

Міністерство освіти і науки України
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника (м. Івано-Франківськ)
Вінницький національний технічний університет
Центр математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки
і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України
AGH науково-технологічний університет, Польща
Інститут кібернетики НАН України
Національний технічний університет України "КПІ"
Новий університет Лісабона, Португалія
Люблінська політехніка, Польща
Азербайджанська державна нафтова академія
Об'єднаний інститут проблем інформатики НАН Білорусі
Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (ІЕЕЕ), Українська секція
Громадська організація "Івано-Франківський ІТ кластер"

"ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ"

**матеріали
міжнародної науково-практичної конференції**

**23–28 травня 2016 року
Івано-Франківськ**

**"INFORMATION TECHNOLOGIES AND COMPUTER MODELLING"
proceedings
of the International Scientific Conference
2016, May, 23th to 28th
Ivano-Frankivsk**

Івано-Франківськ
Видавець Супрун В. П.
2016

Моделювання динаміки пуску верстата

Л.Ф. Дзюба

кафедра прикладної математики і механіки
Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності
Львів, Україна
lidadz111@gmail.com

О.В. Меньшикова

кафедра прикладної математики і механіки
Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності
Львів, Україна
helga.menshikowa@gmail.com

М.І. Кусій

кафедра прикладної математики і механіки
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
Львів, Україна

Modeling of machine start dynamic process

L. Dzuba

Department of Applied Mathematics and Mechanics,
Lviv State University of Life Safety
Lviv, Ukraine
lidadz111@gmail.com

O. Menshykova

Department of Applied Mathematics and Mechanics,
Lviv State University of Life Safety
Lviv, Ukraine
helga.menshikowa@yandex.ua

M. Kusiya

Department of Applied Mathematics and Mechanics,
Lviv State University of Life Safety
Lviv, Ukraine
kusijmiroslava@gmail.com

Анотація—Виконано математичне моделювання динамічного процесу під час вмикання механізму різання горизонтального стрічковопилкового верстата. Виникаючі коливання моделюються з урахуванням електромагнітних процесів у двигуні та коливальних процесів в еквівалентній системі механізму різання. Сумісний розв'язок диференціальних рівнянь крутих коливаний системи механізму різання та диференціальних електромагнітного стану двигуна виконаний методом Ейлера у середовищі Maple V.

Abstract—Mathematical modeling of the dynamic process of the horizontal band saw machine cutting mechanism has been completed. The resulting vibrations are modeled on the basis of electromagnetic processes in the engine and oscillatory processes in the cutting mechanism equivalent system. Compatible solution of the cutting mechanism vibration differential equations system and the engine's electromagnetic state differential equations are made in the Euler's method.

Ключові слова—перехідний процес, крутильні коливання, різання, електромагнітний стан двигуна

Keywords—transitional process, torsional vibrations, cutting mechanism, electromagnetic condition of the engine

Динамічні навантаження на елементи конструкції під час вмикання двигунів досліджують переважно з використанням зведених двомасових моделей [1]. Однак особливості конструкції деяких механізмів потребує побудови моделей з більшою кількістю зведених мас. Оскільки в механізмі різання горизонтального стрічковопилкового верстата обертальні маси розміщені на трьох валах, а стрічкова пилка є водночас і тяговою ланкою, і пиляльним інструментом, то в розрахунковій моделі її доцільно виділити як окрему пружну ланку (рис.1). Така розрахункова схема механізму різання дозволяє встановити додаткове динамічне навантаження на інструмент під час пуску верстата з урахуванням взаємодії складників пружної системи верстата: електродвигуна, механізмів передавання та пиляльного інструменту. Тому метою цієї роботи є моделювання динамічних процесів у приводі механізму різання горизонтального стрічковопилкового верстата під час його вмикання.

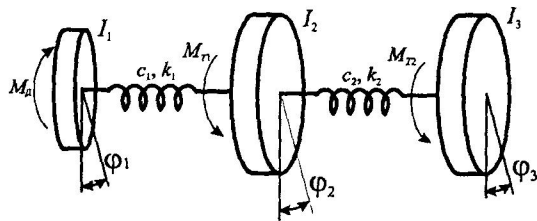


Рис. 1. Розрахункова схема механізму різання стрічковопилкового верстату

Складені на підставі рівнянь Лагранжа другого роду та подані у нормальному вигляді Коші диференціальні рівняння малих коливань еквівалентної пружної системи механізму різання відповідно до розрахункової схеми мають вигляд:

$$\begin{cases} \omega_1 = \frac{d\varphi_1}{dt}; \omega_2 = \frac{d\varphi_2}{dt}; \omega_3 = \frac{d\varphi_3}{dt} \\ \frac{d\omega_1}{dt} = -\frac{k_1}{I_1}(\omega_1 - \omega_2) - \frac{c_1}{I_1}(\varphi_1 - \varphi_2) + \frac{M_{Д}(t)}{I_1}; \\ \frac{d\omega_2}{dt} = \frac{k_1}{I_2}(\omega_1 - \omega_2) - \frac{k_2}{I_2}(\omega_2 - \omega_3) + \\ + \frac{c_1}{I_2}(\varphi_1 - \varphi_2) - \frac{c_2}{I_2}(\varphi_2 - \varphi_3) - \frac{M_{T_1}}{I_2}; \\ \frac{d\omega_3}{dt} = \frac{k_2}{I_3}(\omega_2 - \omega_3) + \frac{c_2}{I_3}(\varphi_2 - \varphi_3) - \frac{M_{T_2}}{I_3}, \end{cases} \quad (1)$$

де I_1, I_2, I_3 – зведені до вала електродвигуна моменти інерції обертальних мас, $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – узагальнені координати, якими є кути повороту відповідних зведених мас; $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – узагальнені кутові швидкості відповідних мас, k_1, k_2, c_1, c_2 – зведені коефіцієнти в'язкого опору та жорсткості пружних ланок; M_{T_1}, M_{T_2} – зведені моменти сил опору, зумовлені тертям у підшипниках валів; $M_{Д}(t) = \frac{3}{2} P_0 L_m (i_{rx} i_{sy} - i_{ry} i_{sx})$ – електромагнітний момент двигуна, P_0 – число пар магнітних полюсів двигуна, L_m – робоча індуктивність двигуна, $i_{rx}, i_{ry}, i_{sx}, i_{sy}$ – проекції струмів ротора (індекс r) та статора (індекс s) на координатні осі x, y . Для визначення струмів статора та ротора використовують рівняння електромагнітного стану машини

$$\begin{cases} \frac{di_s}{dt} = A_s(u_s + \Omega_s \Psi_s - R_s i_s) + B_s(\Omega_r \Psi_r - R_r i_r); \\ \frac{di_r}{dt} = A_r(\Omega_r \Psi_r - R_r i_r) + B_r(u_s + \Omega_s \Psi_s - R_s i_s), \end{cases} \quad (3)$$

де i_s, i_r, u_s – матриці-колонки струмів і напруг; A_s, B_s, A_r, B_r – квадратні матриці зв'язку; Ω_s, Ω_r – матриці частот обертання; Ψ_s, Ψ_r – матриці

потокозчеплень; R_s, R_r – активні опори. Для зв'язаних параметрів за методикою [2] використовують технічні характеристики електродвигуна.

Системи диференціальних рівнянь (1), (3) описують динамічний стан електромеханічного механізму різання горизонтального стрічкового верстату.

Для сумісного розв'язку систем диференціальних рівнянь (1), (3) з урахуванням (2) прийняті початкові умови: $i_{rx}(0) = 0, i_{ry}(0) = 0, i_{sx}(0) = 0, i_{sy}(0) = 0, \omega_1(0) = 0, \omega_2(0) = 0, \omega_3(0) = 0, \varphi_1(0) = 0, \varphi_2(0) = 0, \varphi_3(0) = 0$.

Систему диференціальних рівнянь малих коливань механізму різання стрічкового верстату (1) розв'язано сумісно з рівняннями електромагнітного стану двигуна (3) методом середовищі Maple V. На рис. 2 показаний результат моделювання перехідного процесу пуску механізму різання.

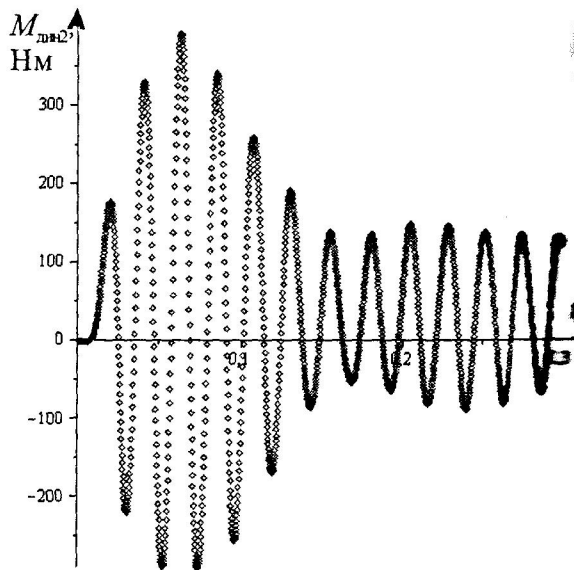


Рис. 2. Графік зміни моменту на другій пружній ланці

Встановлено, що динамічний момент під час пуску другій пружній ланці перевищує у 8 раз обертовий момент, створюючи додаткове змінне навантаження на стрічкову пилку. Таке навантаження викликає поперечні коливання полотна, які можуть бути резонансними, та зменшує довговічність інструмента.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Електромеханічні системи автоматизованого керування електродвигунами: навч. посібник / [М.Г. Попович, О.Ю. Лозовий, В.Б. Клепиков та ін.]; за ред. М.Г. Поповича, О.Ю. Лозового. К.: Либідь, 2005, 680 с.
- [2] Е.В.Харченко Динамические процессы буровых установок. Свнт, 1991, 176 с.