

МЕХАНІКО-МАТЕМАТИЧНА СЕКЦІЯ

Підсекція механіки

УДК 534.1:539.3:621.9.02

ГАСІННЯ КОЛИВАНЬ РІЗУЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ

О.Л. Деркач, аспірант

Забезпечення високої динамічної якості металообробного обладнання на стадії проектування та експлуатації є однією із найважливіших задач. Як відомо, для забезпечення динамічної якості верстата в цілому, кожен його вузол повинен бути стійким і мати якомога кращі динамічні характеристики [1; 2]. Підсистема процесу різання під час обробки певних матеріалів може бути нестійкою, що призводить до нестійкої системи в цілому. Особливо це стосується інструментів з великим вильотом, зокрема розточувальних різців. Перспективним напрямом підвищення якості оброблюваних поверхонь заготовок є застосування п'єзоелектричних актуаторів (ПА) за допомогою яких здійснюють регулювання положення різального інструмента (РІ) під час різання, компенсуючи таким чином силові впливи на РІ [3; 4].

Розглянемо коливання РІ в перехідних процесах – під час врзання в оброблювану заготовку. Для цього побудуємо скінченно-елементну модель розточувального РІ з вбудованим ПА, який задля активного гасіння коливань підключений до ланцюга зі зворотним зв'язком (рис. 1).

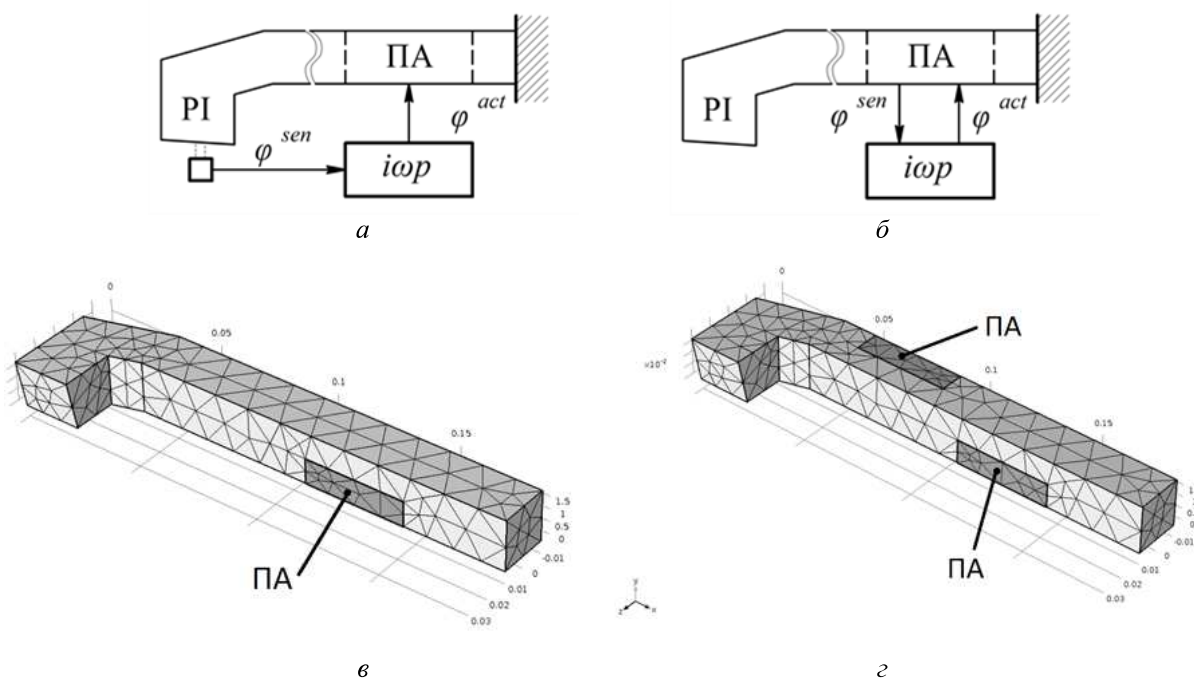


Рис. 1. Принципові схеми активного гасіння коливань РІ з ПА (а), (б); тривимірні скінченно-елементні моделі РІ з одним(в) і двома ПА (г)

Активне гасіння коливань здійснюється за допомогою зміни різниці потенціалів на електродах п'єзоелектричного актуатора φ^{act} з врахуванням показників сенсора φ^{sen} , яким може бути зовнішній пристрій (рис. 1, а) або, власне, п'єзоелемент (рис. 1, б). Розрахунок необхідної різниці потенціалів на електродах актуатора будемо проводити в частотному просторі у відповідності з сигналом сенсора за наступним законом:

$$\varphi_{\omega}^{act} = -\tilde{p}\varphi_{\omega}^{sen}, \quad (1)$$

де $\tilde{p} = i\omega p$ – параметр керування сигналу сенсора, із номінальним значенням p .

Для розрахунку коливань РІ під час врзання в заготовку, побудуємо математичну модель дисипативної системи зі зворотним зв'язком. Розсіяння енергії коливань враховано за допомогою введення комплексних пружних, діелектричних та п'єзоелектричних сталей матеріалу. Лінійні рівняння динаміки системи при нульових початкових умовах і відсутньому заряді на електроді п'єзоелемента мають вигляд [5]:

$$\begin{aligned} act: -\omega^2 M u_{\omega} + \tilde{K}_{uu} u_{\omega} &= F(i\omega) - \tilde{K}_{u\varphi} \varphi_{\omega}^{act}, \\ sen: \tilde{K}_{\varphi u} u_{\omega} + \tilde{K}_{\varphi\varphi} \varphi_{\omega}^{sen} &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

де M – матриця мас; \tilde{K}_{uu} – матриця жорсткості з частотно-залежними комплексними пружними сталими матеріалу; $\tilde{K}_{\varphi u}$, $\tilde{K}_{u\varphi}$ – комплексні матриці електромеханічної жорсткості, що відповідають прямому та зворотному п'єзоелектричному ефекту; $F(i\omega)$ – зображення Фур'є зовнішнього навантаження; u_{ω} , $\varphi_{\omega}^{sen(act)}$ –

відповідно зображення Фур'є механічних переміщень, потенціалів на електроді сенсора (актуатора); $\dot{u}_i(0)$, $u_i(0)$ – початкові швидкості і переміщення вузлових точок; ω – колова частота; $i = \sqrt{-1}$.

Рівняння динаміки системи (2) зі зворотним зв'язком (1). Знайдемо вектор переміщень точок ПІ в моменти часу n , скориставшись алгоритмом оберненого швидкого перетворення Фур'є (IFFT):

$$u_{\omega}^n = Z(i\omega)^{-1} \{ F(i\omega) - \tilde{p} \tilde{K}_{up} \tilde{K}_{\phi\phi}^{-1} \tilde{K}_{\phi u} u_{\omega}^{n-1} \},$$

$$u_i = FFT^{-1}(u_{\omega}), \quad (3)$$

де $Z(i\omega) = \tilde{K}_{uu} - \omega^2 M$ – матриця динамічної жорсткості.

Результати розрахунку коливань певної точки на ріжучій кромці (3) у площині різання при ударному навантаженні, що моделює врізання ПІ, зображено на рис. 2.

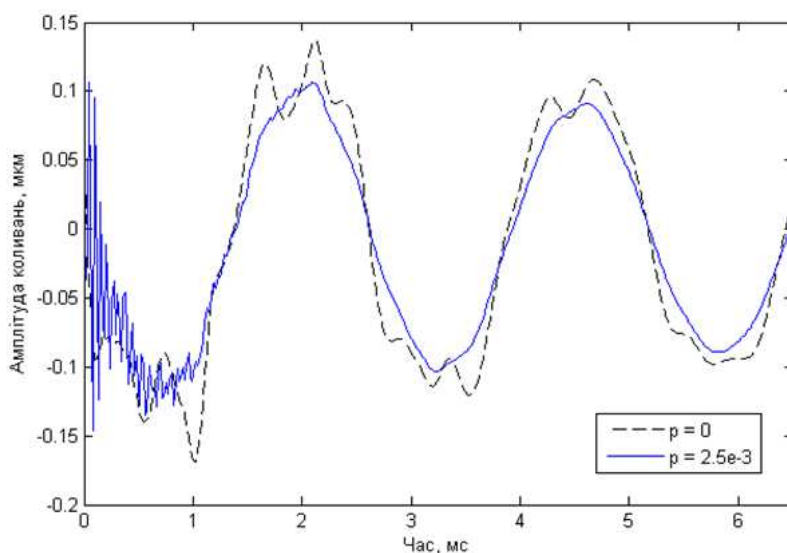


Рис. 2. Реакція ПІ на дію ударного навантаження без ($p=0$) та з активним керуванням ПА ($p=2,5e-3$)

Зменшення максимальних переміщень точки на ріжучій кромці ПІ при даному параметрі керування становить 26,27%, що може бути одним із шляхів підвищення динамічної якості вже готового металообробного обладнання. До недоліків даного способу гасіння коливань ПІ слід віднести складність реалізації, порівняно з методами пасивного гасіння коливань. Розглянута методика математичного моделювання може бути застосована для розрахунків коливань ПІ більш складної конфігурації.

Список використаних джерел: 1. Кудинов В. А. Динамика станков / В. А. Кудинов. – М.: Машиностроение, 1967. – 360 с. 2. Чуприна В. М. Модернізація розрахунків динамічних характеристик пружної системи металорізального верстата в САПР / В. М. Чуприна // Вісник ЧДТУ. Серія «Технічні науки»: наук. зб. – Чернігів: ЧДТУ, 2012. – № 57. – С. 70-80. 3. Åkesson H. Active control of vibration and analysis of dynamic properties concerning machine tools / H. Åkesson. – Karlskrona: Blekinge Institute of Technology, 2007. – 212 p. 4. Smirnova T. Analysis, modeling and simulation of machine tool parts dynamics for active control of tool vibration / T. Smirnova. – Karlskrona: Blekinge Institute of Technology, 2010. – 188 p. 5. Dubenets V. H. Active damping of nonstationary vibrations in a beam with electro-viscoelastic patches / V. H. Dubenets, O. V. Savchenko, O. L. Derkach // Вісник ЧДТУ. Серія «Технічні науки»: наук. зб. – Чернігів: Черніг. нац. технол. ун-т, 2014. – № 1 (71). – С. 43-49.

УДК 534.1:539.3

НЕСТАЦІОНАРНІ КОЛИВАННЯ SMART-КОНСТРУКЦІЙ, НАВАНТАЖЕНОЇ ЕЛЕКТРИЧНИМ ІМПУЛЬСОМ

О.Л. Деркач, аспірант

Наук. кер.: В.Г. Дубенець, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри теоретичної і прикладної механіки,

О.В. Савченко, канд. техн. наук, доцент кафедри теоретичної і прикладної механіки

Чернігівський національний технологічний університет

В роботі [1] досліджено активне демпфірування нестационарних коливань балки з п'єзоелектричними накладками. Показано, що застосування пасивних і активних п'єзоелектричних накладок в тонкостінних елементах конструкцій, на які діють ударні та імпульсні навантаження, дозволяє зменшити амплітуди нестационарних коливань і збільшити декремент коливань. Використання п'єзоелектричних матеріалів в якості активних елементів (актуаторів) для зменшення амплітуд коливань [2], пов'язано з інтенсивними механічними і електричними навантаженнями [3]. Тому на етапі проектування так званих smart-конструкцій, важливим є проводити розрахунок коливань конструкції на дію імпульсних електричних навантажень, що допоможе