

УДК 686. 12. 056

АНАЛІЗ ПОЗДОВЖНИХ КОЛИВАНЬ У ГНУЧКИХ ТРАНСПОРТУЮЧИХ СИСТЕМАХ

П.В. Топольницький, Р.Б. Стахів

Наведені результати аналітичних і параметричних досліджень коливного процесу пасових транспортерів при виконанні технологічної операції обрізування напівфабрикатів. З огляду забезпечення надійності роботи устаткування визначено критерії вибору типу паса.

Приведены результаты аналитических и параметрических исследований процесса колебания ремённых транспортеров при выполнении технологической операции обрезки полуфабрикатов. С точки зрения обеспечения надежности работы оборудования определены критерии выбора типа ремня.

При проєктуванні машин з безвистійним способом обробки напівфабрикатів (технологічні операції виконуються під час переміщення напівфабрикату зі швидкістю 0,6–2,5, а в перспективі до 4 м/с) постає проблема вибору транспортуючого засобу, який забезпечував би надійне затискування книжкових блоків у процесі транспортування і виконання технологічних операцій.

На основі проведеного аналізу існуючих транспортуючих систем та беручи до уваги вищесказане, найбільш доцільним транспортуючим органом слід вважати пасові транспортери. Зважаючи на це, при виборі того чи іншого типу паса актуальним є дослідження поздовжніх коливань паса при безперервному русі транспортуючого органа та поштучній подачі книжкових блоків. За технологічними умовами роботи транспортуючий орган (пасовий транспортер) рухається в напрямних, котрі максимально обмежують поперечні коливання пасів.

Вихідними параметрами при дослідженні поздовжніх коливань паса є: формат книжкового блока, швидкість транспортування, залежності зміни сили різання і тертя (F(t), F_{тр}(t)), коефіцієнт тертя пасів по напрямних, коефіцієнт тертя блока по "підшві" ножа, кінематична схема та динамічна модель гнучкої транспортуючої системи.

Враховуючи, що технологічно операцію обрізування можна розділити на ділянки і потенційна енергія залежить тільки від положення блока в процесі обрізування, отримаємо диференціальне рівняння Лагранжа 2-го роду в загальному вигляді [1]

$$m\ddot{q} + c\dot{q} + \mu q = \frac{F}{T} \cdot t + \frac{F_{Тр}}{T} \cdot t,$$

де m – маса блока; c – жорсткість пасів; μ – коефіцієнт в'язкого тертя пасів; q – координата положення книжкового блока; T – загальний час транспортування блока.

Виконавши необхідні розрахунки, отримаємо загальний розв'язок диференціального рівняння для певної ділянки:

$$q = e^{-nt} \left(\frac{2nA}{\omega^4} \cos \omega^* t + \frac{2nA}{\omega^4} \frac{A}{\omega^2} \sin \omega^* t \right) - \frac{2nA}{\omega^4} + \frac{A}{\omega^2} t, \tag{1}$$

де ω^2 – власна частота коливань системи; $\omega^* = \sqrt{\omega^2 - n^2}$ – частота коливань системи з врахуванням сил тертя; $\frac{\mu_1}{m} = 2n$ – коефіцієнт зменшення частоти під дією тертя; позначимо

$$\frac{F + F_{Тр}}{mT} = A.$$

Двічі продиференціювавши (1), дістанемо рівняння для визначення прискорення коливного процесу паса

$$\ddot{q} = n^2 e^{-nt} \left(\frac{2nA}{\omega^4} \cos \omega^* t + \frac{\frac{2nA}{\omega^4} - \frac{A}{\omega^2}}{\omega^*} \sin \omega^* t \right) -$$

$$- 2e^{-nt} \left(-\frac{2nA\omega^*}{\omega^4} \sin \omega^* t + \left(\frac{2nA}{\omega^4} - \frac{A}{\omega^2} \right) \cos \omega^* t \right) -$$

$$- e^{-nt} \left(\frac{2nA\omega^{*2}}{\omega^4} \cos \omega^* t + \left(\frac{2nA}{\omega^4} - \frac{A}{\omega^2} \right) \omega^* \sin \omega^* t \right). \quad (2)$$

При розгляді коливного процесу транспортуючої системи в процесі обрізування, умовно поділивши процес обрізування блоків на ділянки (врізування, стабільне різання, ...тощо), складемо аналогічні диференціальні рівняння, в яких початковими умовами для кожної наступної ділянки будуть кінцеві результати попередньої.

На рис.1. у вигляді графіків 1, 2, 3 наведені результати параметричних досліджень, проведених з використанням програмного забезпечення "Microsoft Excel 7.0", залежності амплітуди коливань пасів різної жорсткості в процесі обрізування блока при однакових технологічних зусиллях і режимах роботи машини. Жорсткість пасів 1, 2, 3, відповідно, дорівнює 50000, 100000 та 250000 Н/м. Частота власних коливань пасів – $\approx 50, 70, 71, 111, 8$ Гц.

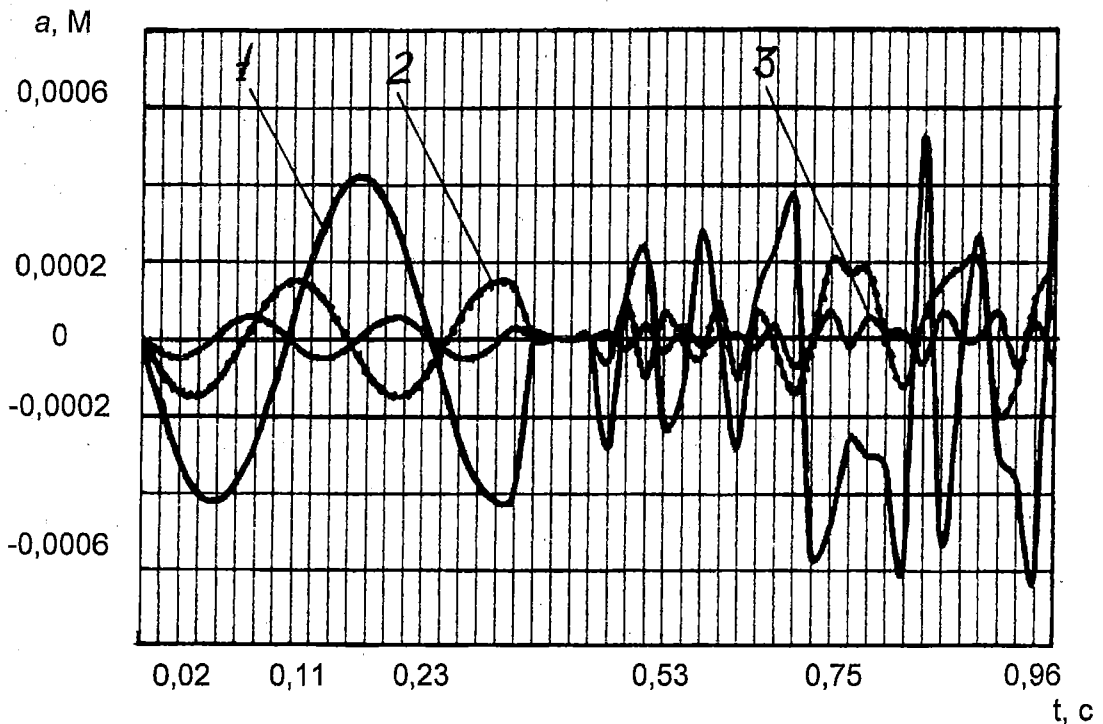


Рис. 1. Амплітуда коливань паса в процесі обрізування блока:
 а – амплітуда коливань, м; t – час обрізування блока, с;
 1 – пас жорсткістю 50000 Н/м; 2 – пас жорсткістю 100000 Н/м;
 3 – пас жорсткістю 250000 Н/м

У процесі обрізування блока змінюються технологічні зусилля, під дією яких пас видовжується. Характер видовження паса в процесі обрізування блока відображають графіки на рис. 2. Для порівняння використано паси трьох типів різної жорсткості. За паспортними даними на паси [2], відносне видовження не повинно перевищувати 0,2% і на довжині технологічної зони 1,5 м–3 мм (рис.1, графік 4). Як видно з графіків, видовження пасів жорсткістю 100000 та 250000 Н/м не перевищує допустимих значень, і їх можна рекомендувати для використання при проектуванні транспортуючої системи.

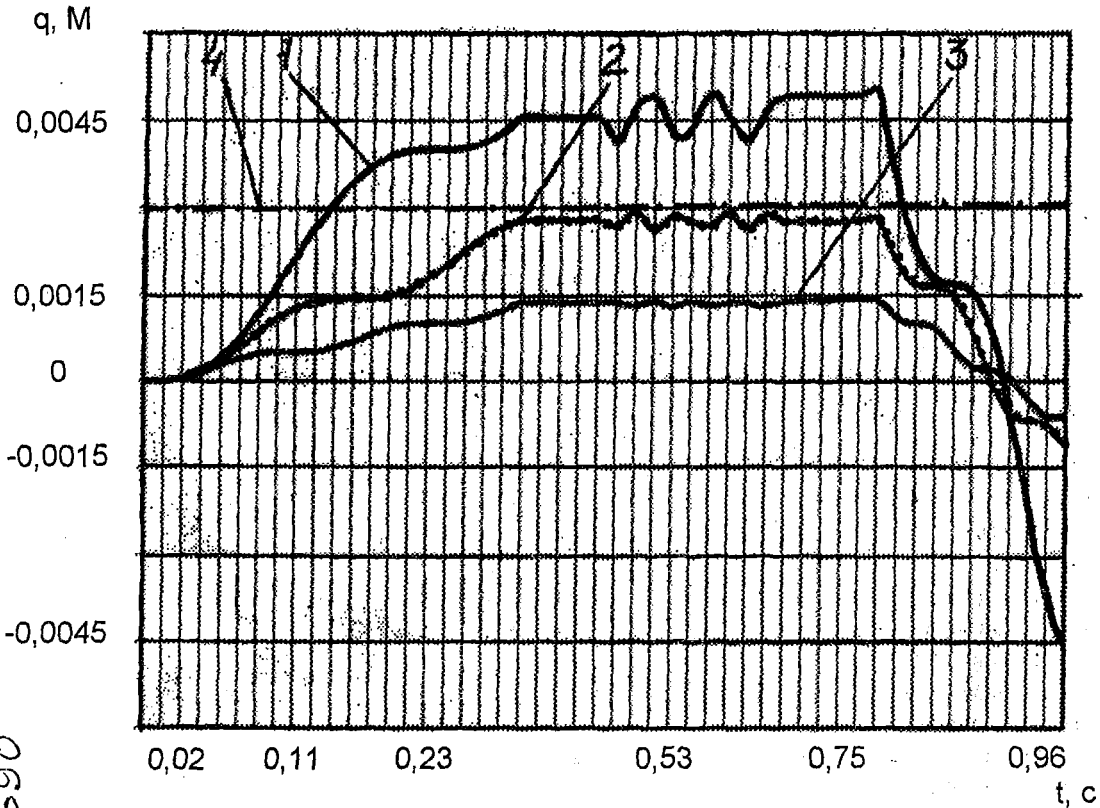


Рис. 2. Видовження паса в процесі обрізування блока:
 q – видовження паса, м; t – час обрізування блока, с;
 1 – пас жорсткістю 50000 Н/м; 2 – пас жорсткістю 100000 Н/м;
 3 – пас жорсткістю 250000 Н/м;
 4 – максимальне паспортне значення видовження пасів 1, 2, 3

Отримані результати аналітичних досліджень дозволяють вибрати необхідний тип паса (за його технічними характеристиками згідно з ГОСТом), який забезпечить надійні позиціонування блока в процесі обрізування та роботу транспортуючої системи в цілому.

1. Полюдов О.М. Проектування поліграфічних машин (Оптимізація динамічних характеристик циклових механізмів). Львів. 1993. 2. Каталог Angst+Pflister. Synchronflex-Zahnriemen. S. 41.