

УДК 655.281

**А.І. Шустикевич, М.В. Боженко**

**ЗАЛЕЖНІСТЬ АМПЛІТУДИ ПОПЕРЕЧНИХ  
КОЛИВАНЬ ЦИЛІНДРІВ ДРУКАРСЬКОГО  
АПАРАТА ВІД ХАРАКТЕРИСТИК ДЕКЕЛЯ**

Раніше [3], показано, що основним збудником поперечних коливань циліндрів є імпульс сили, який виникає на початку контакту їх поверхонь і залежить від жорсткості друкарського преса, швидкості роботи і деформаційних характеристик декеля. При одному й тому ж максимальному тискові по ширині смужки контакту різні деформаційні характеристики декелів обумовлюватимуть неоднакові значення технологічного навантаження, а отже, різну величину пружних деформацій. При всіх інших незмінних величинах ці пружні деформації визначатимуть імпульс сили (сили інерції), а значить, і початкову амплітуду коливань.

Проілюструємо ці положення графіками, збудованими стосовно до конкретної рулонної офсетної машини 2ПОК-84 виробництва Рибінського заводу поліграфічних машин (Росія), яка порівняно з іншими має більш жорстку систему друкарського преса.

На рис.1 зображені графіки напруженого стану системи друкарського преса цієї машини для декеля з фізичними сталюми  $n = 1,38$  і  $E_y = 123,4$  МПа. Точка  $K$ , утворена перетином залежностей  $P = f(\lambda_m)$ ,  $P = f(X_d)$  і  $P = f(X_1)$ , відповідає рівновазі напруженої системи і визначає тиск при друкуванні ( $p_m = 1,5$  МПа). Розглядаючи декель як пружну ланку, його деформацію можна виразити через жорсткість  $C_d$  (для даної точки рівноваги  $C_d = 1,34 \cdot 10^8$  Н/м). Виникнення сил інерції  $P_m$  на початку контакту циліндрів спричинить коливний процес циліндрів, що призведе до порушення рівноваги напруженої системи друкарського преса. Деформація друкарського преса зросте до величини  $X_1 + A$ , а деформація декеля зменшиться до величини  $\lambda_m - A$ . Початкова амплітуда коливань, утворена внаслідок виникнення імпульсу сили

$$A = \frac{P_m}{C_1 + C_0}, \quad (1)$$

де  $C_1$  – жорсткість системи друкарського преса.

Як впливає з формули (1), величина амплітуди поперечних коливань циліндрів при всіх інших незмінних умовах (жорсткість друкарського преса, швидкість роботи друкарської машини) залежить від деформаційних характеристик використовуваного декеля.

Виникнення поперечних коливань циліндрів викличе відповідну зміну тиску при друкуванні:

$$P_m = \left( \frac{\lambda_m \pm A}{\delta} \right)^n E_y,$$

де  $\delta$  – товщина декеля.

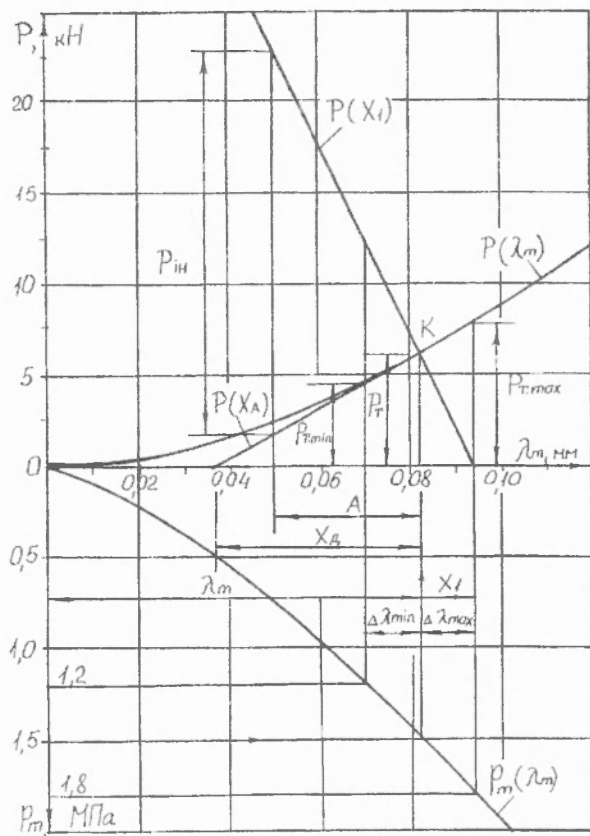


Рис. 1. Графіки напруженого стану системи друкарського преса

Коливання циліндрів можна описати однорідним диференціальним рівнянням

$$\ddot{X} + 2n\dot{X} + p^2X = 0, \quad (2)$$

де  $2n = \frac{\mu}{m}$  – коефіцієнт згасання (характеризує демпфуючу здатність коливної системи);

$p^2 = \frac{C_1 + C_d}{m}$  – частота вільних коливань.

Розв'язок рівняння (2) можна подати у вигляді [2]

$$X = Ae^{-nt} \sin(\sqrt{p^2 - n^2} \cdot t + \alpha), \quad (3)$$

де  $A = \sqrt{X_0^2 + \frac{(V_0 + nX_0)^2}{p^2 - n^2}}$  – амплітуда коливань;

$$\alpha = \arctg \frac{X_0 \sqrt{p^2 - n^2}}{V_0 + nV_0} \text{ – зсув фаз.}$$

Рух циліндрів, що описується рівнянням (3), має згасаючий коливний характер, оскільки координата  $X$  періодично змінює свій знак при зміні знака синуса. Наявність множника  $e^{-nt}$  свідчить про те, що амплітуда коливань з часом зменшується і тому коливання, які виникли на початку контакту циліндрів, будуть поступово згасати.

Як видно з рівняння (3), частота згасаючих коливань визначається за формулою

$$p_1 = \sqrt{p^2 - n^2} = \sqrt{\frac{C_1 + C_d}{m} - n^2} \quad (4)$$

і мало відрізняється від частоти незатухаючих коливань, оскільки  $n^2$  на один – два порядки менше, ніж  $p^2$  [3]. Розглядаючи декель як пружину жорсткістю  $C_d$ , відмітимо, що частота згасаючих коливань залежатиме від деформаційних характеристик декаля. Із збільшенням жорсткості декаля зростає і частота коливань системи.

Період згасаючих коливань системи друкарського преса

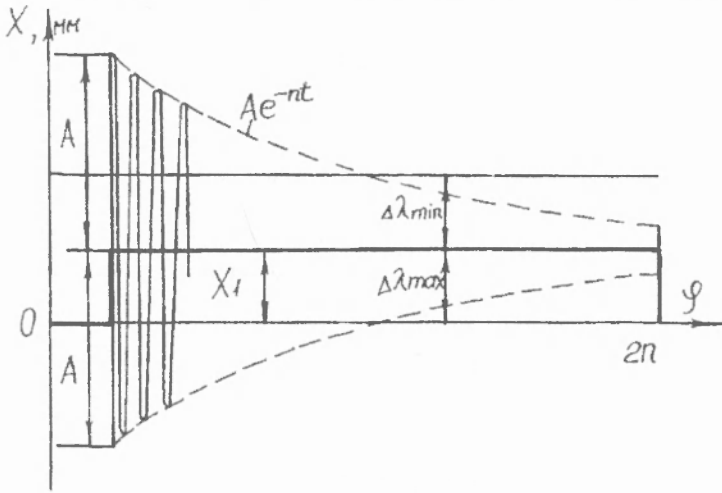
$$T = \frac{2\pi}{p_1} = \frac{2\pi}{\sqrt{p^2 - n^2}}.$$

Знайшовши значення  $A$  і  $\alpha$ , отримаємо закон коливань, що виникають внаслідок виникнення імпульсу сили (піку сили інерції):

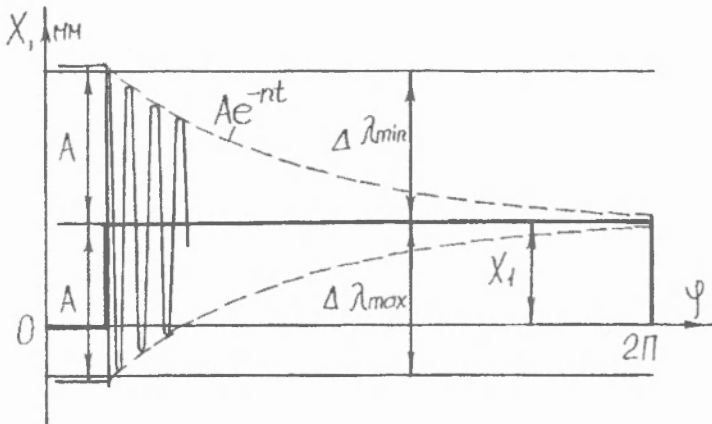
$$X = e^{-m} \left( X_0 \cos \sqrt{p^2 - n^2} + \frac{V_0 + nX_0}{\sqrt{p^2 - n^2}} \cdot \sin \sqrt{p^2 - n^2} \cdot t \right). \quad (5)$$

Графік згасаючих коливань циліндрів друкарської машини 2ПОК-84 при застосуванні вищезазначеного декаля зображено на рис.2,а. Тут позначено інтервал допустимих деформацій декаля, при якому забезпечується задовільна якість друку (для офсетного способу друку відношення  $p_{max}$  до  $p_{min}$  становить 1,4...1,5 [4]), і деформацію друкарського преса  $X_1$  у статичних умовах. Перепад тисків при друкуванні (при першому поштовху) змінюватиметься в межах  $0,75 \text{ МПа} \leq p_m \leq 2,35 \text{ МПа}$ . Відношення  $p_{max}$  до  $p_{min}$  становить 3,1, що вдвічі більше допустимого інтервалу. В результаті виникнення пружних коливань з великою початковою амплітудою  $A = 0,032 \text{ мм}$  ( $\Delta\lambda_{min} = \Delta\lambda_{max} = 0,012 \text{ мм}$ ) можуть утворитися ділянки з різною насиченістю фарби у напрямку швидкості друкування (так зване явище смугування). Коливання циліндрів увійдуть у допустимий інтервал  $\lambda_m - \Delta\lambda_{min} \leq \lambda_m \leq \lambda_m + \Delta\lambda_{max}$  після проходження майже половини довжини робочої ділянки кола циліндра. Як видно з рисунка, ці коливання не встигають згаснути до початку наступного прикладання імпульсу сили.

На рис.2,б графічно зображено коливний процес циліндрів друкарського апарата машини 2ПОК-84 при використанні декаля з фізичними сталими  $n = 1,22$  і  $E_s = 34,1 \text{ Мпа}$ . Жорсткість декаля становить  $C_d = 0,98 \cdot 10^8 \text{ Н/м}$ . Використання декаля з м'якшими характеристиками призведе до зменшення початкової амплітуди коливань  $A = 0,026 \text{ мм}$  і збільшення допустимого інтервалу деформацій декаля  $\Delta\lambda_{min} = \Delta\lambda_{max} = 0,0255 \text{ мм}$ . Перепад тисків (при першому поштовху) зменшиться до  $1,2 \text{ МПа} \leq p_m \leq 1,81 \text{ МПа}$ . Відношення  $p_{max}$  до  $p_{min}$  складе 1,51, що практично є в допустимих межах. Пружні коливання циліндрів до початку чергового прикладання імпульсу сили майже повністю згасають. Перепад тисків при друкуванні зменшиться в 2 рази.



а



б

Рис. 2. Графіки коливного процесу циліндрів у друкарському апараті: а – для декеля  $n=1,38$  і  $E_y=123,4$  МПа; б – для декеля  $n=1,22$  і  $E_y=34,1$  МПа

Таким чином, на коливний процес циліндрів у друкарському апараті суттєво впливають фізичні характеристики декеля  $n$  і  $E$ . Використання декеля з більш м'якими характеристиками дозволяє зменшити величину імпульсу сили й амплітуду поперечних коливань циліндрів.

1. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. Л., 1990. 2. Тюрин А.А. Печатные машины-автоматы. М., 1980. 3. Чехман Я.Л., Шустикович А.І. До методики оцінки пружних коливань циліндрів друкарського апарата // Поліграфія і видавнича справа. №36. 2000. С.17–20. 4. Шустикович А.І. Дослідження поперечних коливань циліндрів у ротатійному друкарському апараті на експериментальному стенді // Поліграфія і видавнича справа. №35. 1999. С.29–35.

Стаття надійшла до редколегії 28.01.2000