

УДК 655.224.6:655.354

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДРУКАРСЬКОГО КОНТАКТУ РОТАЦІЙНОЇ ТАМПОДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ

© О. М. Віхоть, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

Изложены основы построения математической модели печатного контакта ротационной тампопечатной машины.

Results of researches of mathematical model of printing contact of rotary pad printing.

Постановка проблеми

Важливість дослідження механіки друкарського контакту ротацийної тамподрукарської машини полягає в тому, що еластичне обличкування тампонного циліндру має складні пружно-еластичні властивості, які залежать також від часу, і тому деформаційні залежності обличкування неможливо описати законом Гука.

Для всебічного дослідження впливу параметрів друкарського апарату, на якість друку, необхідно розробити математичну модель ротацийного тамподрукарського апарату, в якій необхідно врахувати вплив основних факторів, що відбуваються у зоні друкарського контакту. В ротацийних тампонних друкарських апаратах найбільший вплив на якість друку має відносно проковзування між поверхнями тампонного циліндру і виробу, що задруковується, фізико-механічні властивості обличкування тампонного циліндру і геометричні характеристики виробу, що задруковується.

Аналіз попередніх досліджень

При вивченні процесів і явищ, що відбуваються у зоні друкарсь-

кого контакту, широко застосовуються моделювання цих процесів. Зокрема при розробці і синтезі матеріалу обличкування офсетного циліндру використовують моделі Максвелла і Кельвіна-Файхта, де величина відносної деформації досліджуваного матеріалу залежить від часу (рис. 1). Однак при дослідженні явищ, що відбуваються під час друку у зоні друкарського контакту ротацийних друкарських машин ці моделі не застосовуються, бо складний і отриманий громіздкий розв'язок недоцільно застосовувати в інженерних розрахунках [1].

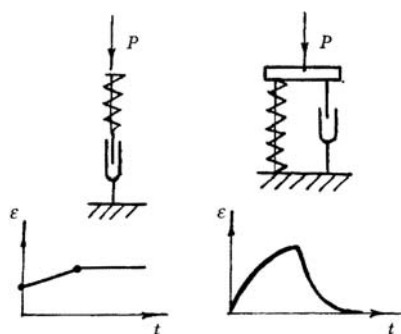
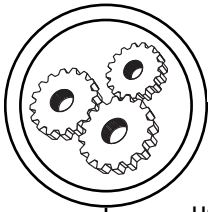


Рис. 1. Схема моделей, що застосовуються при розробці і синтезі матеріалу обличкування ротацийних друкарських апаратів



МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

При розробці методики інженерного синтезу ланок ротаційного друкарського апарату нехтують впливом фактору часу на відносну деформацію еластичного обличкування офсетного циліндру, оскільки тривалість контакту офсетного циліндру з виробом незначна. Тому для опису цих властивостей застосовують залежність, що описується за експоненціальним законом

$$\sigma = E\varepsilon^n. \quad (1)$$

Однак, крім пружних властивостей обличкування офсетного циліндру ротаційного друкарського апарату, якість друку залежить також і від інших чинників, зокрема, від поперечних коливань циліндрів. З метою вивчення впливу цього фактору використовують іншу розрахункову модель, що ілюструє взаємодію сил і деформацій пружних ланок друкарського преса (рис. 2) [2].

Ще один фактор впливу на якість друку — це розподіл крутильних коливань циліндрів ротаційного друкарського апарату. На рис. 3 зображено динамічну модель, на якій циліндри

представлено моментами інерції I_1 і I_2 , а жорсткість валопроводу між ними, включаючи зубчасту передачу, C_3 (рис. 3) [3].

Мета роботи

Аналіз літератури показує, що математична модель друкарського контакту, що враховує специфіку роботи ротаційного тамподрукарського апарату, на сьогоднішній день відсутня. Тому актуальною задачею є створення математичної моделі друкарського контакту ротаційного тамподрукарського апарату з метою визначення ступеню впливу розмірів виробу і ланок друкарського апарату на якість задруковування виробу ротаційним тамподруком.

Результати проведених досліджень

Більшість ротаційних тампонних друкарських апаратів умовно можна звести до схеми, зображеної на рис. 4. Він складається з тампонного циліндру, друкарського циліндру із закріпленим на ньому виробом. Найчастіше ротаційний тамподрук призначений для задруковуван-

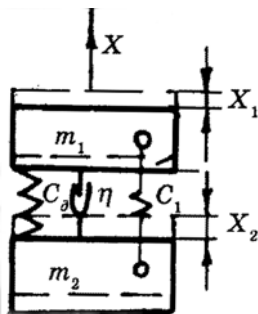


Рис. 2. Розрахункова модель взаємодії сил і деформацій пружних ланок друкарського преса

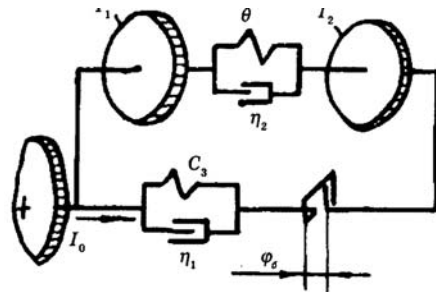
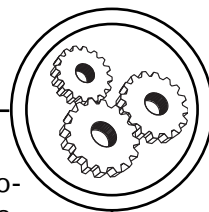


Рис. 3. Динамічна модель крутильних коливань напруженого друкарського преса

МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ



ня малих виробів або зображень малого формату масовими тиражами (понад 100 тисяч екземплярів). Через невеликі розміри виробів, що задруковується, ротаційний тампонний друкарський апарат має циліндри меншої ширини ніж ротаційні друкарські апарати інших видів друку [3].

Дослідження роботи ротаційного тампонного апарату є складною задачею, бо якість задрукування залежить від багатьох факторів. Тому для створення простої і ефективної методики дослідження необхідно виділити головну групу факторів, що суттєво впливають на якість задрукування.

Специфіка отримання зображення ротаційним тамподруком полягає у тому, що графічне спотворення зображення внаслідок поперечного коливання ланок друкарського апарату суттєво менші, ніж графічне спотворення зображення, отриманих іншими методами друку. На це впливають два фактори. По-перше, ширина циліндрів ротаційного тампонного друкарського апарату менша, ніж ширина циліндрів ротаційних друкарських апаратів інших методів друку. По-друге, пружно-елас-

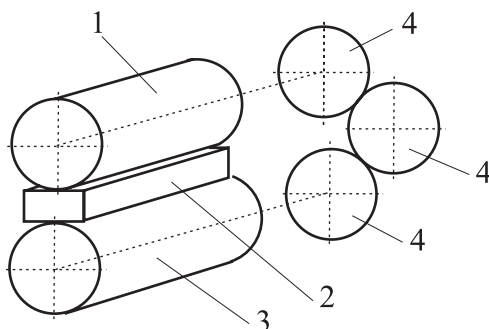
тичні характеристики тампонного обличкування дозволяють краще компенсувати графічні спотворення, що викликані коливаннями жорсткості ланок друкарської машини. Тому при подальших дослідженнях поперечними коливаннями і крутильними коливаннями ланок ротаційного тампонного друкарського апарату можна знехтувати.

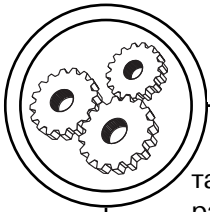
Іншою специфікою ротаційного тампонного друкарського апарату є те, що виріб, що задруковується, має геометричні розміри одного порядку з розмірами ланок друкарського апарату. Тому при проведенні досліджень ротаційного тампонного друкарського апарату необхідно враховувати розміри і форму поверхні виробу, що задруковується, на відміну від ротаційних друкарських апаратів інших методів друку, де задруковуються аркушеві вироби незначної товщини, що здатні повністю огорнути поверхню друкарського циліндру [4].

Відсутність постійного фрикційного зв'язку також негативно впливає на стабільну роботу друкарського апарату. Для надійного зв'язку між циліндрами між циліндрами ротаційного

Рис. 4. Загальний вид друкарського апарату ротаційної тамподрукарської машини:

1 — тампонний циліндр;
2 — виріб, що задруковується;
3 — друкарський циліндр;
4 — ланки зубчатої передачі, що поєднує осі обох циліндрів





МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

тампонного друкарського апарату застосовують зубчасту пару, що поєднує осі обох циліндрів. Тому величина передатного числа фрикційного зв'язку між циліндрами періодично змінюється від постійного значення при контакті лише зубчатої пари між осями циліндрів до максимального значення при максимальній деформації еластичного обличчювання тампонного циліндру.

Однак опис істинної залежності передатного числа фрикційного зв'язку у вигляді функції-залежності від фактору часу є складною методикою, малоприматною для розробки інженерної методики синтезу ротаційних тампонних друкарських апаратів. Більш раціональним є визначення певного усередненого значення передатного числа фрикційного зв'язку між циліндрами тампонного ротаційного друкарського апарату, залежно від геометричних характеристик ланок цього друкарського апарату та геометричних характеристик виробу. Причому отримане значення передатного числа

ротаційного тампонного друкарського апарату між його циліндрами має бути максимально наближеним до передатного числа зубчатого з'єднання між осями циліндрів ротаційного тампонного друкарського апарату. Значна різниця між передатними числами двох пар ланок ротаційного тампонного друкарського апарату у свою чергу призводить до зростання графічних спотворень відбитка, що отриманий в результаті використання ротаційної тампонної друкарської машини.

Запропонована математична модель ротаційного тампонного друкарського апарату впаковує те, що ДА складається з двох циліндрів (рис. 5): тампонного циліндру I_2 з кутом оберту φ_2 і друкарського циліндру I_1 з кутом повороту φ_1 тобто модель представлено як сукупність двох зосереджених мас, що поєднані між собою двома передатними функціями.

Передатна функція $\Pi_1(\varphi_1)$ відображає кінематичний зв'язок у вигляді зубчатої пари коліс між осями циліндрів друкарського апарату:

$$\varphi_2 = \Pi_1(\varphi_1) = U_3 \varphi_1 \quad (2)$$

де U_3 — передатне число зубчатої пари коліс між осями циліндрів ротаційного тампонного друкарського апарату.

Передатна функція $\Pi_1(\varphi_1)$ є постійною і незмінною під час роботи друкарського апарату, бо зубчате з'єднання є жорстким з'єднанням, що не змінює своїх геометричних характеристик під час експлуатації.

Передатна функція $\Pi_2(\varphi_1)$ відображає фрикційний зв'язок

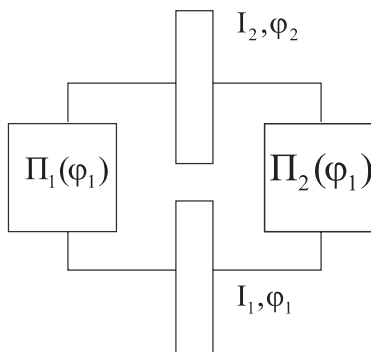
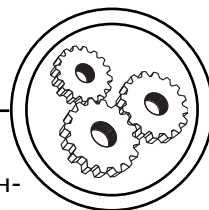


Рис. 5. Математична модель друкарського апарату ротаційної тампонної друкарської машини

МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ



між поверхнями тампонного циліндру і поверхнею виробу, що задруковується:

$$\varphi_2 = \Pi_2(\varphi_1) = U_{\text{ФР}}\varphi_1 \quad (3)$$

де $U_{\text{ФР}}$ — передатне число у фрикційному зв'язку між поверхнями тампонного циліндру і поверхнею виробу, що задруковується, жорстко пов'язаного з друкарським циліндром під час задруковування.

При визначенні $\Pi_2(\varphi_1)$ вважається, що виріб нерухомо закріплений на поверхні друкарського циліндру, бо під час проведення виробу через зону друкарського контакту в друкарській машині виріб нерухомо закріплюється затискачами транспортеру або друкарського циліндру, що виключає можливість проковзування виробу і поверхні друкарського циліндру в зоні друкарського контакту.

Головною особливістю пропонуваної математичної моделі ротаційного тампонного друкарського апарату є рівність:

$$\varphi_2 = \Pi_1(\varphi_1) = \Pi_2(\varphi_1) \quad (4)$$

котре означає, що передатна функція $\Pi_2(\varphi_1)$ фрикційного зв'язку між поверхнею тампонного циліндру і поверхнею виробу, що задруковується, котрий жорстко прикріплений до друкарського циліндру має бути як найближче рівною передатній функції $\Pi_1(\varphi_1)$ зубчатої пари коліс, що поєднує осі циліндрів ротаційного тампонного друкарського апарату, тобто

$$U_3 \approx U_{\text{ФР}} \quad (5)$$

На періодичну зміну величини передатної функції $\Pi_2(\varphi_1)$ впливають такі фактори, як: ела-

стичні властивості обличчування тампонного циліндру і періодичність зв'язку між циліндрами ротаційного тампонного друкарського апарату. Також для визначення $\Pi_2(\varphi_1)$ необхідно включити такі фактори, як складна форма поверхні виробу, геометричні характеристики тампонного і друкарського циліндрів, і велика кількість невеликих виробів.

В результаті аналітичного дослідження [4] отримуємо рівняння, що характеризують вплив вищезгаданих факторів на передатне число між тампонним циліндром і виробом, що задруковуються:

— якщо виріб має плоску поверхню:

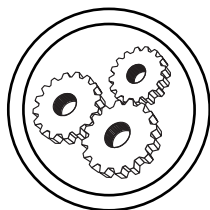
$$U_{\text{ФР}} = \frac{R_T - \lambda}{(R_L + H) \left[1 - \frac{n \left(R_T^2 \arcsin \sqrt{\frac{\lambda_m}{R_T}} - (R_T - \lambda_m) \sqrt{\lambda_m R_T} \right)}{\pi (\delta - \lambda_m) (2R_T - \delta - \lambda_m)} \right]} \quad (7)$$

— якщо виріб має циліндричну поверхню:

$$U_{\text{ФР}} = \frac{R_T - \lambda_m}{(R_L + H) \left[1 - \frac{n \left(R_T^2 \arcsin \sqrt{\frac{2R_T \lambda_m}{R_T(R_T + R_B)}} + R_B^2 \arcsin \sqrt{\frac{2R_T \lambda_m}{R_B(R_T + R_B)}} + (R_T + R_B - \lambda_m) \sqrt{\frac{2R_T R_B \lambda_m}{R_T + R_B}} \right)}{\pi (\delta - \lambda_m) (2R_T - \delta - \lambda_m)} \right]} \quad (8)$$

— якщо виріб має поверхню у вигляді сегменту кулі:

$$U_{\text{ФР}} = \frac{R_T - \lambda_m}{(R_L + H) \left[1 - \frac{3R_T R_B (R_T + R_B - \lambda_m) - \lambda_m (R_T + R_B)^2}{2(\delta - \lambda_m) (2R_T - \delta - \lambda_m)} \times \sqrt{\frac{\lambda_m^3}{2R_T R_B (R_T + R_B)^3}} \right]} \quad (9)$$



МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

Висновки

Розроблена математична модель ротаційної тамподрукарської машини дозволяє дослідити вплив геометричних характери-

стик виробу і пружно-еластичних властивостей тампонного обличкування на якість задрукування ротаційним тамподруком.

1. Тюрин А. А. Печатные машины-автоматы. — М.: Книга, 1980. 2. Чехман Я. І. Друкарське устаткування. — Л. УАД, 2005. 3. Петрук А. І., Віхоть О. М. Стан і проблеми розвитку ротаційного тамподруку // Друкарство. — 1998. — № 3. — С. 40—41. 4. Віхоть О. М. Вплив розмірів виконавчих ланок ротаційного тамподрукарського апарату на сумарне зусилля друку // Друкарство. — 2001. — № 4. — С. 60—61.

Рецензент — А. І. Петрук, д.т.н., професор, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 14.02.08