

УДК 677.055

А.Р. Марчук, А.В. Буряк, Г.Б. Параска  
Хмельницький національний університет**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ПОДАЧІ НИТОК  
ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН**

Отримано математичну модель важільно-вагового компенсатора (ВВК) в пружній системі заправки основов'язальної машини (ОВМ) із врахуванням процесів спрацювання навоїв, перехідних процесів, особливостей огинання нитками основи направляючих, особливостей споживання ниток основи в зоні петлеутворення. Виконано цикл числових досліджень роботи ВВК в пружній системі заправки ОВМ в перехідних і сталому режимах роботи і показано, що дане удосконалення суттєво підвищило сталість середнього натягу ниток основи. Експериментальні дослідження за допомогою оригінальної експериментальної установки підтверджують достовірність результатів числового моделювання, так максимальна різниця між результатами не перевищує 7-12%, що свідчить про достовірність результатів математичного моделювання. Ключові слова: важільно-ваговий компенсатор, нитки основи, основов'язальні машини, натяг ниток.

Величина натягу ниток основи та його стабільність при різних режимах роботи є одними з основних факторів, які впливають на обривність ниток та якість готової продукції основов'язальних машин. Відхилення натягу ниток основи по відношенню до середнього значення роблять неможливим підвищення продуктивності роботи машин. Це пояснюється тим, що при зміні середнього натягу ниток основи проходить зміна висоти петельних рядів, тобто змінюється рівномірність петельної структури, при цьому якість трикотажного полотна падає. Збільшення середнього натягу ниток основи веде також до зростання кількості обривів ниток, що в свою чергу вимагає зупинки обладнання, заправки обірваної нитки, при цьому якість продукції і продуктивність обладнання падає.

Зміна середнього натягу ниток основи на основов'язальних машинах, так саме як і на ткацьких верстатах, пояснюється перш за все спрацюванням навоїв, що веде до зміни швидкості надходження ниток основи. Для запобігання цьому явищу розроблено ряд вискоєфективних механізмів подачі ниток основи [1,2,3] основний недолік яких - складність та висока вартість.

Авторами було запропоновано принципово новий підхід [4] до проблеми стабілізації середнього натягу ниток основи, що полягає в веденні в пружну систему заправки важільно-вагових компенсаторів (ВВК) натягу ниток основи [5,6]. Попередні дослідження [7] вагових стабілізаторів натягу ниток основи були проведені в автоматизованій системі проектування ПРАНС-ПК, що носить дещо ідеалізований характер, хоча експериментальні дослідження [8] підтвердили їх достовірність.

**Мета роботи.** Розробка математичної моделі і експериментального стенду для визначення середнього натягу ниток основи основов'язальної машини при введенні в пружну систему заправки важільно-вагових компенсаторів, на основі яких можливе проведення числових досліджень та перевірка їх експериментальним шляхом.

**Постановка задачі.** Нитки основи 1 сходять з навою 2 і через направляючий ролик 3 надходять до ВВК, де огинають скало 4 і через направляючий ролик 5 надходять в зону петлеутворення 6. Вісь скала  $C$  знаходиться на кінці криволінійного рухомого важеля  $COD$ , який складається з двох жорстко з'єднаних прямолінійних стержнів  $CO$  і  $OD$ . Для забезпечення натягу ниток на протилежному кінці важеля закріплено вантаж вагою  $P$ . До важеля (в точці  $D_1$ ) приєднано демпферний пристрій.

Введено наступні позначення:  $P_C$  – вага скала;  $P$  – вага вантажу;  $r_A, r_B, r_C$  – радіуси нерухомих циліндрів 3, 5 і скала 4;  $l_{OC}, l_{OD}, l_{OD1}$  – довжина стержнів  $OC, OD$  і віддаль  $OD_1$ ;  $\varepsilon$  – кут нахилу лінії центрів циліндрів  $AB$  до горизонту ( $\varepsilon > 0$ , коли точка  $B$  розміщена вище точки  $A$ );  $\alpha_C$  – кут, який утворює з горизонтальною лінією стержень  $OC$  ( $\alpha_C > 0$ , якщо точка  $C$  знаходиться вище точки  $O$ );  $\alpha_D$  – кут, який утворює стержень  $OD$  з горизонтальною лінією ( $\alpha_D > 0$ , коли точка  $D$  розміщена вище точки  $O$ ). Швидкості ниток в точках  $A$  та  $B$  позначимо через  $v_A(t), v_B(t)$ .

Виберемо нерухому систему координат з центром в точці  $O$  таким чином, щоб вісь абсцис була горизонтальною, а вісь ординат - вертикальною.

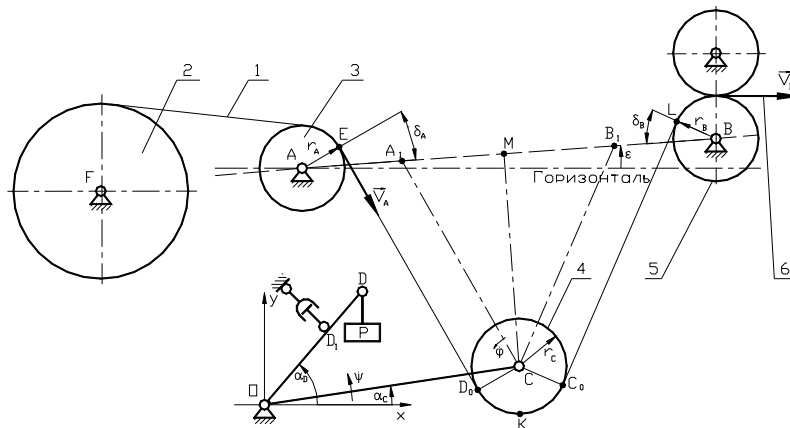


Рис. 1. Схема переміщення ниток: 1 – нитки основи; 2 – навоє; 3,5 – направляючі ролики; 4 – скало; 6 – зона петлеутворення

Прийнято наступні допущення: 1) натяг ниток не перевищує значень, що відповідають області їх пружних деформацій; 2) натяг ниток і радіуси направляючих роликів 3, 5 не впливають на швидкості ниток  $v_A$  та  $v_B$ ; 3) вага ниток, які знаходяться за межами лінії  $ED_0KC_0M$ , не впливає на натяг ниток і на швидкість їх переміщення; 4) швидкість та переміщення ниток суттєво менша від швидкості розповсюдження в них пружних деформацій; 5) зміна натягу ниток при їх сходженні з направляючого ролика 3 проходить миттєво в точці  $E$ ; 6) переміщення усіх ниток на досліджуваній ділянці є плоскопаралельним.

В результаті математичних перетворень задача звелась до розв'язування наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} N_{л,j} = \frac{l_{нл,j} - l_{0л,j}}{l_{0л,j}} c_T^2, \\ l_{0,j} = l_{0л,j} + l_{0н,j}; \\ N_{н,j} = N_{л,j} + F_{мп,j} = \frac{l_{нн,j} - l_{0н,j}}{l_{0н,j}} c_T^2, \end{cases} \quad (1)$$

де  $N_{л,j}$ ,  $N_{н,j}$  – натяг зліва і справа від скала,  $l_{0,j}$  – уся довжина нитки на ділянці  $EKL$  у ненавантаженому стані в дискретний момент часу  $t_j$ ,  $l_{0л,j}$ ,  $l_{0н,j}$  – довжина ниток зліва та справа від скала в ненавантаженому стані,  $l_{нл,j}$ ,  $l_{нн,j}$  – довжина ниток зліва та справа від скала в навантаженому стані,  $F_{мп,j}$  – сила тертя;  $c_T^2 = Ems_0$ ,  $E$ , – модуль Юнга матеріалу ниток,  $m$  – кількість ниток в основі,  $s_0$  – площа поперечного перерізу однієї нитки.

Система рівнянь (4) зводиться до квадратного рівняння відносно  $N_{л,j}$ , розв'язавши яке одержимо:

$$N_{л,j} = \left( \frac{l_{нл,j} + l_{нн,j}}{2l_{0,j}} \right) c_T^2 - 0,5F_{мп,j} - \sqrt{\left( \frac{l_{нл,j} + l_{нн,j}}{2l_{0,j}} c_T^2 - 0,5F_{мп,j} \right)^2 + \frac{l_{нл,j}}{l_{0,j}} c_T^2 F_{мп,j}}. \quad (2)$$

(Інший розв'язок, у якому перед радикалом стоїть знак “плюс”, відкинуто, оскільки він справедливий для ниток із матеріалів, що можуть видовжуватись більш, ніж удвічі).

$$N_{н,j} = N_{л,j} + F_{мп,j}. \quad (3)$$

Максимальну за абсолютною величиною силу тертя  $F_{мп,j}$ , що виникає між скалом та нитками в момент часу  $t_j$ , обчислимо за формулою Ейлера:

$$(F_{мп,j})_{\max} = \begin{cases} N_{н,j-1} (1 - e^{-2k_n \zeta}) & \text{при } v_{н,j} \geq \dot{\phi}_{j-1} r_C; \\ N_{л,j-1} (1 - e^{-2k_n \zeta}) & \text{при } v_{н,j} < \dot{\phi}_{j-1} r_C, \end{cases} \quad (4)$$

де  $N_{l,j-1}$ ,  $N_{n,j-1}$  – натяг ниток зліва та справа від скала в момент часу  $t_{j-1}$ ;  $v_{n,j}$  – швидкість ниток в точці  $K$  дотику зі скалом в момент часу  $t_j$ ;  $\dot{\phi}_{j-1}$  – кутова швидкість скала в момент часу  $t_{j-1}$ ;  $k_n$  – коефіцієнт тертя між нитками та скалом;  $\zeta$  – кут охоплення нитками скало.

Максимальна сила тертя між нитками та скалом виникає у випадку проковзування. У всіх інших випадках сила тертя, що виникає між нитками та скалом в кожен момент часу уточнювалась методом ітерацій на ЕОМ.

В результаті проведення числових досліджень, на основі отриманих математичних моделей, отримано графічні залежності, що відображають:

- процес стабілізації середнього натягу ниток основи при спрацюванні навоїв;
- процес стабілізації середнього натягу ниток основи в перехідних режимах роботи основов'язальної машини.

На рис.2 представлено графічні залежності, що відображають процес стабілізації середнього натягу ниток основи ВВК при спрацюванні навоїв. Так, при спрацюванні навоїв, що відображено графіком  $v_n(t)$ , швидкість сходження ниток основи з навоїв зменшується. При цьому натяг ниток основи, що відображено графіком  $N_n(t)$ , практично не змінюється. Такий стан забезпечується компенсаційним переміщенням скала ВВК, що відображено графіком  $y_c(t)$ . При досягненні крайнього верхнього положення скала, через датчик верхнього положення скала подається команда на збільшення частоти обертання навоїв на величину, що забезпечує швидкість сходження ниток  $v(t) = v_{поч} + (v_{поч} - v_{мін}(t))$ . Такий режим подачі ниток забезпечує на весь період спрацювання навоїв середню лінійну швидкість ниток основи близьку до початкової. Представлений режим коректування частоти обертання навоїв характерний тим, що скало ВВК не досягає крайнього нижнього положення, тобто не вибирає весь ресурс робочої зони.

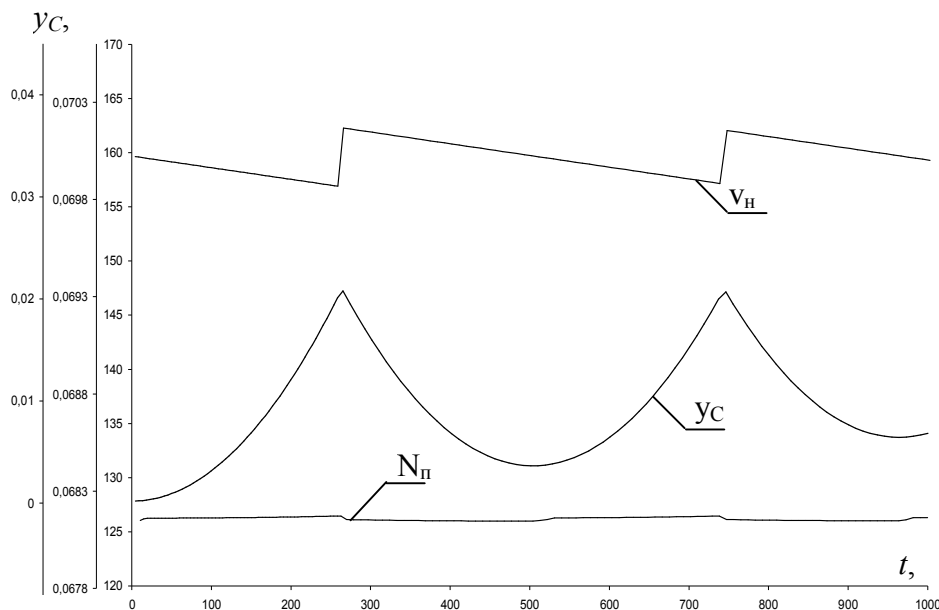


Рис. 2. Графік переміщення скало ( $y_c$ ), швидкості подачі з навою ниток ( $v_n$ ), натягу нитки справа від скало ( $N_n$ ) при початковому радіусі навою  $r_n=0,08$ м.

На рис.3 представлено результати числового моделювання роботи ВВК в перехідних і сталому режимах роботи в пружній системі заправки ОВМ при наявності високочастотних коливань швидкості вживання ниток основи в зоні петлеутворення.

Крива 1 представляє швидкість вживання ниток основи  $V_B$  в зоні петлеутворення, крива 2 – переміщення скала ВВК, а крива 3 – натяг ниток основи в зоні петлеутворення. З графіків видно, що скало ВВК є практично нечутливим до високочастотних коливань швидкості вживання ниток основи в зоні петлеутворення. В період пуску і зупинки ОВМ спостерігається незначне відхилення середнього натягу ниток основи від сталого значення, при цьому відносне максимальне відхилення не перевищує 10%, що забезпечує відсутність видимості поперечних смуг при пуску та зупинці ОВМ.

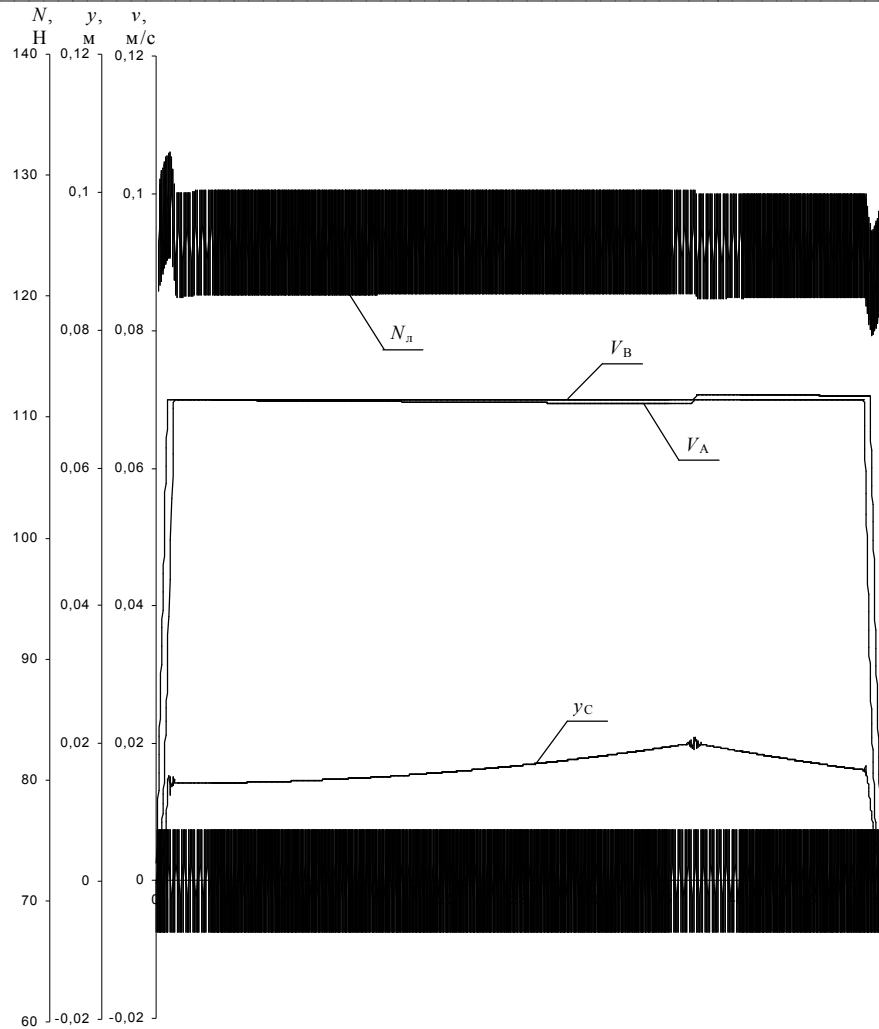


Рис. 3. Результати числового моделювання роботи ВВК в перехідних і сталому режимах роботи в пружній системі заправки ОВМ при наявності високочастотних коливань швидкості вживання ниток основи в зоні петлеутворення

Для перевірки достовірності результатів числового моделювання розроблено оригінальну експериментальну установку (рис.4) для фізичного моделювання роботи ВВК в пружній системі заправки ОВМ, в умовах максимально наближених до виробничих.

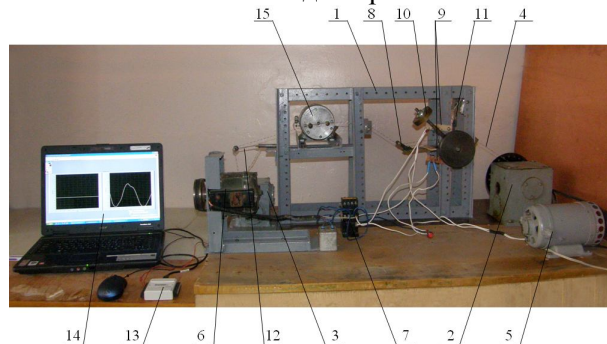


Рис. 4. Експериментальна установка: 1 – рамна конструкція; 2, 3 – черв'ячні редуктори; 4 – нитка; 5,6 – електродвигуни; 7 – система переключення напрямку обертання двигуна; 8 – скало; 9 – датчики верхнього та нижнього положення скала; 10 – вантаж; 11 – тензодатчик кута повороту скала; 12 – тензодатчик натягу ниток; 13 – АЦП; 14 – ЕОМ; 15 - ротаційний модулятор високочастотних коливань натягу ниток основи.

В даній програмі сигнал, що проходить через фільтри і систему коефіцієнтів, поступає одночасно на графіки в системі LabView і в текстові файли, які на відміну від системи LabView

дозволяє обробляти великі масиви даних. Коефіцієнти в даній програмі підібрані за допомогою тарифікації тензодатчиків в експериментальній установці.

Порівняння теоретичних та експериментальних даних дозволило встановити, що похибка не перевищує 7-12%, що свідчить про достовірність результатів теоретичних досліджень.

Результати досліджень впроваджені на ЗАТ «Трикотажна фабрика РОЗА» з очікуваним економічним ефектом 21788 грн. на рік, а також в навчальний процес кафедри машин та апаратів Хмельницького національного університету.

Для реєстрації та обробки даних використано систему LabVIEW [9, 10] (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench – сердовище розробки лабораторних віртуальних приладів).

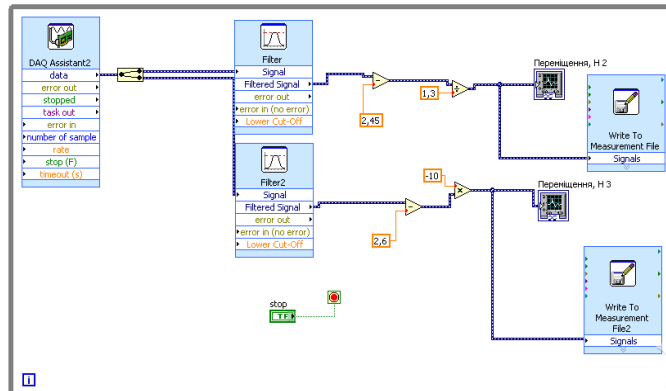


Рис.5. Програма обробки сигналу, що поступає з двох тензодатчиків

### Висновки

Отримано математичну модель ВВК в пружній системі заправки ОВМ із врахуванням процесів спрацювання навоїв, перехідних процесів, особливостей огинання нитками основи направляючих, особливостей споживання ниток основи в зоні петлеутворення. Експериментальні дослідження за допомогою оригінальної експериментальної установки підтверджують достовірність результатів числового моделювання, так максимальна різниця між результатами не перевищує 7-12%, що є показником достовірності результатів математичного моделювання.

1. А.с. №1661253 Основной регулятор ткацкого станка /Рыбаков В.А., Кошевников В.А., Усенко В.Т. – Чебокс. СКТБ по бесчелноковым ткацким станкам. БИ№25 от 07.07.91.

2. Патент Швейцарии №664389, ДОЗ D 49/12. Устройство для регулирования натяжения нитей основы / Оpubл. 23.02.88.

3. Патент США №4942908, ДОЗ D 49/24. Система управления подачей основы на ткацком станке / Оpubл. 24.07.90.

4. Параска Г.Б. Підвищення рівномірності петельної структури основов'язального полотна // Легка промисловість. -1997. - №3. - С.52.

5. Патент 37551 А Україна, МКВО04Б27/10. Нитконатяжний пристрій для основовязальної машини / Параска Г.Б., Марчук А.Р. (Україна).- № Оpubл.18.10.2001, Бюл. №5.- 5с.

6. Патент 45637 А Україна, МКВ О 04 Б 27/10. Нитконатяжний пристрій основов'язальної машини /Параска Г.Б., Марчук А.Р. (Україна).- № Оpubл.2002, Бюл. №4.- 5с.

7. Параска Г.Б. Динамічні дослідження вагових стабілізаторів середнього натягу ниток основи вязальних машин// Вісник Технологічного університету Поділля. - 2001.- №5.- С. 122-126.

8. Параска Г.Б. Експериментальні дослідження вагових стабілізаторів середнього натягу ниток основи в'язальних машин // Вісник Технологічного університету Поділля. - 2002.- №1.- С.182-184.

9. Михеев П.М. Опыт использования информационных технологий National Instruments в учебном процессе в национальном авиационном университете //Труды конференции "Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments" - Изд-во Российского Университета Дружбы Народов, 2007.

10. О.С.Поліщук, С.Л.Горященко, Д.В.Прибега Використання інформаційних технологій "National Instruments" для лабораторних і наукових досліджень машин легкої промисловості та електропобутової техніки //Вісник ХНУ. – 2008/ - №2. - С.175 – 180.