

УДК 655.281

А.І. Шустикевич

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПЕРЕЧНИХ КОЛИВАНЬ
ЦИЛІНДРІВ У РОТАЦІЙНОМУ ДРУКАРСЬКОМУ
АПАРАТІ НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМУ СТЕНДІ**

Поперечні коливання виникають внаслідок проходження через зону друкарського контакту виїмок циліндрів, в яких розміщені механізми кріплення форми і декеля. Збуджувані поперечні коливання циліндрів друкарського апарата нерідко призводять до утворення на відбитках поперечних смуг світлішого і темнішого відтінку. Це явище на практиці називають смугуванням [5]. Розрахунки показують [1,4], що при певних швидкостях роботи в машинах високого друку, коли частота вимушених коливань циліндрів дорівнює або наближається до частоти власних коливань системи, амплітуда поперечних

коливань може настільки зрости, що призведе до порушення нормальної роботи друкарського апарата.

Система циліндрів друкарського апарата ротаційної друкарської машини в загальному випадку володіє багатьма ступенями вільності. Однак у статті [1] зазначається, що друкарський апарат потрібно розглядати як систему, що має одну ступінь вільності (вертикальні по осі Х коливання), а вплив кутових коливань на коливний процес можна не враховувати.

Завданням даного дослідження на експериментальному стенді є встановлення адекватності між теоретичними й експериментальними дослідженнями залежно від таких факторів, як: величина максимальної деформації декеля, коефіцієнт заповнення друкуючими елементами форми високого друку, частота обертання циліндрів, застосування різних декелів, зміна жорсткості друкарського апарата.

Дослідження проводили на стенді (рис.1), який імітує друкарський апарат ротаційної друкарської машини. Стенд скла-

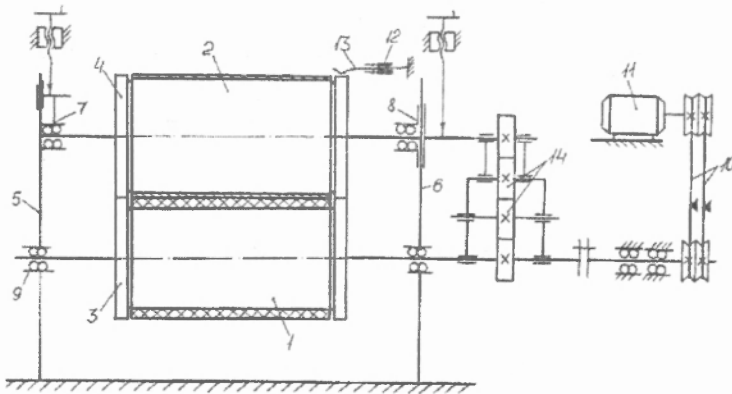


Рис. 1. Схема експериментального стенда для дослідження поперечних коливань циліндрів:

- 1 — офсетний циліндр; 2 — формний циліндр; 3, 4, — кільця;
5, 6 — стінки; 7–9 — опори; 10 — клинопасова передача;
11 — двигун; 12 — тензорезистори; 13 — пластина

дається з двох циліндрів діаметром 160 мм: офсетного і формного (магнітного), які зв'язані між собою зубчастим приводом 14. З двох боків циліндрів розміщені контрольні кільця. Для

регулювання міжцентрової відстані формний циліндр встановлений в опорах 7 і 8, що мають змогу переміщатися в пазах стінок. Другий циліндр (офсетний), на який натягують декель, міститься в нерухомих відносно стінок опорах 9. Вали циліндрів друкарського апарата розташовані на опорах кочення. Циліндри приводяться в рух двигуном постійного струму через клинопасову передачу. Верхня межа регулювання частоти обертання друкарської пари — 1200 об/хв. Конструкція експериментального стенда дозволяє змінювати жорсткість друкарського апарата шляхом зміни консолі вала формного циліндра внаслідок переміщення підшипників в опорах 7 і 8.

Поперечні коливання циліндрів вимірювали тензорезисторами, що нанесені на пластину, один кінець якої закріпленій нерухомо, а другий притискається до контрольного кільця формного циліндра.

Проводити експерименти передбачалося при різних швидкостях роботи стенда, які змінювалися в межах від 300 до 1200 об/хв. Тарування датчиків виконували до і після експерименту за допомогою індикаторів годинникового типу і тензометричної апаратури. Для розшифрування осцилограм за допомогою реле записували періоди кожного оберта шляхом переривання суцільної лінії в момент проходження через зону контакту виймки офсетного циліндра.

Наведемо результати дослідження поперечних коливань циліндрів при використанні офсетної форми. На рис.2, а показана осцилограма деформації формного циліндра, що виникла під дією технологічного навантаження і була записана в статичних умовах при ручному провертанні стенда. Між циліндрами створювалась максимальна деформація офсетного декеля $\lambda_m = 0,124$ мм, що відповідала величині максимального тиску $p_m = 1,5$ МПа. Сумарне навантаження створювало відповідно деформацію цапф формного циліндра, позначену на осцилограмі буквою У ($U=0,023$ мм). Збільшення до максимуму і зменшення до нуля технологічного зусилля відбувалося на ділянках, що визначалися шириною смужки контакту b .

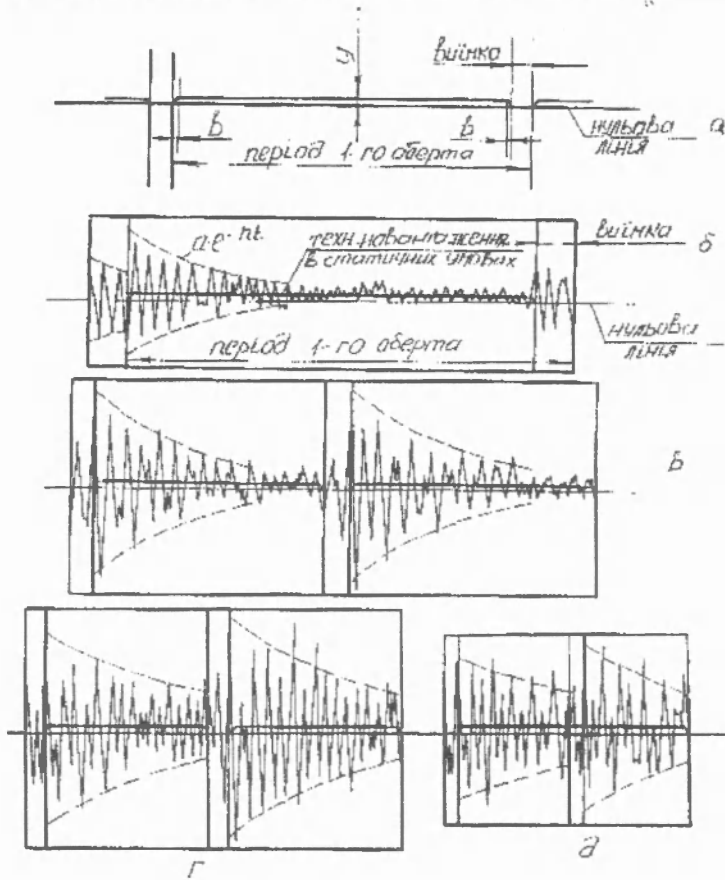


Рис. 2. Типові осцилограми запису поперечних коливань формного циліндра при різних швидкостях обертання:
 а – у статичних умовах; б – 300 об/хв; в – 500 об/хв;
 г – 750 об/хв; д – 1200 об/хв

На рис. 2,б—2,д зображенні аналогічні осцилограми, які записані відповідно при частоті обертання циліндрів за хвилину 300; 500; 750 та 1200 з використанням експериментальної гумотканинної пластини з мікропористим шаром ($\mu = 1,71$;

$E_y=148,1$ МПа). На осцилограми нанесені графіки навантаження в статичних умовах, тут же позначені період одного оберта, включаючи період відсутності контакту між циліндрами (внаслідок наявності виїмки на офсетному циліндрі).

Одержані осцилограми поперечних коливань циліндрів підтверджують прогнозовані теоретичні закономірності. Після проходження виїмки внаслідок прикладеного імпульсу сили виникають пружні коливання, що мають згасаючий характер.

Зміна амплітуди описується залежністю $a \cdot e^{-m}$. Після завершення контакту циліндрів технологічна сила щезає, що викликає новий, але менш інтенсивний імпульс коливань (рис.2,б).

Як видно з осцилограм, із збільшенням частоти обертання циліндрів зростає величина амплітуди поперечних коливань. При швидкості 750 об/хв (рис.2, г) амплітуда коливань найбільша, що пояснюється наближенням частоти вимушених коливань циліндрів до власної частоти експериментального стенда (стенд встановлений на пружній фундаментній основі).

Поперечні коливання, які виникають у друкарському апараті внаслідок імпульсу сили, описуються законом [2, 3]:

$$X = \frac{P}{m_{np} \cdot p_1} \times e^{-n(t-\tau)} \times \sin p_1(t-\tau),$$

де P — збуджувана сила (технологічне навантаження);

$$m_{np} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \text{ — приведена маса циліндрів;}$$

$$p_1 = \sqrt{p^2 - n^2} \text{ — частота згасаючих коливань;}$$

$$p = \sqrt{\frac{c}{m}} \text{ — частота вільних коливань (для}$$

експериментального стенда частота вільних коливань

$$\text{циліндрів } p = \sqrt{\frac{c_1}{m_{np}}} = \sqrt{\frac{2,82 \cdot 10^7}{14}} = 1419 \text{ с}^{-1};$$

C_1 — жорсткість цапф циліндрів;

n — коефіцієнт в'язкості (демпфування).

На основі одержаних осцилограм одержано логарифмічний декремент коливань і коефіцієнт в'язкості n . Декремент коливань визначали відношенням двох послідовних амплітуд:

$$\delta = \ln \frac{a_i}{a_{i+1}},$$

де a — амплітуда поперечних коливань.

Коефіцієнт в'язкості n вираховували із залежності

$$\delta = nT = \frac{2\Pi n}{p_1} \approx \frac{2\Pi n}{p}, \quad (1)$$

де $T = \frac{2\Pi}{p_1} = \frac{2\Pi}{\sqrt{p^2 - n^2}}$ — період коливань.

Оскільки $p^2 \gg n^2$, то можна прийняти, що $p_1 \sim p$.

Тоді з формули (1) коефіцієнт в'язкості

$$\eta = \frac{\delta p}{2n}.$$

Аналогічні осцилограми поперечних коливань отримано для декеля, який складався з пластини ДК і листа пресшпану ($n=1,93$; $E_y = 354,3$ МПа). Результати розрахунків логарифмічного декременту коливань і коефіцієнта в'язкості наведені в таблиці.

Nn, об/хв	Логарифмічний декремент коливань		Коефіцієнт в'язкості	
	ГТП з мікро- пористим шаром	ДК	ГТП з мікро- пористим шаром	ДК
300	0,162	0,112	36,6	25,3
500	0,140	0,095	31,6	21,5
750	0,071	0,064	16,0	14,5
1200	0,104	0,088	23,5	19,9

Як видно з одержаних даних, збільшення частоти вимушених коливань системи призводить до зменшення коефіцієнта в'язкості. Це пояснюється тим, що із зменшенням часу при збільшенні числа циклів не встигає відновлюватись еластична деформація декельного матеріалу, що узгоджується із загальноприйнятими уявленнями про поведінку матеріалів з пружно-в'язкими властивостями. У близькорезонансній зоні коефіцієнт в'язкості різко зменшується (при $n=750$ об/хв). На коливний процес у зоні друкарського контакту впливають механічні властивості гумотканинних пластин. Використання декеля з більш м'якими характеристиками збільшує коефіцієнт в'язкості.

Таким чином, отримані результати якісно підтверджують закономірності теоретичного дослідження і дають змогу реально оцінити вплив частоти обертання і механічних властивостей декелів на поперечні коливання циліндрів. Визначений на підставі експериментальних даних логарифмічний декремент коливань може слугувати основою при розрахунку поперечних коливань друкарського апарата як конкретні числові значення.

1. Круглов И.А., Силин Г.Г. Изгибные колебания цилиндров печатного аппарата ротационных машин// Печатные машины. Межвузовский сборник научных работ. М., 1982. Вып.2.
2. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории упругих колебаний. М., 1967.
3. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У.У. Колебания в инженерном деле. М., 1985.
4. Чехман Я.І. Комплексне дослідження друкарського контакту у вирішенні загальної проблеми удосконалення друкарських машин. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Львів, 1995.
5. Чехман Я.И., Сенкус В.Т., Бирбраер Е.Г. Печатные машины. М., 1987.

Стаття надійшла до редколегії 30.01.98