

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ОСНОВНОГО РЕГУЛЯТОРА СТАНКОВ ТИПА СТБ И АТПР

В.Л. МАХОВЕР, О.П. ЛЕНЕЦ

(Ивановская государственная текстильная академия)

В [1] предложена усовершенствованная конструкция основного регулятора, схема которой приведена на рис. 1.

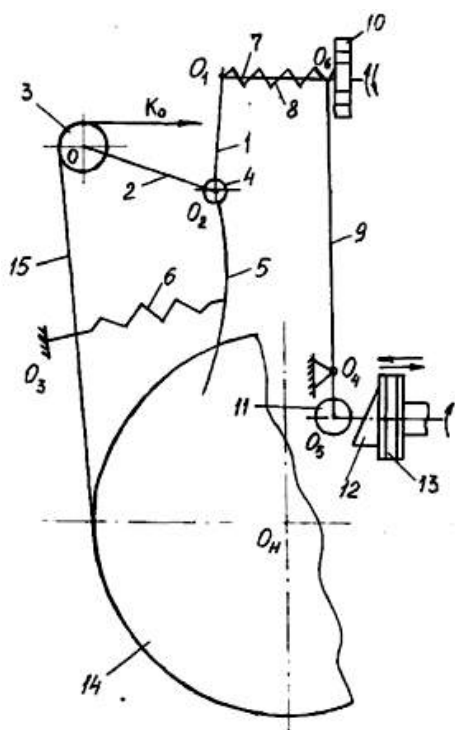


Рис. 1

Усовершенствование заключается в том, что в известном основном регуляторе [2] подвижная система скала дополнитель-

но содержит двухплечий рычаг  $OO_2O_1$ , состоящий из вертикального плеча 1 и плеча 2 со скалом 3, закрепленных на валу 4 с осью вращения  $O_2$ . На этом же валу закреплен фигурный рычаг 5 с растянутой пружиной 6. Двухплечий рычаг  $OO_2O_1$  через тягу 7 с посаженной на нее распорной пружиной 8 соединен с верхним плечом 9 другого рычага  $O_5O_4O_6$ . При этом левый конец тяги 7 оказывается кинематически связанным со скалом 3, а другой конец имеет резьбу с гайкой 10 ручной регулировки.

При повороте гайки 10 изменяется расстояние между роликом 11, расположенным на нижнем плече рычага  $O_5O_4O_6$ , и горкой 12 фрикционной муфты 13, что ведет к изменению угла поворота ткацкого навоя 14, что, в свою очередь, изменяет отпуск нитей 15 с навоя и их натяжение.

Рассмотрим динамику упругой системы заправки (УСЗ) ткацкого станка с применением изложенной конструкции основного регулятора. При этом будем учитывать, что основа с навоя срабатывает длительное время, и, следовательно, процесс регулирования заправочного и среднего (за раппорт переплетения по утку) натяжения

нитей основы является медленно текущим квазистационарным процессом [3] по сравнению с быстро текущими технологически необходимыми процессами зевобразования и прибора уточной нити к опушке ткани.

На рис. 2 приведены графики, поясняющие принцип действия основного регулятора, где обозначено:

$\varphi$ ,  $\varphi_{\text{отп}}$  – текущий угол поворота и угол поворота главного вала ткацкого станка, в течение которого происходит отпуск основы с навоя (рад);

$\omega'_n$ ,  $\varphi'_n$  – угловая скорость ткацкого навоя в моменты отпуска основы, (рад/с) и его текущий угол поворота (рад).

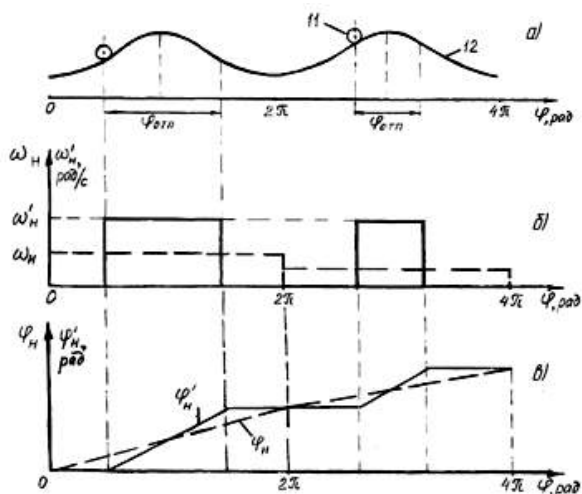


Рис. 2

На рис. 2-а условно изображен повторенный в течение двух оборотов главного вала станка развернутый профиль горки 12 с роликом 11 (рис. 1). Угловая скорость  $\omega'_n$  вращения ткацкого навоя с некоторым приближением представлена на рис. 2-б в виде прямоугольных импульсов, изображенных сплошными линиями. На рис. 2-в сплошными линиями показан график угла  $\varphi'_n$  поворота ткацкого навоя, соответствующий его угловой скорости  $\omega'_n$ .

В большинстве случаев отпуск основы с ткацкого навоя происходит не за полный оборот главного вала станка ( $\varphi_{\text{отп}} \leq 2\pi$ ). Для удобства дальнейшего анализа можно

считать, что ткацкий навой вращается непрерывно и равномерно с угловой скоростью  $\omega_n$  (штриховые линии на рис. 2-б). При этом

$$\omega'_n t_{\text{отп}} = \omega_n T_{г.в.}, \quad (1)$$

где  $T_{г.в.}$  – время (с) одного оборота главного вала ткацкого станка:

$$T_{г.в.} = 60/n_{г.в.}, \quad (2)$$

где  $n_{г.в.}$  – число оборотов главного вала станка (и фрикционной муфты) в минуту.

Время отпуска (с) ткацкого навоя:

$$t_{\text{отп}} = \frac{30\varphi_{\text{отп}}}{\pi n_{г.в.}}. \quad (3)$$

Угловая скорость вращения ткацкого навоя в моменты отпуска:

$$\omega'_n = i\omega, \quad (4)$$

где  $i$  – передаточное отношение от фрикционной муфты 13 (рис. 1) к ткацкому навую (или, что то же самое, – от главного вала к навую);  $\omega = \pi n_{г.в.}/30$  – угловая скорость вращения главного вала ткацкого станка, рад/с.

Из (1) с учетом (2), (3) и (4) находим:

$$\omega_n = \frac{i\omega}{2\pi} \varphi_{\text{отп}}. \quad (5)$$

При выбранной модели процесса угловая скорость  $\omega_n$  в течение каждого оборота главного вала станка остается неизменной, но может изменяться от одного оборота к другому. При этом характер изменения текущего угла  $\varphi_n$  поворота ткацкого навоя будет таким, как показано штриховыми линиями на рис. 2-в.

Составим дифференциальное уравнение динамики УСЗ ткацкого станка.

За время  $dt$  с ткацкого навоя сматывается и войдет в зону деформирования длина нитей:

$$d\ell_{\text{вх}} = \rho\omega_n dt, \quad (6)$$

где  $\rho$  – радиус намотки нитей на ткацком навое, см.

За это же время из зоны деформирования выйдет с отведенной тканью длина нитей основы:

$$d\ell_{\text{вых}} = v_b \eta dt, \quad (7)$$

где  $v_b$  – линейная скорость вращения вальяна, см/с:

$$\frac{\rho\omega_n}{1 + 0,01\varepsilon_{\text{вх}}} - \frac{v_b \eta}{1 + 0,01\varepsilon_{\text{вых}}} = \frac{d}{dt} \left( \frac{L}{1 + 0,01\varepsilon_{\text{вых}}} \right), \quad (10)$$

где  $\varepsilon_{\text{вх}}, \varepsilon_{\text{вых}}$  – относительная деформация нитей основы на ткацком навое и в УСЗ ткацкого станка, %;  $L$  – длина УСЗ (от навоя до опушки ткани), см.

Поскольку  $1/(1+0,01\varepsilon) \approx 1-0,01\varepsilon$ , где в качестве  $\varepsilon$  могут быть  $\varepsilon_{\text{вх}}$  или  $\varepsilon_{\text{вых}}$ , урав-

$$\rho\omega_n (1 - 0,01\varepsilon_{\text{вх}}) - v_b \eta (1 - 0,01\varepsilon_{\text{вых}}) = L \frac{d}{dt} (1 - 0,01\varepsilon_{\text{вых}}). \quad (11)$$

После несложных преобразований с учетом формулы (5) и того, что  $\varepsilon_{\text{вх}} \ll 100\%$ , отсюда получим:

$$\tau \frac{d\varepsilon_{\text{вых}}}{dt} + \varepsilon_{\text{вых}} = 100(1 - \mu\varphi_{\text{отт}}), \quad (12)$$

где  $\tau$  – постоянная времени процесса:

$$\tau = L/(v_b \eta), \text{ с}; \quad (13)$$

$$\mu = \frac{\rho\omega_n}{2\pi v_b \eta}. \quad (14)$$

Для определения характера изменения относительной деформации  $\varepsilon_{\text{вых}}(t)$  при ручной регулировке натяжения  $K_0$  нами в УПМ ИГТА был проведен эксперимент на станке АТПР-100 с установленным усовершенствованным механизмом (рис. 1). Эксперимент заключался в том, что на ос-

$$v_b = \frac{\eta n_{\text{г.в.}}}{6P_y}, \quad (8)$$

$P_y$  – плотность ткани по утку, нити/дм;

$$\eta = 1/(1 - 0,01a_0) \quad (9)$$

– безразмерный коэффициент, учитывающий уработку  $a_0$  (%) основных нитей.

С использованием (6) и (7) запишем баланс свободных длин нитей:

нение (10) примет вид:

тановленном ткацком станке гайка 10 ввертывалась на некоторую величину в тягу 7. Затем станок пускали в работу и с помощью тензометрической установки осциллографировали натяжение нитей основы.

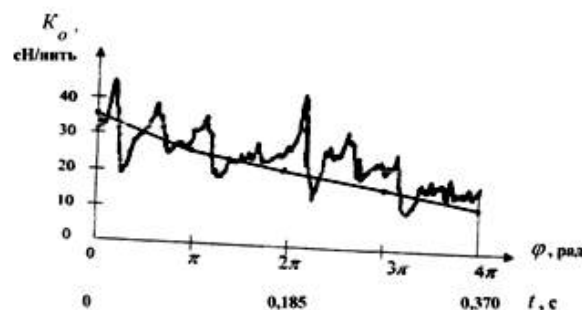


Рис. 3

Пример экспериментальной осциллограммы при выработке ткани типа бязи арт. 122 приведен на рис. 3.

Усредненное значение натяжения, показанное на этом рисунке плавной сплошной линией, с погрешностью менее 1% аппроксимируется зависимостью:

$$K_0 = 30,73e^{-t/0,336} + 6,27, \text{ сН/нить.} \quad (15)$$

Учитывая, что коэффициент жесткости метрового отрезка в расчете на одиночную нить основы для бязи составляет

$$C = 0,1 \text{ кгс/см} \approx 10^4 \text{ сН/м} [4, \text{ с.236}],$$

из (15) получим:

$$\varepsilon_{\text{вых}}(t) = a + be^{-t/\tau_p}, \quad (16)$$

где  $\tau_p = 0,336 \text{ с}$  – постоянная времени регулятора;  $a = 0,06$ ,  $b = 0,31\%$  – постоянные коэффициенты.

После подстановки выражения (16) в

$$\varepsilon_{\text{вых}}(t) = A_0 e^{-t/\tau} + 100(1 - \mu\alpha) + \frac{100\mu\beta}{\frac{\tau}{\tau_p} - 1} e^{-t/\tau_p}, \quad (19)$$

где  $A_0$  – постоянная интегрирования.

Согласно (16):

$$A_0 = 0$$

и

$$a = 100(1 - \mu\alpha), \quad b = 100\mu\beta / \left( \frac{\tau}{\tau_p} - 1 \right). \quad (20)$$

Для условий эксперимента имеем:  $L=140 \text{ см}$ ,  $\rho=8 \text{ см}$ ,  $n_{г.в} = 324 \text{ об/мин}$  ( $\omega=33,93 \text{ рад/с}$ ),  $P_y=190 \text{ нитей/дм}$ ,  $a_0=8,3\%$ , передаточное отношение  $i=0,0041$  [5, с. 33...36]. По формулам (9), (8), (13) и (14) последовательно находим:  $\eta=1,0905$ ,  $v_b=0,3099 \text{ см/с}$ ,  $\tau=414,267429 \text{ с} = 6,904 \text{ мин}$ ,  $\mu=0,5241$ .

По формулам (18) получаем:

$$\alpha = 1,906888 \text{ рад}, \quad \beta = 7,2868 \text{ рад.} \quad (21)$$

Таким образом, в условиях эксперимента формула (17) примет вид:

дифференциальное уравнение (12) найдем:

$$\varphi_{\text{отп}}(t) = \alpha + \beta e^{-t/\tau_p}, \quad (17)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – постоянные коэффициенты:

$$\alpha = \frac{1-0,01a}{\mu}, \quad \beta = 0,01 \frac{b}{\mu} \left( \frac{\tau}{\tau_p} - 1 \right). \quad (18)$$

Если выражение (17) для угла поворота главного вала  $\varphi_{\text{отп}}(t)$ , в течение которого происходит отпуск основы с навоя, принять за исходное, то решением уравнения (12) будет функция:

$$\varphi_{\text{отп}}(t) = 1,9068 + 7,2868e^{-t/0,336}. \quad (22)$$

Заметим, что при подстановке значений параметров (21) в формулы (20) получим те же коэффициенты:  $a = 0,06$ ,  $b = 0,31\%$ .

Поскольку отпуск основы с ткацкого навоя осуществляется дискретно, в формулу (22) целесообразно подставить время  $t = 2\pi n / \omega = (2\pi / 33,93)n = 0,1852n$ . При этом выражение (22) будет иметь вид:

$$\varphi_{\text{отп}}(n) = 1,9068 + 7,2868e^{-0,5512n}. \quad (23)$$

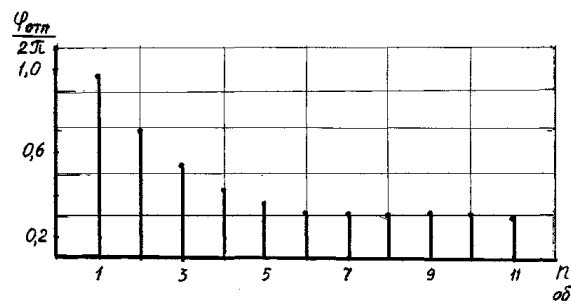


Рис. 4

На рис. 4 изображен график, рассчитанный по формуле (23), где по оси ординат обозначено отношение  $\varphi_{\text{отп}} / 2\pi$ , представляющее собой долю угла поворота главного вала ткацкого станка, в течение которой осуществляется дискретный отпуск основы с навоя. Постоянная времени регулятора  $\tau_{\text{pn}} = 1/0,5512 = 1,814$ . Следовательно, переходный процесс (рис.4) практически заканчивается за  $n = 5 \cdot 1,814 \approx 9$  оборотов главного вала станка. Время отпуска, рассчитанное по формуле (3), в данном примере изменяется от 0,180 с при первом обороте до 0,058 с при девятом обороте главного вала.

### ВЫВОДЫ

1. Дифференциальное уравнение (12) динамики УСЗ ткацкого станка позволяет получить закономерность изменения во времени относительной деформации  $\varepsilon_{\text{вх}} = \varepsilon_{\text{вх}}(t)$  основных нитей, если известен закон изменения угла поворота главного вала  $\varphi_{\text{отп}} = \varphi_{\text{отп}}(t)$ , в течение которого происходит отпуск основы с навоя; по известной закономерности  $\varepsilon_{\text{вх}} = \varepsilon_{\text{вх}}(t)$  найти за-

кон изменения  $\varphi_{\text{отп}} = \varphi_{\text{отп}}(t)$ .

2. Полученные теоретические зависимости хорошо согласуются с экспериментальной осциллограммой натяжения нитей основы и принципом работы усовершенствованной конструкции [1] основного регулятора.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент №58544 РФ, МПК D03D49/06. Основной регулятор ткацкого станка /Скороходов А.В., Ленец О.П., Горина Е.В. - Опубл. 26.06.2006, Бюл. №33. Заявка 2006122829/22, 26.06.2006.
2. Степанов Г.В. Станки АТПР: устройство и расчет параметров. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.
3. Артемьев И.А., Гордеев В.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1973, № 4. С.61...63.
4. Гордеев В.А., Арефьев Г.И., Волков П.В. Ткачество (3-е издание перераб. и доп.). – М.: Легкая индустрия, 1970.
5. Локтюшева В.И. Машины и оборудование ткацкого производства (иллюстрированное пособие). – М.: Легпромбытиздат, 1990.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 03.07.08.