

Значення частот власних коливань

l_1	l_4	1	2	3	4	5	6	7
25	550	0,08116	0,2142	0,8207	1,214	3,396	6,773	10,15
50	525	0,08256	0,1804	0,8212	1,025	3,557	7,095	10,64
100	475	0,08528	0,1445	0,8222	0,920	3,930	7,841	11,76
150	425	0,08735	0,1265	0,8233	0,8843	4,391	8,763	12,42
200	375	0,08759	0,1184	0,8244	0,8678	4,975	9,315	9,930
250	325	0,08512	0,1180	0,8252	0,8603	5,738	7,455	11,46
300	275	0,08110	0,1231	0,8253	0,8590	6,214	6,779	12,41
350	225	0,07690	0,1322	0,8248	0,8635	5,328	8,283	10,64
400	175	0,07301	0,1459	0,8238	0,8753	4,664	9,309	10,65
450	125	0,06954	0,1664	0,8227	0,8999	4,147	8,276	12,41
500	75	0,06647	0,2003	0,8216	0,9593	3,734	7,449	11,17
550	25	0,06375	0,2692	0,8207	1,230	3,395	6,772	10,15

1. Бабаков И.М. Теория колебаний. – М.: Наука, 1968. 2. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1972. 3. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. – М.: Физматгиз, 1959. 4. Хаджиков Р.Н. Горная механика. – М.: Недра, 1982.

УДК 681.624.

М.І. ВЕРХОЛА

МОДЕЛЬ КОЛОВОГО І ОСЬОВОГО РОЗКОЧУВАННЯ ФАРБИ ТА ЇЇ РЕЛЬЄФІВ ФАРБОВОЮ СИСТЕМОЮ З ЧОТИРМА НАКОЧУВАЛЬНИМИ ВАЛИКАМИ

© Верхола М.І., 2004

The mathematical model is designed and is building the signal graph of a circle and axial hot-rolled breakdown of colour and contours, that are constructed by a printed form of the colourful system with four rolling cylinders.

Постановка проблеми

У фарбових апаратах, які є важливою складовою друкарських машин, відбувається розкочування порцій фарби, що дискретно надходять від фарбоживильного пристрою і при тому в різних зонах, вздовж твірної дукторного циліндра, можуть мати різну товщину.

До складу фарбового апарата, крім подаючої системи, входять розкочувальна та накочувальна групи фарбових валиків і циліндрів. Окремі з них, так звані розтиральні циліндри, крім обертового руху, здійснюють осьове переміщення, що приводить до перемішування відносно незалежних сусідніх потоків фарби, які формуються при зональній (смуговій) подачі. Група накочувальних валиків здійснює нанесення фарби на друкарську форму [1].

Під час передачі фарби остання сприймається тільки друкуючими елементами, а ділянки шару фарби, що контактують з пробільними елементами, залишаються на накочувальних валиках, створюючи відповідну структуру рельєфу, яку потрібно вирівняти, тобто під час роботи виникають додаткові технологічні збурення, характер яких визначається видом друкованої продукції і які негативно впливають на роботу фарбової системи.

Підвищення вимог до якості друкованої продукції вимагає створення і більш ефективних схем фарбових апаратів. Вирішення цієї проблеми можливе лише за умови розвитку методів аналізу та синтезу фарбових систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останніми роками ведеться активна наукова робота з моделювання та дослідження фарбових апаратів друкарських машин в Українській академії друкарства. У роботах [2, 3] запропоновано математичні моделі та на їх основі розроблені програми для комп'ютерного моделювання і дослідження процесу розкочування і передачі фарби на стрічку складовими фарбового апарата машини високого і офсетного друку. В [4, 5] подано математичні моделі процесу колового і осьового розкочування фарби розкочувальними групами різної структури. Побудовано сигнальні графи, які наочно відображають взаємний вплив смуг при осьовому розкочуванні фарби. За графами отримані залежності товщини шару фарби в зонах від місцевої подачі при осьовому розкочуванні.

Створені математичні моделі та сигнальні графи в роботах [6, 7] описують колове і осьове розкочування фарби в послідовних фарбових системах з розтиральними циліндром. На основі моделей розроблено програми для моделювання та аналізу процесів, що перебігають у фарбових системах за допомогою ЕОМ. Отримано графічні залежності, що відображають вплив на товщину шару фарби у відповідних зонах відбитка, траєкторії руху розтирального циліндра при різних завданнях та ін.

У згаданих вище роботах практично не приділяється увага впливу збурення, що передається зі сторони форми, тобто дії рельєфів, які генеруються на накочувальних валиках на процес розкочування і передачі фарби на матеріал.

Постановка задачі

Процеси, що перебігають у фарбових апаратах друкарських машин, є досить складними, через що провести експериментальні дослідження з метою виявлення впливу тих чи інших факторів на якість роботи фарбової системи практично неможливо. Тому вплив збурення зі сторони формного циліндра із закріпленою на ньому формою на рівномірність товщини шару фарби на відбитку пропонується досліджувати за допомогою комп'ютерної техніки, що вимагає розробки відповідних моделей та програм.

Математична модель та сигнальний граф фарбової системи

Часткове розв'язання задачі аналізу процесів, що перебігають у фарбовому апараті, пропонується тут на прикладі фарбової системи з чотирма накочувальними валиками, зображений на рис. 1. Рівномірний за товщиною шар в межах окремої зони (смуги) товщина шару фарби, якої задається у фарбоживильному пристрої, подається на перший валик і далі розкочується внаслідок послідовного накладання шарів фарби при вході в зони контакту валиків і циліндрів та розщеплення сумарного шару при виході з неї та наступної передачі із зміщенням внаслідок того, що валики і циліндри мають різні діаметри. Нанесення заданого шару фарби на друкуючі елементи форми здійснюється валиками 4, 5, 8, 10. Розтиральні циліндри 2 і 9 здійснюють обертовий і одночасно зворотно-поступальний рух в осьовому напрямку, що спричиняє колове і осьове розкочування фарби. Формний циліндр із закріпленою формою під час обертання передає фарбу елементами, що її сприймають на певний матеріал, або офсетний циліндр.

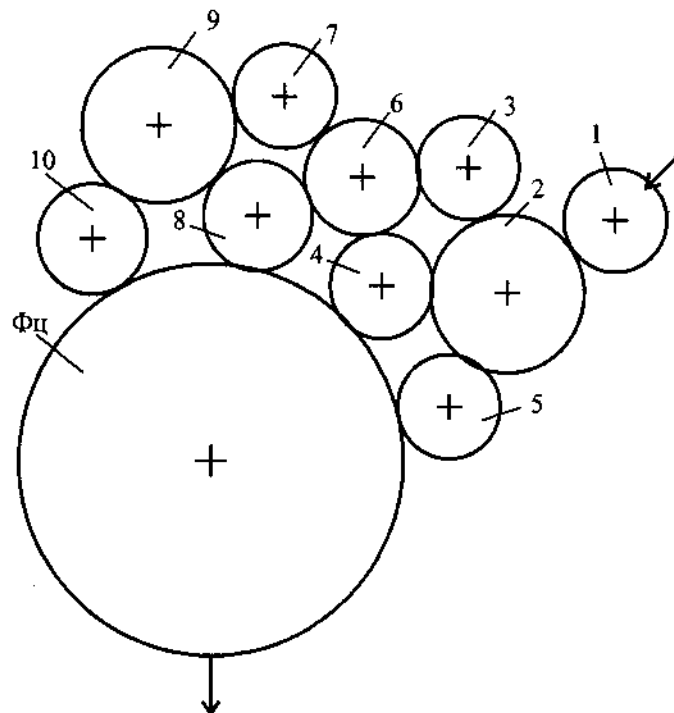


Рис. 1. Схема фарбової системи з чотирма накочувальними валиками

Під час розроблення математичної моделі робимо такі припущення: колові (лінійні) швидкості валиків і розтиральних циліндрів однакові і дорівнюють коловій швидкості формного циліндра; діаметри валиків і циліндрів – різні; діаметр формного циліндра задається з врахуванням товщини форми; довжина кіл елементів фарбової системи розділена на ціле число умовних одиниць; поверхні фарбових валиків і форми умовно розділені на смуги, кількість яких дорівнює кількості позицій регулювання у фарбоживильному пристрої; ширини смуг дорівнюють ширині зони регулювання; величина осевого ходу розтиральних циліндрів не перевищує ширини зони; структура рельєфу, що наноситься на накочувальні валики для кожної зони, визначається відповідними ділянками друкарської форми, тобто формувачами рельєфів; збурення, що спричиняються ділянками розтиральних циліндрів, які виходять в осевому напрямку за межі сусідніх валиків, враховуються через введення додаткових зон; розрахунок товщини шарів фарби проводиться для середньої лінії відповідної зони.

Врахувавши викладені припущення і використавши відому модель колового [8] і осевого розкочування фарби [7], подані в операторній формі запису, та врахувавши рельєфи, що можуть створюватися формою для представлення j -ї зони, можна скласти систему рівнянь, яка б описувала розкочування фарби та її рельєфів, створених формою у фарбовій системі з чотирма накочувальними валиками.

За схемою фарбової системи (рис.1) складено систему рівнянь, яка описує розкочування і передачу фарби від джерела живлення до матеріалу, що задруковується

$$\begin{aligned}
 x_1^j(z) &= R_1^j(z)x_2^j(z) + P_0^j(z)h_0^j(z); \\
 x_2^j(z) &= P_1^j(z)x_1^j(z) + R_2^j(z)x_5^j(z) + G_{25}^{j(j-1)}(z)x_5^{j-1}(z) + G_{25}^{j(j+1)}(z)x_5^{j+1}(z); \\
 x_3^j(z) &= P_2^j(z)x_2^j(z) + R_3^j(z)x_6^j(z) + G_{32}^{j(j-1)}(z)x_2^{j-1}(z) + G_{32}^{j(j+1)}(z)x_2^{j+1}(z); \\
 x_4^j(z) &= A_2^j(z)x_3^j(z) + R_4^j(z)x_{64}^j(z) + G_{43}^{j(j-1)}(z)x_3^{j-1}(z) + G_{43}^{j(j+1)}(z)x_3^{j+1}(z); \\
 x_5^j(z) &= B_2^j(z)x_4^j(z) + R_5^j(z)x_{\phi 5}^j(z) + G_{54}^{j(j-1)}(z)x_4^{j-1}(z) + G_{54}^{j(j+1)}(z)x_4^{j+1}(z);
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_6^j(z) &= P_3^j(z)x_3^j(z) + R_6^j(z)x_{64}^j(z); & x_{64}^j(z) &= A_4^j(z)x_{\phi 4}^j(z) + B_6^j(z)x_8^j(z); \\
 x_7^j(z) &= P_6^j(z)x_6^j(z) + R_7^j(z)x_9^j(z); & x_8^j(z) &= A_6^j(z)x_7^j(z) + R_8^j(z)x_{89}^j(z); \\
 x_9^j(z) &= P_7^j(z)x_7^j(z) + R_9^j(z)x_{89}^j(z) + G_{98}^{j(j-1)}(z)x_{89}^{j-1}(z) + G_{98}^{j(j+1)}(z)x_{89}^{j+1}(z); \\
 x_{89}^j(z) &= A_8^j(z)x_{\phi 8}^j(z) + A_9^j(z)x_{10}^j(z) + G_{810}^{j(j-1)}(z)x_{10}^{j-1}(z) + G_{810}^{j(j+1)}(z)x_{10}^{j+1}(z); \\
 x_{10}^j(z) &= P_9^j(z)x_9^j(z) + R_{10}^j(z)x_{\phi 10}^j(z) + G_{109}^{j(j-1)}(z)x_9^{j-1}(z) + G_{109}^{j(j+1)}(z)x_9^{j+1}(z); \\
 x_{\phi 4}^j(z) &= P_4^j(z)x_4^j(z) + P_{\phi}^j(z)x_{\phi 5}^j(z); & x_{\phi 5}^j(z) &= P_5^j(z)x_5^j(z) + R_{\phi}^j(z)x_{11}^j(z); \\
 x_{\phi 8}^j(z) &= P_8^j(z)x_8^j(z) + A_{\phi}^j(z)x_{\phi 4}^j(z); & x_{\phi 10}^j(z) &= P_{10}^j(z)x_{10}^j(z) + B_{\phi}^j(z)x_{\phi 8}^j(z); \\
 x_{11}^j(z) &= C_{\phi}^j(z)x_{\phi 10}^j(z); & h_c^j(z) &= P_c^j(z)x_{11}^j(z),
 \end{aligned} \tag{1}$$

де $x_i^j(z)$, $x_{i(i-2)}^j(z)$, $x_{i(i+1)}^j(z)$ – товщини шару фарби смуг у точках подачі, контакту валиків і циліндрів; $h_c^j(z)$ – товщина шару фарби смуг, що надходять від дукторного циліндра; $h_{\phi}^j(z)$ – товщина шару фарби смуг, що відбирається із формного циліндра; $P_{i10}^j(z)$ – оператор подачі смуг фарби, що подається на вхід фарбової системи від джерела живлення; $P_i^j(z)$, $A_i^j(z)$, $B_i^j(z)$, $R_i^j(z)$ – оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби в коловому напрямку для відповідних смуг; $P_{\phi}^j(z)$, $A_{\phi}^j(z)$, $B_{\phi}^j(z)$, $R_{\phi}^j(z)$ – оператори передачі фарби друкуючими елементами форми в напрямку до матеріалу, що задруковується та від нього; $P_c^j(z)$ – оператори передачі фарби з форми на матеріал; $G_{i(i-1)}^{j(j-1)}(z)$, $G_{i(i+2)}^{j(j-1)}(z)$, $G_{i(i+3)}^{j(j-1)}(z)$ – оператори передачі фарби між смугами при русі розтиральних циліндрів в осьовому напрямку праворуч; $G_{i(i-1)}^{j(j+1)}(z)$, $G_{i(i+2)}^{j(j+1)}(z)$, $G_{i(i+3)}^{j(j+1)}(z)$ – оператори передачі фарби між смугами при русі розтирального циліндра ліворуч ($j=1, 2, 3, \dots, n$).

Слід зазначити, що нижні бінарні індекси при операторі $G(z)$ показують напрям переміщення фарби в коловому напрямку між точками контактів валиків і циліндрів, а верхні – в осьовому напрямку між смугами.

Передачу фарби ділянками розтиральних циліндрів 2 і 9, які під час переміщення в осьовому напрямку ліворуч ($j=0$) і праворуч ($j=n+1$) виходять за межі решти валиків, можна описати такими рівняннями:

$$\begin{aligned}
 x_2^0(z) &= R_2^0(z)x_5^0(z) + G_{25}^{01}(z)x_5^1(z); & x_2^{n+1}(z) &= R_2^{n+1}(z)x_5^{n+1}(z) + G_{25}^{(n+1)n}(z)x_5^n(z); \\
 x_3^0(z) &= P_2^0(z)x_2^0(z) + G_{32}^{01}(z)x_2^1(z); & x_3^{n+1}(z) &= P_2^{n+1}(z)x_2^{n+1}(z) + G_{32}^{(n+1)n}(z)x_2^n(z); \\
 x_4^0(z) &= A_2^0(z)x_3^0(z) + G_{43}^{01}(z)x_3^1(z); & x_4^{n+1}(z) &= A_2^{n+1}(z)x_3^{n+1}(z) + G_{43}^{(n+1)n}(z)x_3^n(z); \\
 x_5^0(z) &= B_2^0(z)x_4^0(z) + G_{54}^{01}(z)x_4^1(z); & x_5^{n+1}(z) &= B_2^{n+1}(z)x_4^{n+1}(z) + G_{54}^{(n+1)n}(z)x_4^n(z),
 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 x_9^0(z) &= R_9^0(z)x_{89}^0(z) + G_{98}^{01}(z)x_{89}^1(z); & x_9^{n+1}(z) &= R_9^{n+1}(z)x_{89}^{n+1}(z) + G_{98}^{(n+1)n}(z)x_{89}^n(z); \\
 x_{89}^0(z) &= A_8^0(z)x_{10}^0(z) + G_{810}^{01}(z)x_{10}^1(z); & x_{89}^{n+1}(z) &= A_8^{n+1}(z)x_{10}^{n+1}(z) + G_{810}^{(n+1)n}(z)x_{10}^n(z); \\
 x_{10}^0(z) &= P_9^0(z)x_9^0(z) + G_{109}^{01}(z)x_9^1(z); & x_{10}^{n+1}(z) &= P_9^{n+1}(z)x_9^{n+1}(z) + G_{109}^{(n+1)n}(z)x_9^n(z),
 \end{aligned} \tag{3}$$

За системами рівнянь (1)–(3) побудовано сигнальний граф колового і осьового розкочування фарби у фарбовій системі з чотирма накочувальними валиками (рис. 2).

Головним вузлам відповідають товщини смуг фарби x_i^j в точках контактів валиків та циліндрів. Вхідними ділянками графа відповідають товщини смуг фарби h_{ϕ}^j , які надходять на перший валик розкочувальної групи, а вихідними – товщини смуг фарби h_c^j , які передаються на матеріал, що задруковується. Відрізки графа, що з'єднують між собою сусідні смуги, відображають оператори передачі фарби в осьовому напрямку, а всі інші відрізки, що з'єднують між собою головні вузли, відповідають операторам передачі фарби в коловому напрямку.

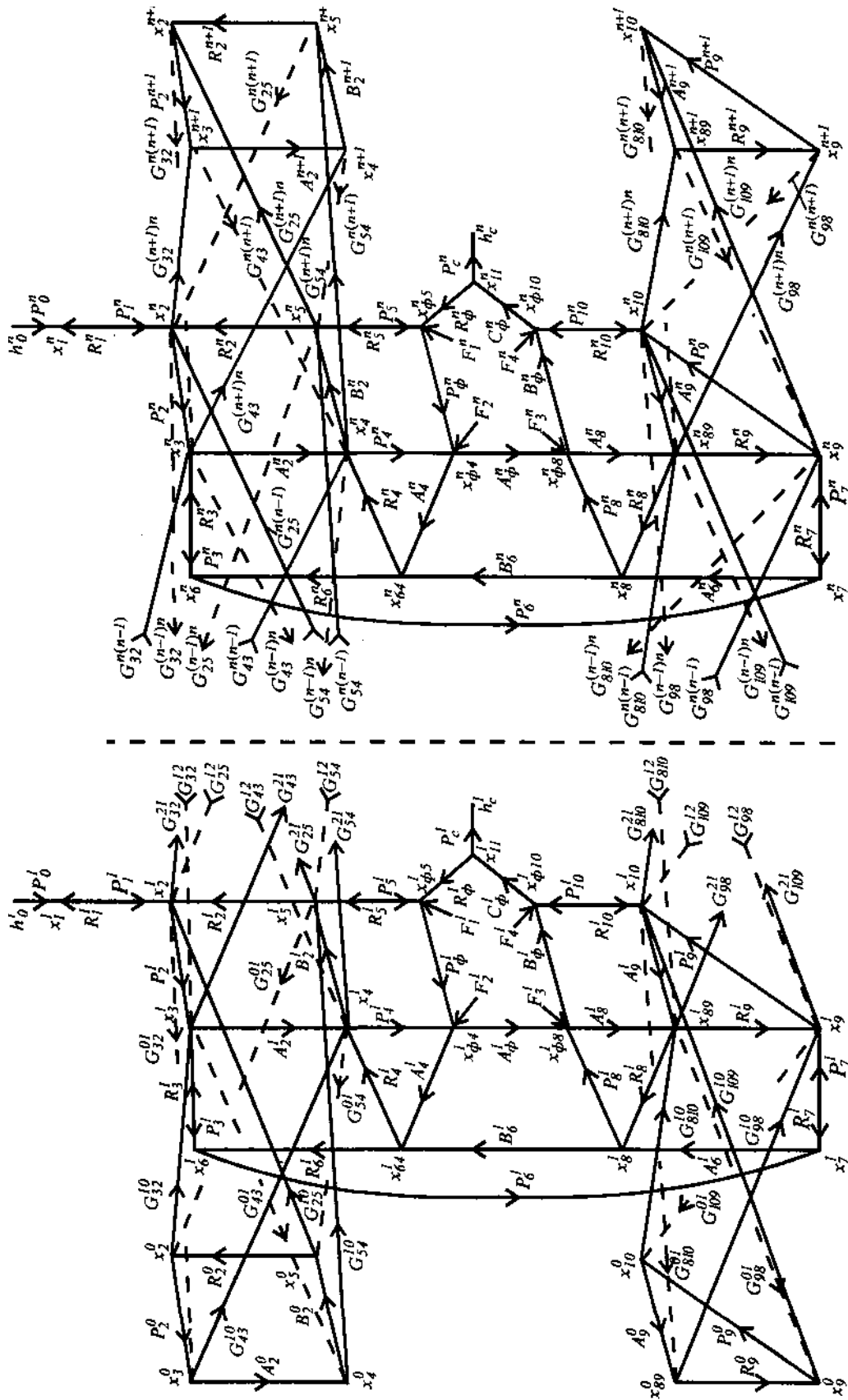


Рис. 2. Сигнальний граф колового і осьового розкошування фарби з чотирма накопичувальними валками

Оператори передачі фарби у фарбовій системі

Оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби в коловому напрямку можна подати, використавши результати роботи [7].

Оператори передачі потоків фарби в осьовому напрямку можна подати у такому вигляді:

$$\begin{aligned}
 G_{32}^{j(j-1)}(z) &= \alpha P_{2p}(z)z^{-P_2}; & G_{43}^{j(j-1)}(z) &= \alpha a_{2p}(z)z^{-a_2}; & G_{54}^{j(j-1)}(z) &= \alpha b_{2p}(z)z^{-b_2}; \\
 G_{25}^{j(j-1)}(z) &= \alpha r_{2p}(z)z^{-r_2}; & G_{32}^{j(j+1)}(z) &= \alpha P_{2l}(z)z^{-P_2}; & G_{43}^{j(j+1)}(z) &= \alpha a_{2l}(z)z^{-a_2}; \\
 G_{54}^{j(j+1)}(z) &= \alpha b_{2l}(z)z^{-b_2}; & G_{25}^{j(j+1)}(z) &= \alpha r_{2l}(z)z^{-r_2}; & G_{109}^{j(j-1)}(z) &= \alpha P_{9p}(z)z^{-P_9}; \\
 G_{810}^{j(j-1)}(z) &= \alpha a_{9p}(z)z^{-a_9}; & G_{98}^{j(j-1)}(z) &= \alpha r_{9p}(z)z^{-r_9}; & G_{109}^{j(j+1)}(z) &= \alpha P_{9l}(z)z^{-P_9}; \\
 G_{810}^{j(j+1)}(z) &= \alpha a_{9l}(z)z^{-a_9}; & G_{98}^{j(j+1)}(z) &= \alpha r_{9l}(z)z^{-r_9},
 \end{aligned}$$

де $\alpha P_{ip}(z), \alpha a_{ip}(z), \alpha b_{ip}(z), \alpha r_{ip}(z)$ – це змінні коефіцієнти передачі фарби із смуги (j-1) в смугу j при русі розтирального циліндра в осьовому напрямку праворуч; $\alpha P_{il}(z), \alpha a_{il}(z), \alpha b_{il}(z), \alpha r_{il}(z)$ – це оператори передачі фарби із смуги (j+1) в смугу j при русі циліндра ліворуч.

Оператори, що відображають осьове розкочування фарби, є змінними, характер змінних величин визначається характером руху розтирального циліндра.

У друкарських машинах розтиральний циліндр переміщається в осьовому напрямку за синусоїдальним законом. Враховуючи це та спираючись на підходи, запропоновані в роботі [8], величину осьового переміщення v_{oc2} твірної на поверхні розтирального циліндра (наприклад 2), що контактує з першим валіком при переміщенні циліндра в коловому напрямку до точки контакту з третім валіком, можна визначити так:

$$v_{oc2}(t) = x_{oc3}(t) - x_{oc2}(t) = x_{oc2}(t + tp_2) - x_{oc2}(t), \tag{4}$$

де tp_2 – час за який точка на поверхні розтирального циліндра пройде в коловому напрямку шлях Dp_2 , що відповідає довжині частини кола циліндра між точками його контакту з 1-м та 3-м валіками; x_{oc2} – координата шляху точки поверхні розтирального циліндра в осьовому напрямку.

Врахувавши характер руху розтирального циліндра, вираз (4) набере такого вигляду:

$$v_{oc2}(t) = \frac{v_{oc\max} 2}{2} \left[\sin\left(2\pi \frac{t + tp_2}{T_f}\right) - \sin\left(2\pi \frac{t}{T_f}\right) \right]. \tag{5}$$

Враховуючи те, що параметри циліндра та траєкторії руху задаються в умовних одиницях, і прийнявши, що переміщення на одну умовну одиницю фарбових валіків та циліндрів відбувається за одну умовну одиницю часу, визначимо оператор осьового розкочування фарби на ділянці між першим та третім валіками:

$$\alpha P_2(t) = \frac{v_{oc\max} 2}{2v_c} \left[\sin\left(\frac{2\pi}{T_f}(t + tp_2)\right) - \sin\left(\frac{2\pi}{T_f}t\right) \right], \tag{6}$$

де $v_{oc\max} 2$ – максимальний осьовий хід розтирального циліндра; T_f – час повного циклу роботи розтирального циліндра, який відповідає часу одного оберта формного циліндра, довжини кола якого дорівнює D_f умовних одиниць; v_c – ширина зони подачі фарби.

Визначимо коефіцієнти оператори осьового розкочування при переміщенні циліндра – (2) праворуч.

Прийmemo, що при русі циліндра праворуч $aP_{2p}(t) = aP_2(t) > 0$:

$$\alpha P_{2p}(t) = \frac{\sigma_{oc\max 2}}{2\sigma_c} \left[\sin\left(\frac{2\pi}{T_f}(t + tp_2)\right) - \sin\left(\frac{2\pi}{T_f}t\right) \right] \quad \text{при } 0 \leq t < (0,25T_f - 0,5tp_2);$$

$$\alpha P_{2p}(t) = 0 \quad \text{при } (0,25T_f - 0,5tp_2) \leq t < (0,75T_f - 0,5tp_2);$$

$$\alpha P_{2p}(t) = \frac{\sigma_{oc\max 2}}{2\sigma_c} \left[\sin\left(\frac{2\pi}{T_f}(t + tp_2)\right) - \sin\left(\frac{2\pi}{T_f}t\right) \right] \quad \text{при } (0,75T_f - 0,5tp_2) \leq t < T_f. \quad (7)$$

Коефіцієнти осьового розкочування, що при переміщенні циліндра ліворуч $aP_{2l}(t) = aP_2(t) < 0$:

$$\alpha P_{2l}(t) = 0 \quad \text{при } 0 \leq t < (0,25T_f - 0,5tp_2);$$

$$\alpha P_{2l}(t) = \frac{\sigma_{oc\max 2}}{2\sigma_c} \left[\sin\left(\frac{2\pi}{T_f}(t + tp_2)\right) - \sin\left(\frac{2\pi}{T_f}t\right) \right] \quad \text{при } (0,25T_f - 0,5tp_2) \leq t < (0,75T_f - 0,5tp_2);$$

$$\alpha P_{2l}(t) = 0 \quad \text{при } (0,75T_f - 0,5tp_2) \leq t < T_f. \quad (8)$$

Для зручності моделювання перейдемо до дискретної форми представлення коефіцієнтів осьового розкочування фарби, прийнявши $t = nT$ (де T – час, за який точка на поверхні розтирального циліндра чи будь-якого валика переміститься в коловому напрямку на одну умовну одиницю). Введемо відносний час переміщення шару фарби між точками контакту розтирального циліндра з 1 та 3-м валиками в коловому напрямку ($p_2 = tp_2/T$), а $(0,5tp_2/T = p'_2)$ відносний час циклу роботи розтирального циліндра ($d_f = T_f/T$); відносний час за який розтиральний циліндр досягає крайнього правого положення ($c_1 = 0,25T_f/T$), та крайнього лівого – ($c_2 = 0,75T_f/T$) за умови, що початкова фаза формного циліндра дорівнює нулю. Застосувавши дискретне перетворення Лапласа у формі z -перетворень [9] та врахувавши те, що розтиральний циліндр має періодичний характер руху, коефіцієнти осьового розкочування фарби можна подати так:

$$\alpha P_{2p}(z) = \frac{\sigma_{oc\max 2}}{2\sigma_c} \left[\frac{z \sin \omega T}{z^2 - 2z \cos \omega T + 1} ((\cos \omega p_2 - 1) - z^{-(c_1 - p'_2)} (\cos \omega (c_1 - p'_2) - 1) + \right.$$

$$\left. + z^{-(c_2 - p'_2)} (\cos \omega (c_2 - p'_2) - 1)) + \frac{z^2 - z \cos \omega T}{z^2 - 2z \cos \omega T + 1} (\sin \omega p_2 - z^{-(c_1 - p'_2)} \sin \omega (c_1 - p'_2) + \right.$$

$$\left. + z^{-(c_2 - p'_2)} \sin \omega (c_2 - p'_2)) \right] \frac{z^{d_f \cdot n}}{z^{d_f \cdot n} - 1};$$

$$\alpha P_{2l}(z) = \frac{\sigma_{oc\max 2}}{2\sigma_c} \left[\frac{z \sin \omega T}{z^2 - 2z \cos \omega T + 1} (z^{-(c_1 - p'_2)} (\cos \omega (c_1 - p'_2) - 1) - z^{-(c_2 - p'_2)} \times \right.$$

$$\left. \times (\cos \omega (c_2 - p'_2) - 1)) + \frac{z^2 - z \cos \omega T}{z^2 - 2z \cos \omega T + 1} (z^{-(c_1 - p'_2)} \sin \omega (c_1 - p'_2) - \right.$$

$$\left. - z^{-(c_2 - p'_2)} \sin \omega (c_2 - p'_2)) \right] \frac{z^{d_f \cdot n}}{z^{d_f \cdot n} - 1}, \quad (10)$$

де $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ – послідовність цілих чисел.

Аналогічним чином можна визначити z -перетворення для інших операторів осьового розкочування ($\alpha a_{ip}(z)$, $\alpha a_{il}(z)$, $\alpha v_{il}(z)$, $\alpha r_{ip}(z)$, $\alpha r_{il}(z)$).

Для моделювання потрібно, ще визначити оператори формування рельєфів фарби друкарською формою. Структура рельєфів, що генеруються формою, визначається конфігурацією зображень на формі. Враховуючи результати роботи [10], розгортку форми для текстового зображення j -й зоні можна подати так:

$$R_{\phi}^j[z] = [k_{p1}^j - k_{p1}^j z^{-a_1^j} + k_{p2}^j z^{-(a_1^j+b_1^j)} - k_{p2}^j z^{-(a_1^j+b_1^j+a_2^j)} + \dots + k_{p(n-1)}^j z^{-(a_1^j+b_1^j+\dots+a_{n-1}^j+b_{n-1}^j)} - k_{p(n-1)}^j z^{-(a_1^j+b_1^j+\dots+a_{n-1}^j+b_{n-1}^j+a_n^j)}] \frac{z}{z-1}, \tag{11}$$

де k_{pi}^j – коефіцієнт заповнення рядка в межах окремої зони; a_i^j – висота рядків; b_i^j – пробільні рядки в умовних одиницях.

Враховуючи, що друкування відбувається періодично на підставі теореми зміщення в області оригіналів і зображень [9], оператор передачі рельєфів фарби в точці контакту форми з валиком 5 можна подати так:

$$F_1(z) = \frac{R_{\phi 1}(z)}{(1 - z^{-\sum_{i=1}^n (a_i^j + b_i^j)})} = \frac{R_{\phi 1}(z)}{(1 - z^{-md_f})}. \tag{12}$$

Аналогічно можна визначити інші оператори передачі рельєфів фарби, що генеруються формою.

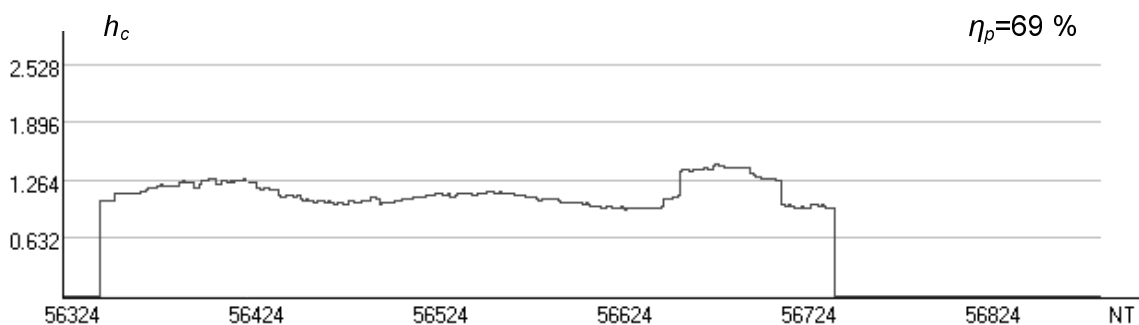
Результати моделювання

На основі викладеного вище розроблено програму цифрового моделювання процесів колового і осьового розкочування фарби та її рельєфів, що створюються друкарською формою. Фрагменти результатів моделювання зображені на рис. 3, рис. 4. Так, на рис. 3 подано графіки зміни товщини шару фарби на відбитку, отримані для фарбової системи, зображеної на рис.1 за таких умов: геометричні розміри її елементів відповідають розмірам десяти останніх фарбових валиків (циліндрів) та формному циліндру друкарської машини *GTO-52* фірми *Heidelberg*; форма суцільна; виймка для кріплення така сама, як в реальній машині; подача фарби дискретна з періодом, що відповідає часу одного оберта формного циліндра; ширина смужки фарби, що подається на вхід фарбової системи, дорівнює 1/10 довжини кола формного циліндра, а її товщина – 10 умовних одиниць; фарба подавалася у 7÷11 зони, якщо рахувати зі сторони виводу аркушів; кількість зон регулювання – 16; траєкторії руху розтиральних циліндрів задавались такими самими які вони мають в реальній машині.

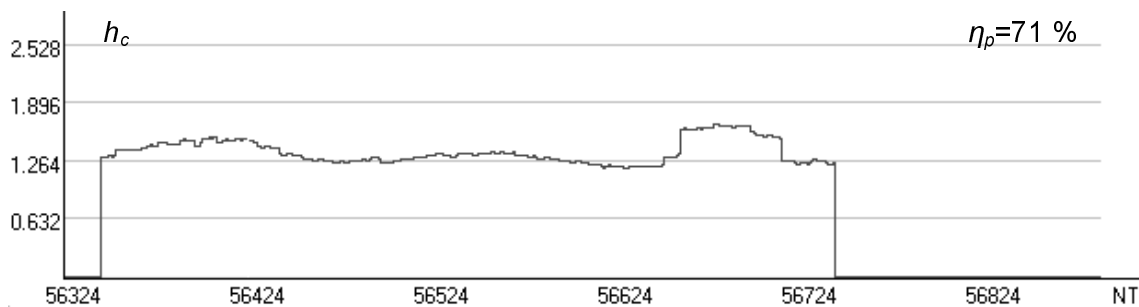
Як видно з графіків, найкраща рівномірність шару фарби отримується посередині відбитка, куди надходить фарба з виходу 9 зони (рис. 3, б). У той самий час рівномірність товщини шару фарби на відбитку, що передається із зони 7, становить $\eta_p=69\%$ (рис. 3, а), а із зони 11 – $\eta_p=64\%$ (рис. 3, в). Як бачимо, незважаючи на те, що товщина шару фарби в крайніх зонах відбитка є дещо меншою, ніж всередині, характер коливань практично зберігається, а рівномірність товщини шару фарби зменшується. Пік амплітуди товщини шару фарби на відбитку та його позиція залежить від режиму подачі фарби.

Змінимо форму: задамо друкуючі елементи на її поверхні у вигляді смуг, які чередуються з пробільними смугами в рівних пропорціях. Всі інші параметри завдання залишимо попередніми, крім товщини смуг фарби, що подаються на вхід. Для збереження балансу із зменшенням площі друкуючих елементів вдвічі, в стільки ж зменшимо і товщину порцій фарби, що надходять у фарбову систему.

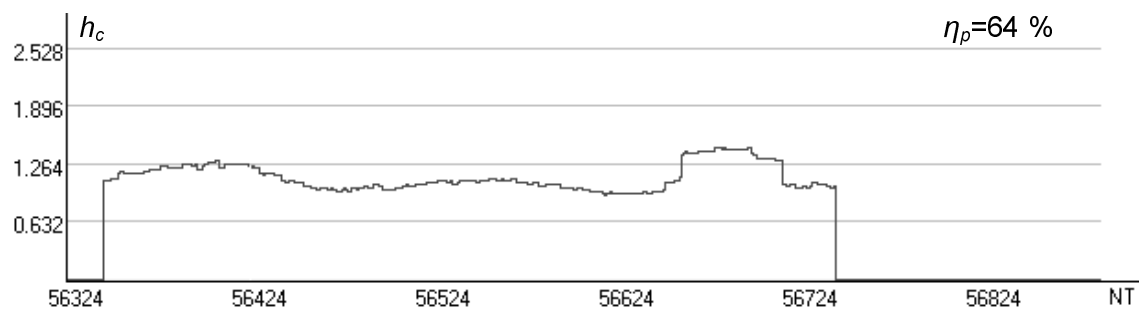
У результаті моделювання отримаємо графіки, подані на рис. 4. Як і в попередньому випадку найменші коливання товщини шару фарби на друкуючих елементах будуть в середній зоні відбитка ($\eta_p=81\%$), а в місцях, де фарба передається із крайньої лівої зони 7 (рис. 4, а), та правої 11 зони (рис. 4, в), рівномірність товщини шару фарби на відбитку однакова і становить 75 %.



a

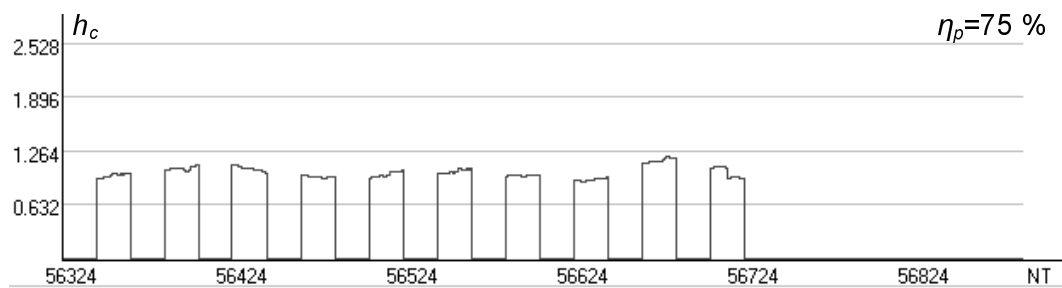


б

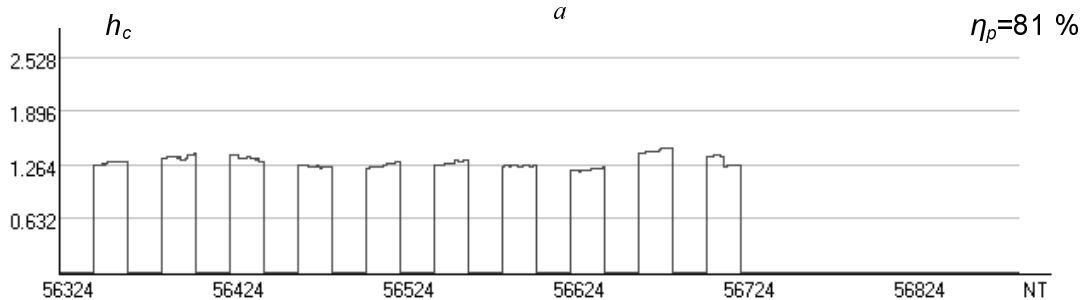


в

Рис. 3. Графіки зміни товщини шару фарби на відбитку, отримані із суцільної друкарської форми



a



б

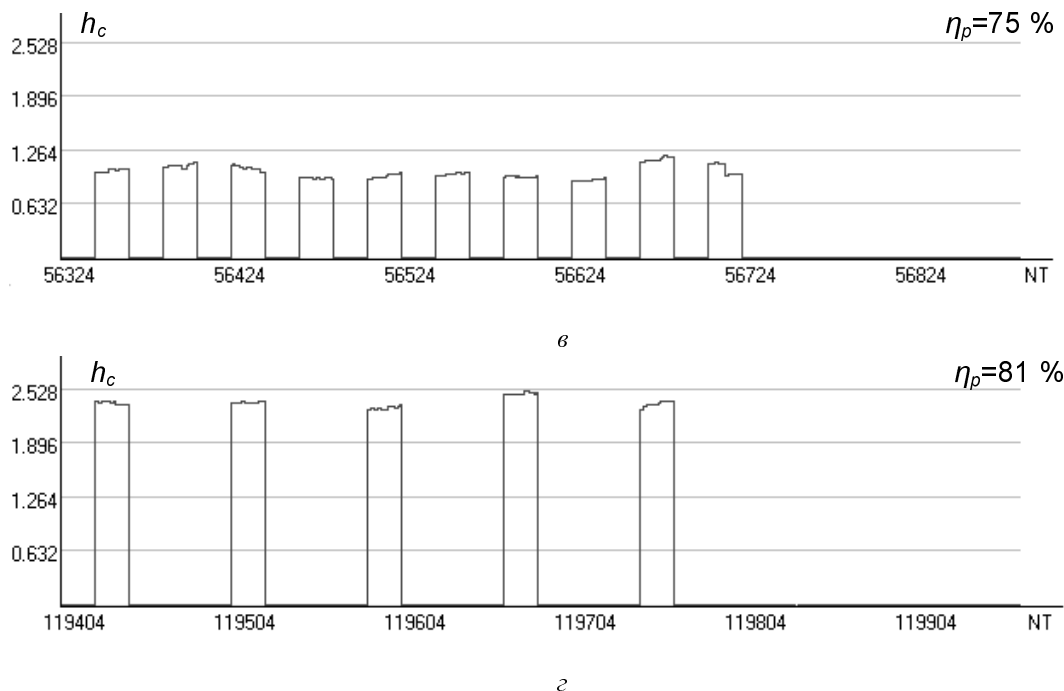


Рис. 4. Графіки зміни товщини шару фарби на відбитку, отримані із смугастої друкарської форми

Якщо змінити характер форми таким чином, що площа друкуючих елементів у вигляді поперечних смуг буде втричі меншою від площі пробільних, то при всіх інших однакових умовах для усталеного режиму, який приблизно буде вдвічі більший від попереднього випадку, отримаємо графік зміни товщини шару фарби посередині відбитка, який зображений на рис. 4, б. Рівномірність товщини шару фарби становить $\eta_p = 81\%$, тобто практично відповідає тій, що отримали для випадку, подано на рис. 3, б, але амплітуда коливання товщини шару фарби зросла майже удвічі, що пояснюється тим, що площа друкуючих елементів форми в останньому випадку є меншою вдвічі від попереднього.

Висновки

Позиція максимального значення амплітуди товщини шару фарби на відбитку визначається режимом роботи фарбоживильного пристрою та рисунком форми.

Рівномірність товщини шару фарби на відбитку залежить від характеру розміщення друкуючих елементів на формі для однієї і тієї самої фарбової системи.

Відбитки, що отримуються із суцільної форми, мають значно гіршу якість (рівномірність), ніж отримані з форми іншої структури.

На характер коливання товщини шару фарби на відбитку суттєвий вплив має і режим роботи розтиральних циліндрів.

Спираючись на цю роботу, можна будувати моделі та проводити дослідження за допомогою ЕОМ складніших фарбових апаратів друкарських машин.

1. Алексеев Г.А. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати. – М.: Книга, 1980. – 184 с.
2. Верхола М.І., Луцків М.М., Щесюк Т.А. Модель простого фарбового апарату // Поліграфія і видавнича справа. – Львів, 1997, №32. – С.85–92.
3. Верхола М.І., Улич В.П., Ковальський Б.М. Аналіз роботи розкочувально-накочувальних груп простого фарбового апарату // Поліграфія і видавнича справа. – Львів, 1997, №33. – С.121–126.
4. Верхола М.І. Колове і осьове розкочування фарби в елементарній фарбовій групі // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць Української академії друкарства. – 1998. – С.81–84.
5. Верхола М.І., Гук І.Б.

Моделювання процесу колового і осьового розкочування фарби // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць Української академії друкарства. – 2000, №4. – С. 15–127. 6. Верхола М.І. Моделювання і дослідження процесів та елементів фарбової системи друкарських машин // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць Української академії друкарства. – 2000, №5. – С.9–22. 7. Верхола М.І., Гук І.Б. Моделювання та аналіз впливу траєкторії руху розтирального циліндра на процес розкочування фарби // Комп'ютерні технології друкарства: Збірник наукових праць Української академії друкарства. – Львів, 2001, №6. – С.337–352. 8. Верхола М.І., Луцків М.М. Сигнальні графи фарбових груп друкарських машин // Вісник ДУ «Львівська політехніка». – 1997. – №340. – С. 11–16. 9. Куо Б.Г. Теория проектирования цифровых систем управления. – М.: Машиностроение, 1986. 10. Верхола М.І., Гук І.Е., Бабінець В.М. Колове і осьове розкочування фарби у фарбовій системі з трьома накочуючими валиками // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. Український міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2001, №36, – С.66–75.

УДК 62-13

І.М. ЛУЦКІВ

АНАЛІЗ ВПЛИВУ НЕТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДІАМЕТРІВ СТРІЧКОПРОВІДНИХ ЦИЛІНДРІВ НА НАТЯГ СТРІЧКИ В РУЛОННИХ РОТАЦІЙНИХ МАШИНАХ

© Луцків І.М., 2004

A task of construction of mathematical model of the conductribbon system, which takes into account influencing inaccuracy of making diameters of conductribbon cylinders on pull of ribbon on areas is considered. Results of computer simulation are conducted

Постановка проблеми

Принцип неперервного проведення стрічкового матеріалу через ряд технологічних операцій, що виконуються на стрічці, є найдосконалішим принципом побудови машин в різних галузях промисловості. У поліграфії рулонні ротаційні машини є найбільш продуктивним і перспективним видом друкарських машин внаслідок ротаційного способу побудови друкарського апарата і неперервної подачі стрічкового матеріалу, що послідовно задруковується. Вони є складними високоавтоматизованими і комп'ютеризованими електромеханічними системами, що складаються із ряду друкарських секцій та інших секцій для обробки задрукованої стрічки. На рулонних ротаційних машинах легко можна одержати різну сукупність фарб на обох сторонах стрічки і готову продукцію у вигляді газет, зошитів, задрукованої стрічки, змотаної в рулон, а також брошур та журналів [1, 2, 3].

Останнім часом швидкість роботи рулонних ротаційних машин зросла до 10–15 м/с та підвищились вимоги до якості готової продукції, що вимагає створення ефективніших систем автоматичного керування та контролю. Вирішення цієї проблеми можливе лише за умови розвитку адекватних моделей стрічкопровідних систем та врахування різних впливів.

Аналіз результатів досліджень

При зовнішній простоті неперервного руху і виконання технологічних операцій на стрічці, стрічкопровідні системи є складним об'єктом регулювання. Перша модель стрічкопровідної системи, запропонована Файнбергом Ю.М. для прокочування металевих заготовок у стрічку, відома під