

УДК 677.054.845

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗАПРАВКИ ПНЕВМОРАПИРНОГО ТКАЦКОГО СТАНКА

*Е.И. ВЛАСОВ, СЮЕ ЮН*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Значительное число систем автоматического регулирования текстильной промышленности имеет многоконтурные структуры, анализ работы которых при нелинейных возмущениях возможен методом имитационного моделирования. Примером подобной системы может служить система автоматического регулирования натяжения основы на ткацком станке.

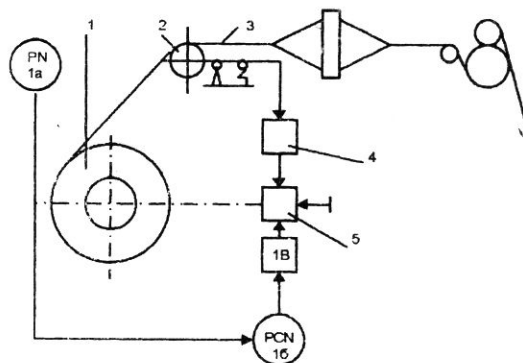


Рис. 1

Функциональная схема системы натяжения основы для станков типа АТПР представлена на рис.1, где 1 – ткацкий навой; 2 – скало; 3 – основа, 4 – фрикцион; 5 – редуктор; РН – измерительный преобразователь заправки; РСН – регулятор натяжения основы; 1в - исполнительный механизм.

Для нормального протекания технологического процесса на ткацком станке необходимо, чтобы время поворота навоя под действием натяжения основы было меньше времени одного цикла  $T_{ц}$  станка. В противном случае навой не успеет вернуться на необходимый для отпуска основы угол в течение одного цикла работы станка.

Вместе с тем динамика натяжения основы в одном цикле работы станка влияет на ее обрывность и равномерность формирования ткани.

Так, например, для ткани бязь, арт. 262 согласно нормировочной карте число оборотов главного вала  $n = 360$  об/мин и время одного цикла станка [1]:

$$T_{ц} = \frac{60}{n} = \frac{60}{360} = 0,16 \text{ с.}$$

При моделировании системы входным воздействием является деформация, которая распределяется по двум каналам и, следовательно, система имеет два выхода: первый – угол поворота скала  $\varphi_c$ , второй – угол поворота навоя  $\varphi_n$ . Но распределение входного воздействия происходит не в равных долях по каналам. На навой поступает входное воздействие, уже частично уменьшенное реакцией подвижной системы скала, а именно уменьшенное на величину  $r_n c(\ell_2 - \ell'_2)\varphi_c$ . На подвижную систему скала поступает входное воздействие, уменьшенное реакцией навоя на величину  $r_n c(\ell_2 - \ell'_2)\varphi_n$ .

Таким образом, получается система уравнений с переменными параметрами, наиболее полно описывающая взаимосвязанные реакции подвижной системы рычагов, скала и навоя [2]:

$$\frac{d^2\varphi_c}{dt^2} = -K_1 \frac{d\varphi_c}{dt} - K_2\varphi_c + K_9\lambda - K_3\varphi_n,$$

$$\frac{d^2\varphi_n}{dt^2} = -K_4 \frac{d\varphi_n}{dt} - K_5\varphi_n + K_8\lambda - K_6\varphi_c.$$

Оба уравнения имеют обозначения

$$K_1 = \frac{h(\ell_2 - \ell'_2)\ell_2}{J_c};$$

$$K_2 = \frac{c(\ell_2 - \ell'_2)\ell_2 + c_n\ell_1^2}{J_c};$$

$$K_3 = \frac{c(\ell_2 - \ell'_2)r_n}{J_c}; \quad K_4 = \frac{h r_n^2}{J_n};$$

$$K_5 = \frac{c r_n^2 + c_n}{J_n};$$

$$K_6 = \frac{r_n c(\ell_2 - \ell'_2)}{J_n}; \quad K_8 = \frac{c r_n}{J_n};$$

$$K_9 = \frac{c(\ell_2 - \ell'_2)}{J_c}.$$

Исходными данными для расчета коэффициентов  $K_1 \dots K_9$  являются параметры ткацкого станка:  $\ell_1, \ell_2, \ell'_2$  – длины плеч упругой заправки;  $J_n, J_c$  – моменты инерции соответственно навоя и скала;  $r_n$  – радиус навоя.

Коэффициенты  $C$  жесткости и  $h$  демпфирования для основы и ткани в заправке:

$$C_0 = \frac{C'_0}{L_0} = 85832 \text{ Н/м};$$

$$h_0 = \frac{h'_0}{L_0} = 1409 \text{ Н·с/м};$$

$$C_T = \frac{C'_T}{L_T} = 165054 \text{ Н/м};$$

$$h_T = \frac{h'_T}{L_0} = 3171 \text{ Н·с/м}.$$

Для всей упруговязкой системы заправки коэффициент жесткости

$$C = \frac{C_0 C_T}{C_0 + C_T},$$

а коэффициент демпфирования

$$h = \frac{h_0 h_T}{h_0 + h_T}.$$

Составим структурную схему математической модели и определим передаточные функции отдельных блоков.

Исходя из приведенных выше выражений определим коэффициенты передаточных функций математической модели системы автоматического регулирования натяжением основы на ткацком станке типа АТПР [3]:

$$W_c(s) = \frac{\varphi_c(s)}{P_3(s)} = \frac{k_c}{T_2^2 s^2 + T_1 s + 1},$$

где  $k_c = \frac{C(\ell_2 - \ell_2')}{C(\ell_2 - \ell_2')\ell_2 + C_{\Pi}\ell_1^2} = 0,029;$

$$T_2^2 = \frac{1}{K_2} = \frac{I_c}{C(\ell_2 - \ell_2')\ell_2 + C_{\Pi}\ell_1^2} = 0,0000283c^2;$$

$$T_1 = \frac{\ell_1}{C(\ell_2 - \ell_2')\ell_2 + C_{\Pi}\ell_1^2} = 0,00052c.$$

Передаточная функция навоя имеет вид:

$$W_H(s) = \frac{\Delta\ell(s)}{\varphi_H(s)} = \frac{k_H}{T_3^2 s^2 + T_4 s + 1},$$

где  $k_H = K_4 = 6,45;$

$$T_3^2 = \frac{1}{K_6} = 0,00056c^2;$$

$$T_4 = \frac{1}{K_5} = 0,0000016c.$$

Передаточная функция упругой заправки станка

$$W_3(s) = \frac{P_3(s)}{\Delta\ell(s)} = \frac{k}{T_s + 1},$$

где  $T = \frac{L}{V\alpha}$ ;  $V$  – линейная скорость поверхности приемного валика, м/с;  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий уработку основы, рад;  $L$  – суммарная длина основы и ткани, м;

$$T = \frac{1,85 + 0,56}{80 \cdot 13,5} = 0,022c; k = \frac{\omega r_H}{L},$$

где  $\omega$  – угловая скорость навоя, рад/с;  $r_H$  – текущий радиус навоя, м;

$$k = \frac{0,07 \cdot 0,3}{2,41} = 0,0087 \dots 0,05.$$

В данной модели используется П-регулирование и передаточная функция имеет вид

$$W_p(s) = -k_p = -2,4.$$

Примем передаточную функцию внутреннего контура регулирования

$$W_{oc}(s) = k_{oc} = 0,3.$$

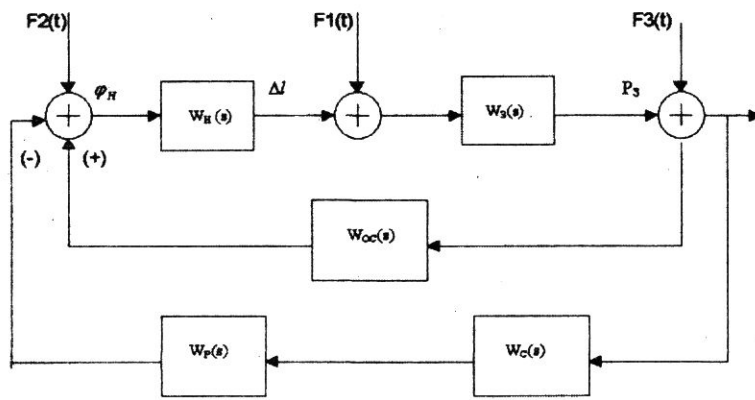


Рис. 2

Блок-схема математической модели системы за цикл работы пневморепирного станка представлена на рис.2. Модель отображает динамические процессы, происходящие в момент прокладки утка, когда нагрузка на пряжу будет иметь максимальное значение [4]. Здесь на упругую заправку воздействуют:  $F_1(t)$  – возмущения, соответствующие прибору утка (импульс в момент прибора);  $F_2(t)$  – воздействие от зевобразования (воздействие в начале цикла) и  $F_3(t)$  – задание в системе, соответствующее начальному натяжению основы. Выходной величиной является натяжение основы  $P_3$ , представленное в относительных единицах.

основные нити – навой станка типа АТПР в среде MatLab (рис.3) с использованием в ней найденных выше передаточных функций.

На основе библиотеки пакета Simulink [5] проведем синтез и экспериментальное исследование имитационной модели системы основные нити – навой пневморепирного ткацкого станка.

Задание в модели системы начального натяжения основы реализуется блоком Constant. Воздействие, характерное для зевобразования, имитируется звеньями Ram p, Ram p1, Ram p2. В модели импульс, соответствующий моменту прибора утка, формируется звеньями Ram p3, Ram p4, Ram p5. Звено  $W_3$  1 учитывает инерционные свойства механизма прибора, приближая его к реальному воздействию.

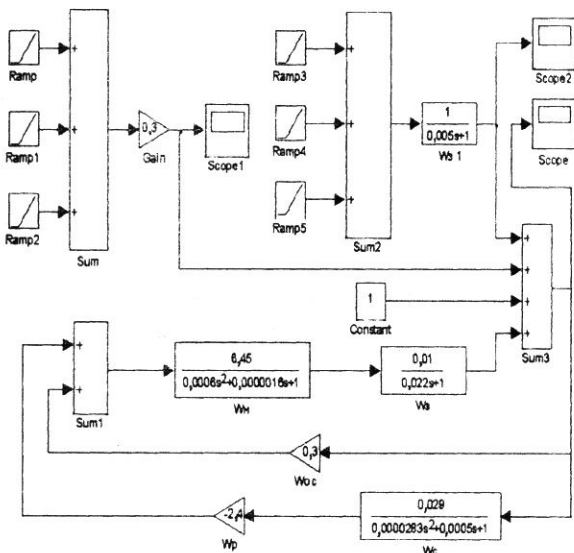


Рис. 3

На основе блок-схемы математической модели натяжения основных нитей составлена имитационная модель системы

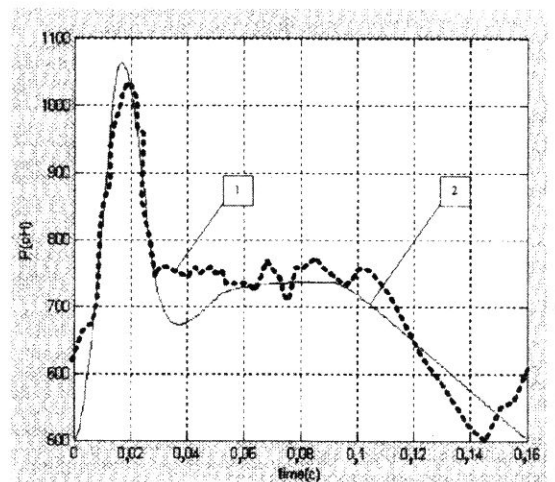


Рис. 4

Для оценки адекватности модели динамики одного цикла реальному натяжению основы при работе станка используем

переходной процесс натяжения основы, полученный с помощью тензометрии (рис.4) в виде кривой 1 и представленный в [6]. Поскольку на кривую физического эксперимента накладывается случайная ошибка измерения, то по методике, изложенной в [5], она предварительно идентифицирована.

Временная характеристика одного цикла работы пневмопирного ткацкого станка, полученная методом машинного эксперимента, представлена на рис. 4 кривой 2. Адекватность машинного эксперимента определена путем сравнения с экспериментально снятой кривой 1 по коэффициенту корреляции, который свидетельствует о высокой достоверности имитационной модели упругой заправки.

## ВЫВОДЫ

Имитационная модель системы основные нити – навой для ткацкого станка позволяет провести анализ влияния отдельных звеньев на уровень динамической нагрузки в процессе формирования ткани.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов Г.В., Панкратов М.А., Бакула В.В. Опыт работы на станках АТПР. – М.: Легкая индустрия, 1979.
2. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов: Учебник для вузов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
3. Расторгуев А.К., Власов Е.И., Артемьев И.А. Автоматизация контроля технологических процессов ткацкого производства: Учебное пособие. – Иваново: ИХТИ, 1982.
4. Власов Е.И. Анализ и синтез САУ ТП технологических процессов методами концептуального программирования: Учебное пособие. – Иваново: ИвТИ, 1990.
5. Гультяев А.К. MatLab 5.3. Имитационное моделирование в среде Windows: Практическое пособие. – СПб.:КОРОНА принт, 2001.
6. Chen Ge. Исследование и разработка системы натяжения основы ткацкого станка: Дис.... канд. техн. наук. – Шанхай. Китайский текстильный университет, 2001.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 06.05.03.