

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ЛОГИЧЕСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ

*Рассматривается прогнозирование возникновения неисправностей. Анализируется использование методов построения моделей прогнозирования. Определяются основные проблемы развязывания задач прогнозирования.*

## PROGNOSTICATION OF DISREPAIRS ON BASIS OF THE USE OF METHOD OF LOGICAL APPROXIMATION

*Is Examined prognostication of origin of disrepairs. The use of methods of construction of models of prognostication is analysed. The basic problems of untiing of tasks of prognostication are determined.*

*Стаття надійшла 30.09.09*

УДК 681.5.015+62.52

*Б. В. Дурняк, М. М. Луцків, І. М. Хмельницька*

*Українська академія друкарства*

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СТРІЧКОПРОВІДНОЇ СИСТЕМИ ПРИ НЕСТАЦІОНАРНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ

*Розглядається задача побудови математичної моделі натягу стрічкопровідної системи за наявності проросту швидкості на вході ділянок у нестационарному режимі роботи обумовленого зміною швидкості стрічки у широких межах, подано результати комп'ютерного симулювання.*

У паперовій, текстильній, хімічній, поліграфічній та інших галузях промисловості широко застосовують ротаційні багатосекційні машини, у яких на рухомому стрічковому матеріалі послідовно виконуються різні технологічні операції. Ротаційний принцип дії машини спрощує її конструкцію і забезпечує високу продуктивність. Для підвищення точності виконання технологічних операцій стрічкопровідні системи цих машин обладнуються різними системами автоматичного управління. Наприклад, системами автоматичного управління швидкості і натягу стрічкового матеріалу, автоматичного суміщення технологічних операцій та іншими. Лінійна швидкість руху стрічки на сучасних рулонних друкарських машинах становить 10–15 м/с. Отож виникає задача забезпечення безобривної роботи машини і вибору потрібного темпу розгону машини до робочої швидкості [5, 6, 9].

Із практичного досвіду експлуатації рулонних друкарських машин відомо, що під час запуску машини значно погіршується якість продукції, може з'явитися брак і обриви стрічкового матеріалу, що призводить до аварійного режиму і вимушеної зупинки машини, втрати робочого часу і матеріалів.

Це пояснюється тим, що машина і стрічкопровідна система при запуску працюють у нестационарному режимі обумовленим змінною швидкістю. При цьому параметри стрічкопровідної системи (коефіцієнт передачі і стала часу) можуть змінюватись у часі в широких межах (у сотні раз). Традиційні системи автоматичного регулювання натягу і суміщення кольорів, синтезовані як стаціонарні системи, не можуть забезпечити роботу машини у нестационарному режимі роботи. Доволі часто ці системи вимикаються на час виведення машини на робочу швидкість.

Існуючі моделі стрічкопровідних систем, за якими синтезуються системи автоматичного управління побудовані за умови, що швидкість руху є сталою [5, 8, 9], тому є неповними, що обмежує їх можливості та унеможливорює створення ефективних систем автоматичного управління стрічкопровідними системами. Отож виникає актуальна проблема побудови математичної моделі стрічкопровідної системи, за наявності приросту швидкості на ділянці у нестационарному режимі роботи, обумовленого розгоном машини.

Натяг паперової стрічки в рулонних друкарських машинах є одним з важливих факторів, які визначають якість друкованої продукції. Недостатній натяг може привести до створення складок і зморшок паперової стрічки, а надмірний натяг — до її обриву. Недопустимими є зміна та коливання натягу, тому що це спричиняє зміну деформації стрічки і зміщення фарб. Головними причинами зміни натягу стрічки є зміна швидкості роботи машини, деформація стрічки зумовлена технологічними діями, зміна радіуса рулону та його неправильна геометрична форма тощо [5, 8, 9].

Існуючі математичні моделі стрічкопровідних систем будують на основі лінійного диференціального рівняння деформації (натягу) рухомої стрічки на ділянці. Для спрощення математичного опису приймають ряд допущень і положень, які мають задовольняти стрічковий матеріал і стрічкопровідну ділянку [5, 8, 9]. Одне з основних припущень — швидкість руху стрічки є сталою. Отож ці моделі не описують динаміку роботи стрічкопровідної системи у нестационарному режимі роботи, наприклад, під час пуску машини і розгону до робочої швидкості, що обмежує їх можливості.

В окремих публікаціях зазначається, що стрічкопровідні системи рулонних ротаційних машин є складними системами зі змінними параметрами. Ними є лінійна швидкість руху стрічки, радіус і момент інерції рулону, з якого розмотується або на який намотується стрічковий матеріал. Окремі елементи стрічкопровідних систем описують диференціальними рівняннями, коефіцієнти яких містять сталі величини (швидкість  $V$ , радіус рулону  $R$ , момент інерції  $J$  тощо) [5, 8, 9]. У теорії автоматичного керування до класу об'єктів і систем зі змінними параметрами (нестационарними) належать об'єкти, які описуються лінійними диференціальними параметрами у повних похідних, в яких коефіцієнти є функціями часу, тобто змінними у часі [3, 10]. Згідно з цим визначенням вищезазначені елементи стрічкопровідних систем

не можна віднести до моделей зі змінними параметрами, тому що параметри  $V$ ,  $R$ ,  $J$  тощо не є функціями часу.

У роботах [5, 8, 9] подано ряд структурних схем моделей стрічко-провідних систем, в яких окремі параметри подані окремими блоками, значення параметрів яких можна задавати при моделюванні. Наприклад, побудовано графіки сімейств перехідних характеристик для окремих заданих значень параметрів. Зауважимо, що ці моделі не повною мірою характеризують їх динамічні властивості як нестационарних об'єктів. Зазначені моделі не відносяться до нестационарних, тому що жоден з розглядуваних параметрів (коефіцієнтів) не є функціями часу.

У роботі авторів [6] опрацьовано математичні моделі натягу нестационарної стрічкопровідної системи у вигляді системи диференціальних рівнянь у повних похідних, в яких сталі часу ділянки є функціями часу. Побудовано структурну схему нестационарної моделі, яка є зручною для аналогового і цифрового моделювання. На основі результатів комп'ютерного симулювання встановлено, що перехідна характеристика натягу стрічки нестационарної моделі значно відрізняється від стаціонарної, а час перехідного процесу, який визначає її інерційність залежить від темпу наростання швидкості. У роботі [7] розглянуто задачу побудови математичної моделі натягу ділянки стрічки, за наявності приросту швидкості у нестационарному режимі обумовленої зміною швидкості стрічки у широких межах, подані результати комп'ютерного симулювання, які показали, що динаміка стрічкопровідної ділянки у нестационарному режимі суттєво відрізняється від стаціонарної.

З вищевикладеного випливає актуальність поставленої задачі — побудови математичної моделі стрічкопровідної системи за наявності приросту швидкості на вході ділянок у нестационарному режимі роботи.

Метою роботи є опрацювання моделі стрічкопровідної системи за наявності приросту швидкості при нестационарному режимі роботи, побудова симулятора і аналіз динамічних властивостей.

Розглянемо стрічкопровідну систему ротаційної друкарської машини яка складається з  $n$ -стрічкопровідних циліндрів, спрощену схему якої зображено на рис. 1

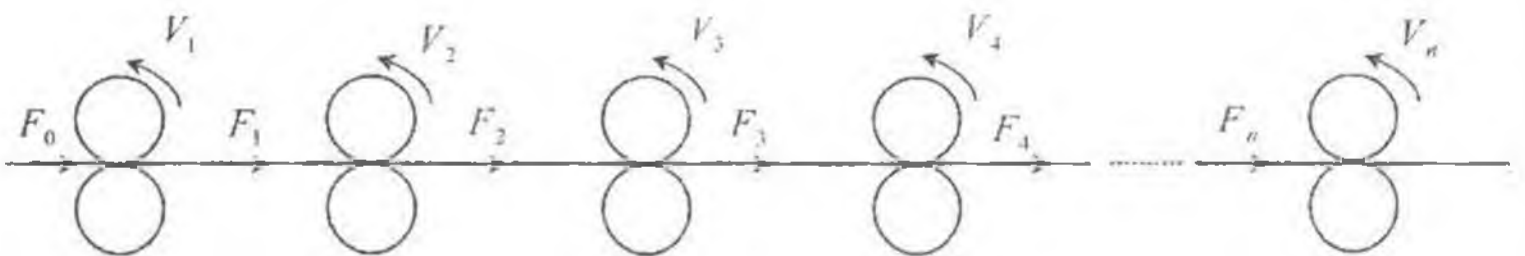


Рис. 1. Спрощена схема стрічкопровідної системи

На вхід перших циліндрів подається натягнута стрічка з натягом  $F_0$ , як послідовно переміщується через послідовність стрічкопровідних циліндрів

При побудові математичної моделі натягу стрічкопровідної системи при нестационарному режимі зробимо такі основні припущення [5, 7, 8]:

розтяг матеріалу відбувається у межах пружної деформації, яка є лінійною;

швидкість руху стрічкопровідних циліндрів є однаковою і може змінюватися у широких межах;

немає проковзування стрічкового матеріалу в зонах контакту ведучих пар циліндрів;

основними збуреннями є натяг стрічки на вході ділянки і приріст швидкості руху стрічки;

нехтуємо вагою стрічки та її аеродинамічними властивостями на ділянках;

ігноруємо масу стрічкопровідних циліндрів.

Якщо лінійна швидкість руху стрічки є сталою, тоді натяг стрічки на  $i$ -тій ділянці описується відомим лінійним диференціальним рівнянням натягу [5, 9]:

$$T \frac{dF}{dt} + F_i = F_{0i} + K_v \Delta V_i, \quad (1)$$

де  $F_i$  — натяг стрічки на вході ділянки,  $F_{0i}$  — збурення натягу на вході ділянки,  $\Delta V_i$  — приріст швидкості стрічки на ділянці, зумовлений різними збуреннями,  $K_v$  — коефіцієнт передачі ділянки стрічки за швидкістю,  $T$  — стала часу ділянки стрічки (час проходження стрічкою шляху між двома парами стрічкопровідних циліндрів).

Якщо віддаль між циліндрами є постійною, то стала часу ділянки стрічки обернено пропорційна до швидкості:

$$T = \frac{L}{V}, \quad (2)$$

де  $L$  — віддаль між циліндрами,  $V$  — лінійна швидкість стрічки.

Під час розгону машини, швидкість стрічки може змінюватись у широких межах. Наприклад, при запуску машини швидкість стрічки змінюється від нуля до номінальної. Тоді згідно з виразом (2) стала часу ділянки змінюватиметься від безмежності до номінальної сталої часу. Така велика зміна сталої часу ділянок безумовно буде впливати на динаміку стрічкопровідної системи, що обумовлює розгляд стрічкопровідної системи як об'єкта зі змінними параметрами.

Коефіцієнт передачі ділянки стрічки за швидкістю:

$$K_v = \frac{E_c}{V}, \quad (3)$$

де  $E_c$  — пружність стрічки в поздовжньому напрямку.

Отже, стрічкопровідна система має два параметри ( $T$  і  $K_v$ ), які залежать від швидкості, що обумовлює її розгляд як об'єкта зі змінними параметрами (нестационарного об'єкта) при розгоні машини до робочої швидкості.

На основі теорії нестационарних систем управління [3, 10], припустивши, що стала часу ділянки і коефіцієнт передачі є змінними у часі параметрами за виразом (1), опишемо довільну ділянку стрічкопровідної системи, як нестационарний об'єкт, за допомогою диференціального рівняння у повних похідних вигляду:

$$T(t) \frac{dF_i}{dt} + F_i = F_{0i} + K_v(t) \Delta V_i, \quad (4)$$

де функція  $T(t)$  та  $K_v(t)$  і її похідні є неперервними.

Спочатку розглянемо аналіз окремої ділянки стрічки зі змінними параметрами при детермінованих діях, який зводиться до розв'язку диференціального рівняння (4) зі змінними коефіцієнтами [1, 2].

Розділивши рівняння (4) на  $T(t)$ , одержимо:

$$\frac{F_i}{T(t)} = a(t)(F_{0i} + F_i) + \frac{E_c}{L} \Delta V_i, \quad (5)$$

де  $a(t) = \frac{1}{T(t)}$  — змінний у часі коефіцієнт.

Характеристичне рівняння (5) має корінь:

$$\alpha(t) = a(t). \quad (6)$$

Звідси корінь  $\alpha(t) = a(t)$ .

Розв'язок однорідного рівняння при початкових умовах  $t_0 = 0$ ,  $F(0) = F_0$  [1, 2]:

$$F(t) = F_0 \exp\left(\int_0^t a(t) dt\right). \quad (7)$$

При  $F_0 = 1$  одержимо нормований фундаментальний розв'язок:

$$\Phi(t, 0) = \exp\left(\int_0^t a(t) dt\right). \quad (8)$$

Розв'язок рівняння за наявності збурень:

$$F(t, 0, F_0) = \exp\left(\int_0^t a(t) dt\right) \left[ F_0 + \int_0^t \frac{E_c}{L} \Delta V(\tau) \exp\left(-\int_0^{\tau} a(\tau) d\tau\right) d\tau \right]. \quad (9)$$

Інтеграл береться в квадратурах тільки в окремих випадках при простих виразах для функцій  $a(t)$  і  $\Delta V(t)$ . Отож у теорії автоматичного управління для аналізу нестационарних систем зазвичай використовують методи, основані на аналоговому і цифровому моделюванні [3, 10]. Для зручності подальших викладок запишемо диференціальне рівняння (4) в операторній формі, звідки одержимо розв'язок в операторному вигляді:



$$F_i(t)F_p = \frac{1}{T(t)^{p+1}} [F_{0i} + K_v(t)/\Delta V_i], \quad (10)$$

де  $p$  — символ диференціювання.

Для спрощення задачі приймаємо, що натяг  $F_{0i}$  і приріст швидкості  $\Delta V_i$  тільки на вході стрічкопровідної системи. Надаючи  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  із (10) одержимо рівняння натягу стрічкопровідної системи в операторному вигляді:

$$\begin{aligned} F_1(t) &= \frac{1}{T(t)^{p+1}} [F_{012} + K_v(t)\Delta V_1] \\ F_2(t) &= \frac{1}{(T(t)^{p+1})^2} [F_{01} + K_v(t)\Delta V_1] \\ F_3(t) &= \frac{1}{(T(t)^{p+1})^3} [F_{01} + K_v(t)\Delta V_1] \\ &\dots\dots\dots \\ F_n(t) &= \frac{1}{(T(t)^{p+1})^n} [F_{01} + K_v(t)\Delta V_1] \end{aligned} \quad (11)$$

Аналогічно можна записати систему рівнянь за наявності збурень на інших ділянках.

Відповідно до символної алгебри [10], систему рівняння у символному вигляді (11) можна подати структурною схемою, у якій паралельно можна враховувати наявність змінних параметрів (2) і (3), які є функцією часу (змінною швидкості в часі), що зручно для цифрового моделювання.

Аналітичний розв'язок системи диференціальних рівнянь стрічкопровідної системи (11) є складним і немодним. Простіше цю задачу можна вирішити шляхом цифрового моделювання. Складання і налагодження програми для цифрового моделювання стрічкопровідної системи у нестационарному режимі роботи є трудомістким і вимагає відповідного рівня програмування. Для спрощення цієї задачі пропонується її розв'язувати методом комп'ютерного симулювання за допомогою програмного пакета MATLAB-Simulink, у якому використано останні досягнення в галузі обчислювальної техніки і програмування. Він використовує мову високого рівня, у якій реалізується принцип об'єктно-орієнтованого (візуального) програмування, відповідно до якого користувач на екрані монітора з бібліотеки операційних блоків у вікні моделі створює графічну модель, за якою здійснюється комп'ютерне симулювання.

На основі вищевикладеного за системою диференціальних рівнянь (11) з урахуванням змінних у часі параметрів (2) і (3) у Simulink побудовано симулятор стрічкопровідної системи зі змінними параметрами. Вікно симулятора для чотирьох ділянок зображено на рис. 2.

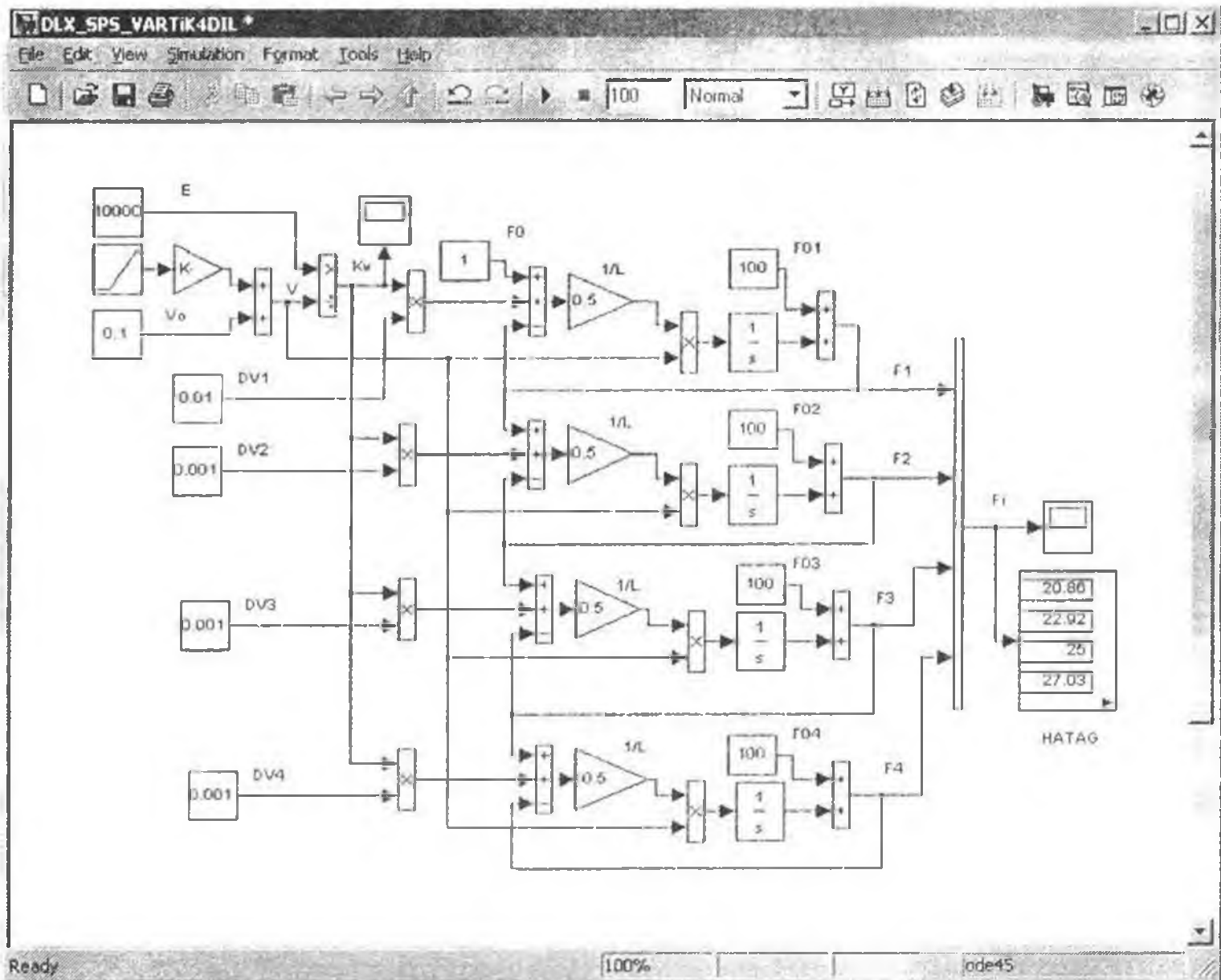


Рис. 2. Вікно симулятора стрічкопровідної системи зі змінними параметрами

Для побудови симулятора використано операційні блоки інтегрування, множення і додавання. Блоки Constant задають натяг стрічки  $F_{01}$  ділянок, прирости (збурення)  $\Delta V$  на входах ділянок і на початкову швидкість руху стрічки  $V_0$ . Блок Ramp задає потрібний темп розгону стрічкопровідної системи  $V(t) = a \cdot t$ . Довжина ділянок стрічки  $L$  задається у діалогових вікнах блоку Gain. Візуалізація результатів симулювання здійснюється блоками Score і Display.

Зліва у верхній частині симулятора складено схему, яка формує змінну у часі швидкість  $V(t)$  і змінний у часі коефіцієнт передачі ділянок за швидкістю  $K_v(t)$ .

Метою комп'ютерного симулювання є ілюстрування запропонованого методу аналізу динаміки натягу стрічки на ділянках у нестационарному режимі за наявності ступеневого збурення швидкості  $\Delta V$  на вході стрічкопровідної системи.

Для прикладу здійснювали комп'ютерне симулювання натягу стрічки на ділянках при розгоні зі сталим прискоренням (лінійно наростаюча швидкість)  $V(t) = V_0 + at$ . Задавали такі дані — довжина ділянки стрічки  $L = 2$  м, жорсткість стрічки  $E = 10000$  Н, початкова швидкість —  $V_0 = 0.1$  м/с,

приріст швидкості стрічки на вході  $\Delta V = 0,01$  м/с. Перша серія результатів симулювання подано на рис. 3. у вигляді залежності коефіцієнта передачі ділянки стрічки за швидкістю від часу для трьох різних темпів наростання швидкості  $a = 0.01, 0.02, 0.05$  м/с.

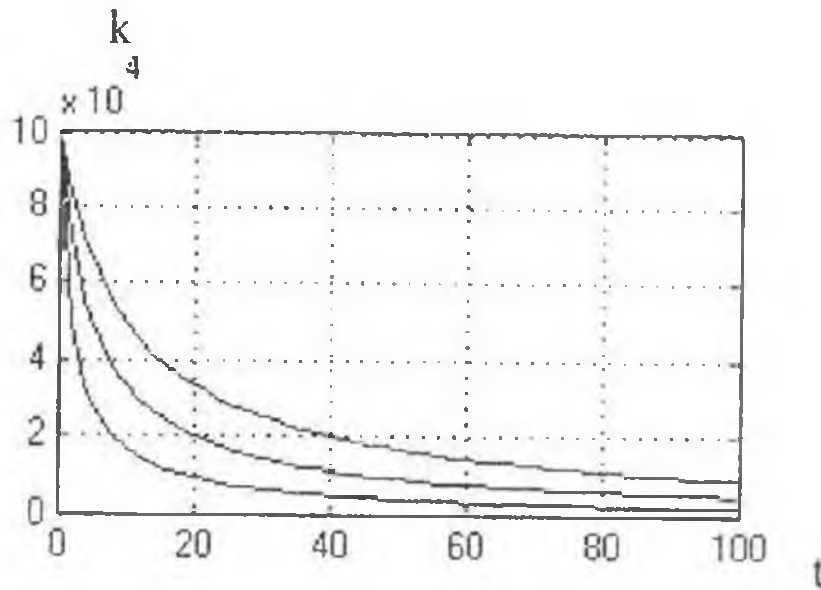


Рис. 3. Залежність коефіцієнта передачі ділянки стрічки за швидкістю для різних темпів наростання швидкості

При збільшенні темпу наростання швидкості стрічки крива коефіцієнта передачі зміщується донизу, тобто коефіцієнт передачі зменшується. Його початкове значення становить  $10^4$  Н / м/с з часом розгону змінюється до номінального значення  $K_v = E/V_v$ . Максимальне значення коефіцієнта передачі залежить від початкової швидкості стрічки  $K_{v \max} = E/V_0$ .

Результати другої серії симулювання подано на рис. 4. у вигляді перехідних характеристик натягу стрічки на ділянках при ступеневій дії приросту швидкості  $\Delta V = 0.01$  Н/с з темпом наростання швидкості  $a = 0.05$  м/с.

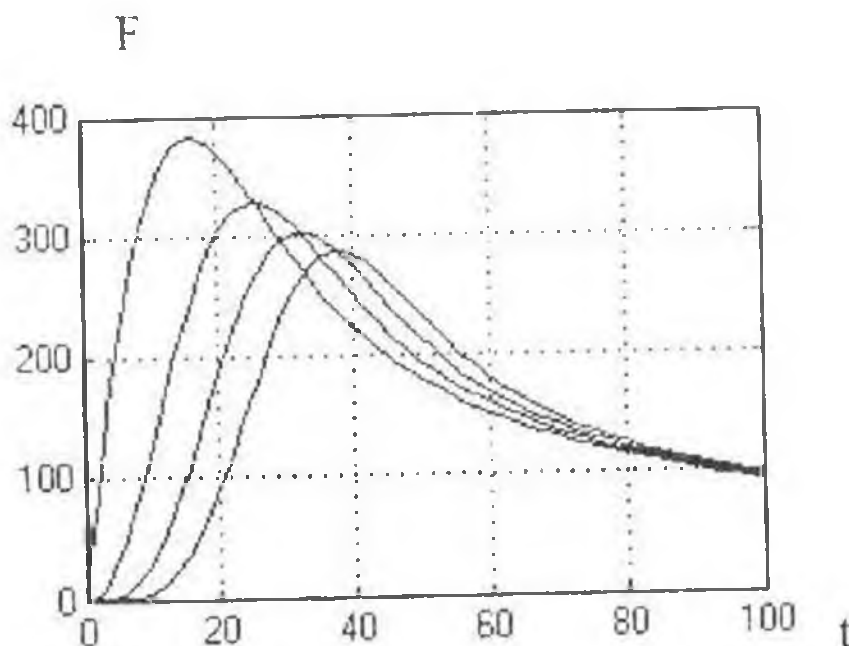


Рис. 4. Перехідні характеристики натягу стрічки на ділянках при темпі наростання швидкості  $a = 0.05$  м/с



Як видно з рисунка, перехідні характеристики натягу стрічки на ділянках мають велике перерегулювання. Спочатку натяг стрічки стрімко наростає, досягає свого максимального значення і поступово прямує до усталеного значення, яке залежить від величини робочої швидкості:

$$F_i = K_v(t)\Delta V = \frac{E}{V_p} \Delta V. \quad (12)$$

Максимальне відхилення натягу  $\epsilon$  на першій ділянці, яке поступово зменшується на наступних ділянках і складає 382.4, 328.2, 303.4, 286.7 Н.

Далі досліджували вплив величини темпів наростання швидкості на перехідні характеристики стрічкопровідних ділянок. Результати комп'ютерного симулювання у вигляді перехідних характеристик натягу стрічки на ділянках при темпі наростання швидкості  $\alpha = 0.05$  м/с зображено на рис. 5.

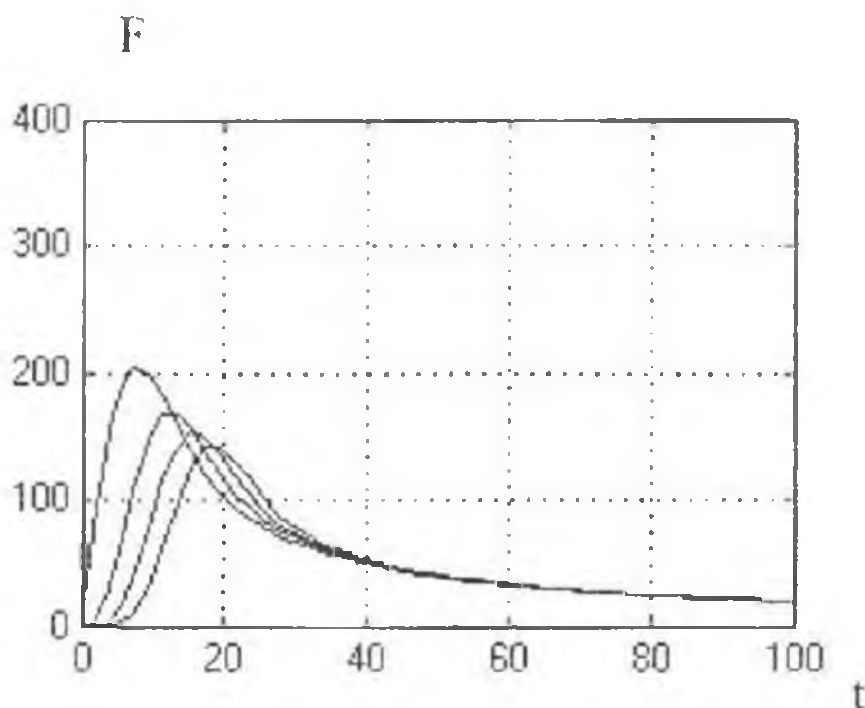


Рис. 5. Перехідні характеристики натягу стрічки на ділянках при темпі наростання швидкості  $\alpha = 0.05$  м/с

Порівнюючи рисунки 4 і 5 робимо висновок, що темп наростання швидкості значно впливає на динаміку стрічкопровідної системи. Збільшення темпу наростання швидкості приводить до збільшення швидкості стрічкопровідної системи і зменшення амплітуди перерегулювання натягу, яке поступово зменшується на наступних ділянках і складає 205, 169.5, 153.5, 143.0 Н. Отже, що меншим є темп наростання швидкості, то більшою буде амплітуда максимального відхилення натягу стрічки на ділянках стрічкопровідної системи.

З досвіду експлуатації рулонних друкарських машин відомо, що при пуску і виведенні на робочу швидкість машини доволі часто можуть бути обриви стрічкового матеріалу. Однією із причин обриву стрічки може бути

збільшення інерційності стрічкопровідної системи і значні збільшення амплітуди натягу обумовленої нестационаристю стрічкопровідної системи при розгоні машини.

Отже, стрічкопровідні системи ротаційних машин є складними системами, параметри яких залежать від швидкості роботи, зміна якої значно впливає на їх динамічні властивості при пуску машини і розгоні до робочої швидкості. Існуючі математичні моделі стрічкопровідних систем побудовані за умови, що швидкість руху стрічки є постійною, тому неадекватно описують динаміку натягу стрічки при запуску і розгоні машини, що обмежує їх можливості при аналізі і синтезі ефективних систем управління ними. Отож виникає актуальна проблема побудови математичної моделі натягу стрічки у нестационарному режимі роботи. Запропоновано математичну модель стрічкопровідної ділянки з урахуванням зміни коефіцієнта передачі ділянок за швидкістю сталої часу при нестационарному режимі роботи, на основі системи диференціальних рівнянь у повних похідних записаних у символьному вигляді, зручних для цифрового моделювання. Побудовано симулятор стрічкопровідної системи зі змінними параметрами, який здійснює моделювання і візуалізацію натягу стрічки на ділянках та інших параметрів і змінних, що є зручним для широкого аналізу і практичних застосувань. Результати комп'ютерного симулювання подані у вигляді перехідних характеристик натягу стрічки на ділянках для різних темпів наростання швидкості стрічки, показали, що динамічні властивості стрічкопровідної ділянки у нестационарному режимі роботи у значній мірі кількісно і якісно відрізняються від її властивостей у стаціонарному режимі роботи. Побудовану модель нестационарної стрічкопровідної системи можна використати для розробки ефективних адаптивних систем автоматичного управління.

1. Алферов С. М. О приближенном интегрировании линейных дифференциальных уравнений с переменным коэффициентом / С. М. Алферов // Вопросы теории автоматического регулирования. — М. : Оборонгиз, 1956. — С. 25–34.
2. Василенко В. А. Инвариантные оптимальные линейные системы с переменными параметрами / В. А. Василенко // Автоматическое управление и вычислительная техника. — М. : Машгиз, 1961. — Вып. 4. — С. 258–268.
3. Д'Анжело Г. Линейные системы с переменными параметрами. Анализ и синтез (Пер. с англ.) / Г. Д'Анжело. — М. : Машиностроение, 1974. — 288с.
4. Гульятев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: учеб. курс. / А. Гульятев — СПб : Питер, 2000. — 432с.
5. Дурняк Б. В. Стрічкопровідні системи рулонних ротаційних машин. Моделювання і управління / Б. В. Дурняк. — К. : Атака, 2002. — 292 с.
6. Дурняк Б. В. Математична модель нестационарної стрічкопровідної ділянки / Б. В. Дурняк, М. М. Луцків, І. М. Хмельницька // Поліграфія і видавнича справа. — Львів: Укр. акад. друкарства — № 2 (48). — 2008. — С. 123–131.
7. Дурняк Б. В. Математичне моделювання і реалізація систем керування стрічкопровідними системами / Б. В. Дурняк, О. В. Тимченко. — К. : Видавничий центр «ПРОСВІТА», 2003. — 232 с.
8. Луцків М. М. Системи автоматичного керування ротаційними машинами / М. М. Луцків. — Львів: Укр. акад. друкарства, Фенікс, 2000. — 152 с.
10. Техническая кибернетика. Теория автоматического регулирования. — М. : Машиностроение, 1989. — Кн. 3. — Ч. 1. — 602 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛЕНТОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

*Рассматривается задача построения математической модели натяга лентопроводной системы при наличии прироста скорости на входе участков в нестационарном режиме работы обусловленного изменением скорости ленты в широких пределах, поданы результаты компьютерной симуляции.*

## MATHEMATICAL MODEL OF STRICHKOPROVIDNOY OF SYSTEM IS AT NON-STATIONARY OFFICE HOURS

*The task of construction of mathematical model of natyagou of the ribbonconductin gsystem is examined at presence of increase of speed on the entrance of areas in the unstationary mode of operations of conditioned by the change of speed of ribbon in wide scopes, represented results of computer simulation.*

*Стаття надійшла 29.09.09*

УДК 004.4'232

*О. В. Овсяк*

*Львівська філія Київського національного університету  
культури і мистецтв*

## ГРАМАТИКА ОПИСУ ФУНКЦІЙНИХ УНІТЕРМІВ

*Подано синтаксис і семантику опису функційних предметних унітермів.*

У класичній та розширеній алгебрі алгоритмів [2–4; 6] розрізняються абстрактні та предметні унітерми. Абстрактні використовуються для синтезу абстрактних алгоритмів. Їх побудова є доцільною з погляду на те, що ними віддзеркалюються складові алгоритмів, а порівняно з моделями абстрактних алгоритмів, вони є компактнішими і над ними легше виконувати маніпуляції, наприклад, тотожні перетворення з метою мінімізації. В абстрактних алгоритмах за кількістю операцій елімінувань і циклів та їхньою композицією можлива оцінка складності алгоритмів. У сучасних об'єктно-орієнтованих мовах програмування, наприклад С# [1, 5], уведено абстрактні та віртуальні методи — складові, які у кожній конкретній ситуації наповнюються потрібним змістом, що забезпечує більшу структурованість і гнучкість програмного коду. Однак для підвищення рівня автоматизації генерування комп'ютерного коду потрібно здійснити перехід від абстрактних до предметних (змістовних) унітермів. Отож у роботі вперше розглядається одна із можливих моделей побудови змістовних унітермів, з яких і буде здійснено генерування програмного коду.