и на подвижную систему скала. Величина возникшего момента сопротивления в основном будет зависеть от силы трения между внутренней поверхностью прорези кулисы 4 и камнем 4'. Тогда для силы F с которой кулиса 4 прижимается к камню 4', при учете формулы (21), будем иметь

$$F = p_2 \frac{l_8}{l_7} = (p_0 + \Delta_3 c_2) \frac{l_8}{l_7}. \quad (22)$$

Учитывая силы, действующие в точке В (рис. 2), найдем момент сопротивления со стороны фрикционной муфты

$$(F' + F_{tr})lg = M_m. \quad (23)$$

Но $F_{tr} = N\mu_0 = F\cos \xi \mu_0,$ (24)

а $lg = \rho \cos \xi,$ (25)

где μ_0 — коэффициент трения кулисы 4 о камень 4';
 $\rho = \rho(t)$ — переменное расстояние O_2B .

Подставляя (24) и (25) уравнения в (23) и учитывая, что $F' = F \cdot \sin \xi$, получим:

$$M_m = F(\sin \xi + \mu_0 \cos \xi) \rho \cos \xi. \quad (26)$$

Угол ξ во время работы кулисного механизма на станке СТБ изменяется очень незначительно, поэтому с небольшой ошибкой можно принять, что он является постоянным и равен:

$$\xi = \arctg \frac{e}{AB}. \quad (27)$$

Подставив конкретные значения e и AB в формулу (27), нетрудно убедиться, что

$$(\sin \xi + \mu_0 \cos \xi) \cos \xi = \mu_0 + 0,05 = \mu. \quad (28)$$

Тогда уравнение (26) запишем в более простом виде

$$M_m = F \cdot \mu \cdot \rho. \quad (29)$$

В динамических условиях расстояние $\rho = \rho(t)$ меняется в зависимости от угла поворота системы скала и геометрических параметров кулисного механизма

$$\rho = \rho_0 + e\varphi_1 = \rho_0 + \left(\varphi - \frac{\Delta_1}{l_5} \right) \frac{l_5 e}{l_6}. \quad (30)$$

Используя (22), (29) и (30) уравнения, а также учитывая длины плеч l_5 ; l_6 ; l_7 ; l_8 суммарный момент сопротивления, приведенный к оси O_1 , запишется в виде:

$$M_p = M_m \frac{l_5}{l_6} = (p_0 + \Delta_3 c_2) \frac{l_8 l_5}{l_7 l_6} \mu \left[\rho_0 + \left(\varphi - \frac{\Delta_1}{l_5} \right) \frac{l_5 e}{l_6} \right]. \quad (31)$$

Так как перемещение дисков фрикционной муфты

$$\Delta_3 = s_2 + s_3 - \Delta_2 \quad (32)$$

то, принимая во внимание (16) и (17) формулы, окончательно получим:

$$M_p = \left\{ p_0 + \left[\frac{\left(\varphi - \frac{\Delta_1}{l_5} \right) l_5 l_8 e}{l_6 l_7} + s_3 - \Delta_2 \right] c_2 \right\} \times \quad (33)$$

$$\times \frac{l_8 l_5 \mu}{l_7 l_6} \left[\rho_0 + \left(\varphi - \frac{\Delta_1}{l_5} \right) \frac{l_5 \cdot e}{l_6} \right].$$

Во время работы фрикционной муфты во второй части математической модели дополнительно учитывая момент сопротивления M_p , преобразовываем (13) уравнение в виде

$$\ddot{\varphi} + A_3 \dot{\varphi} + p_2^2 \varphi = \frac{1}{I_2} (K l_2 - K' l_1 + G l_3 - p_1 l_4 - M_p). \quad (34)$$

При достижении равенства $s_2 + s_3 = \Delta_2$ фрикционная муфта начинает вращать червячную пару z_3, z_4 и колесо z_2 (рис. 1), тем самым создавая условия повернутся и навою. Поворот колеса z_2 только ограничивает движение навоя. Поэтому уравнение движения навоя, который поворачивается только под действием натяжения основы, можно записать так:

$$I_3 \cdot \ddot{\gamma} = (K' - \gamma \rho_1 c') \rho_1 - M_{s_3}, \quad (35)$$

где I_3 — приведенный к оси навоя момент инерции подвижной системы навоя;

$\gamma = \gamma(t)$ — угол поворота навоя;

M_{s_3} — приведенный к оси навоя момент сил сопротивления его движению.

Введя обозначения $\frac{1}{I_3} \rho_1^2 c' = \eta^2$ и $\frac{M_{s_3}}{I_3} = A_4 \dot{\gamma}$ и подставляя их в (35) уравнение, получим:

$$\ddot{\gamma} + A_4 \dot{\gamma} + \eta^2 \gamma = \frac{1}{I_3} K' \rho_1. \quad (36)$$

Уравнения (8), (9), (10), (34) и (35) является третьей частью математической модели, описывающей поведение подвижных систем скала и навоя в промежутке времени t_3 , при ограничении, что

$$\varphi \geq \left[\frac{(\Delta_2 - s_3) l_6 l_7}{e l_8 l_5} + \frac{\Delta_1}{l_5} \right]. \quad (37)$$

Кроме того, необходимо учесть, что под действием натяжения основы навой не может повернуться в любой момент больше, чем в этот момент позволяет поворот шестерни z_2 . Поэтому, решая (36) уравнение, $\ddot{\gamma} \neq 0$ и $\dot{\gamma} \neq \text{const}$ если

$$\dot{\gamma} \leq \frac{1}{i_2 i_1} w, \quad (38)$$

где w — угловая скорость коленчатого вала;

i_1 — передаточное отношение червячной пары;

i_2 — передаточное отношение между навойным колесом и поднавойной шестерней.

В противном случае, если $\dot{\gamma}$ будет больше чем правая часть (38) неравенства, то необходимо в (36) уравнении приравнять

$$\ddot{\gamma} = 0 \quad \text{и} \quad \dot{\gamma} = \text{const} = \frac{w}{i_1 i_2}.$$

После прекращения подачи основы, движение системы скала будет описываться в обратной последовательности, т. е. сначала по второй части математической модели (когда начнет действовать ограничение согласно (20) выражению) и наконец — по первой части математической модели (когда наступит время ограничению согласно (11) неравенству). На этом один цикл движения систем скала и навоя будем считать законченным. В дальнейшем все циклы будут происходить аналогично описанному.

Таким образом комплекс систем уравнений из I—II—III—II—I частей математической модели составит общую математическую модель натяжения и подачи основы на станке СТБ.

Резюме

В статье представлена математическая модель натяжения и подачи основы на станке СТБ, состоящая из пяти частей, первая и пятая, а также вторая и четвертая из которых — аналогичны.

Первая часть математической модели описывает движение только подвижной системы скала. Во второй части дополнительно учитывается работа кулисного механизма. В третьей части математической модели описывается совместное движение систем скала и навоя.

В общей математической модели учтены деформации нитей основы вследствие зевобразования, прироя утка и отвода ткани товарным регулятором, моменты сил сопротивления, возникающие из-за сухого трения в шарнирах систем скала, навоя и внутреннее трение при деформации системы заправки и пружин. Также учтены колебания скала во время работы ткацкого станка.

На практике не исключено, что подача основы на станке СТБ будет происходить не в каждом цикле движения систем скала и навоя, а также не на одинаковую величину. В математической модели

все это учтено путем введения в отдельных частях математической модели определенных ограничений.

Математическая модель натяжения и подачи основы составлена таким образом, чтобы ее можно было реализовать на ЭВМ.

Исследование представленной математической модели может послужить более глубокому изучению изменения натяжения в зависимости от различных параметров заправки ткацкого станка.

Литература

1. Гордеев В. А.: Динамика механизмов отпуска и натяжения основы ткацких станков. М., «Легкая индустрия», 1965
2. Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С.: Теоретическая механика. Госиздат. Москва, 1961

Доц. КАТУНСКИС Ю. КПИ, Гедимино 47, Литовская ССР

Д-р. Людвиг Г.

Проф. Д-р. ЕДЕРАН М.

} Н-1521 Будапешт