

УДК 621.914

Є. О. Лебенштейн, Є. В. Батура, Ю. М. Данильченко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

### ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПІДСИСТЕМИ ІНСТРУМЕНТУ ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА

Основним завданням управління процесами обробки на металорізальних верстатах є забезпечення сталості процесу різання шляхом обмеження граничної глибини різання. Граничні режими різання визначають шляхом моделювання динамічної взаємодії між процесом різання та конструкцією верстата з побудовою діаграми сталості процесу різання (SLD) [1]. Побудова SLD для процесу фрезерування передбачає отримання набору вхідних параметрів (коефіцієнту сили різання, динамічних параметрів системи, параметрів процесу та геометрію інструменту), розроблення динамічної моделі процесу та власне моделювання діаграми (рис. 1).

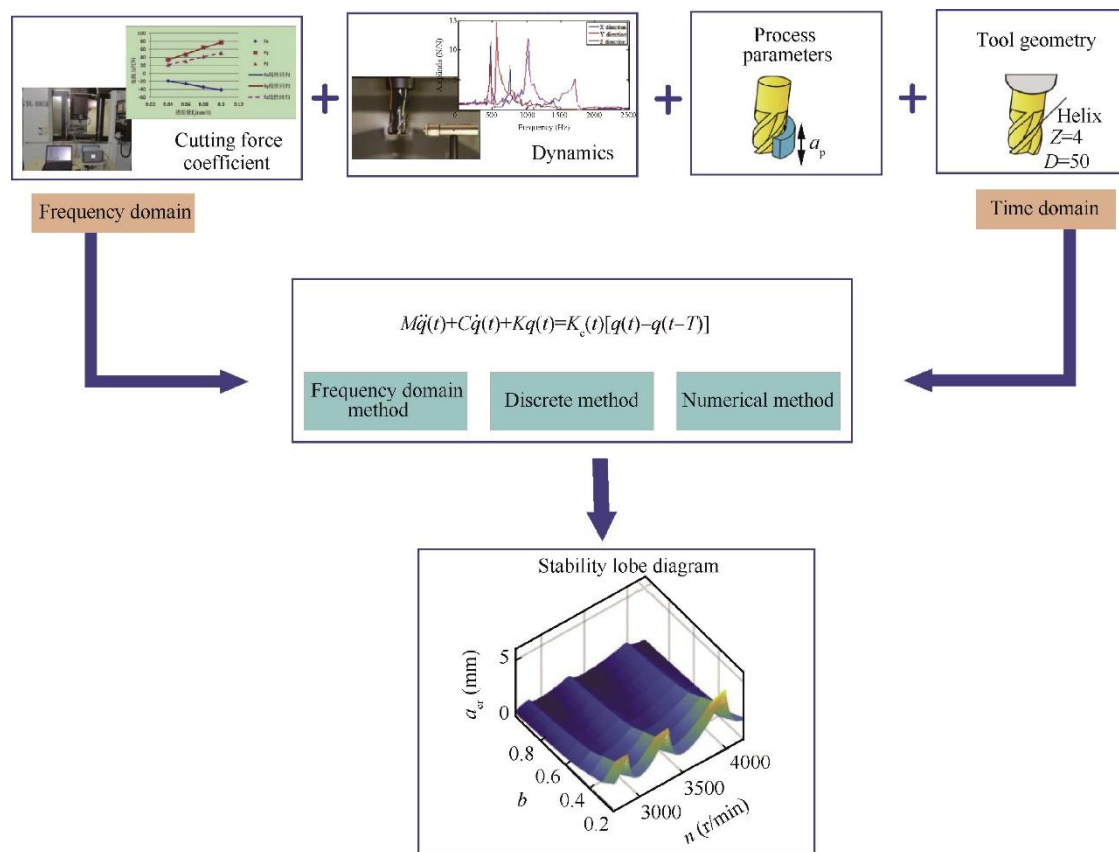
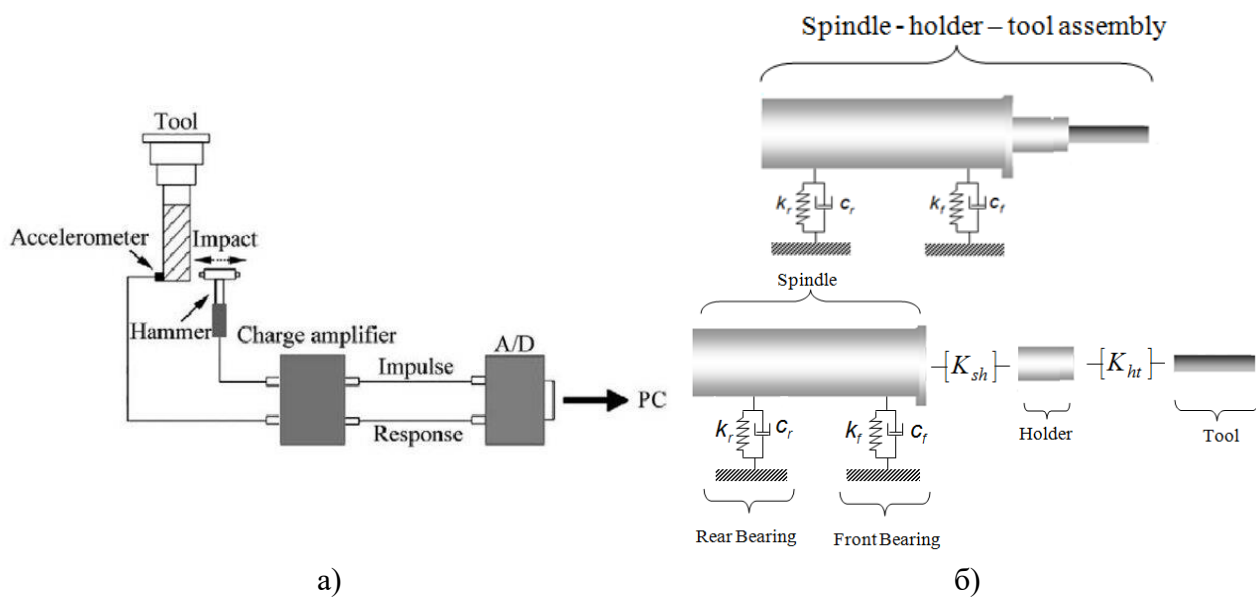


Рис. 1. Алгоритм побудова SLD для процесу фрезерування, [1]

Залежно від порівняльної жорсткості заготовлі та ріжучого інструменту зазвичай пропонуються три різні динамічні моделі технологічної обробної системи (ТОС) [1]. У цих моделях враховується або податливість інструменту, або податливість заготовлі, або податливість пари інструмент-заготовля. При кінцевому фрезеруванні відносно жорстких заготовель процес різання переважно описується одномасовими моделями з одним (SDOF) або двома (2SDOF) ступенями свободи із зведенням маси та характеристик жорсткості ТОС до інструменту [2].

Необхідні для моделювання SLD динамічні характеристики підсистеми інструменту ТОС зазвичай отримуються шляхом визначення частотної характеристики (FRF) у формі функції відгуку системи шпindel-оправка-інструмент при імпульсному збуренні (рис. 2, а).



**Рис. 2. Отримання частотної характеристики (FRF) системи шпindelь-оправка-інструмент: а) експериментально б) аналітично методом RCSA**

Але, зважаючи на відносну стабільність статичних та динамічних характеристик вузлів верстата (зокрема, фрезерного шпинделя), для отримання зведених характеристик системи шпindelь-оправка-інструмент з різними конфігураціями інструменту може використовуватись аналітично-експериментальний метод аналізу з'єднання підсистем (RCSA), [3]. Цей метод полягає у аналітичному прогнозуванні частотної характеристики кінця інструменту за результатами вимірювання частотних характеристик з'єднання шпindelь-оправка та аналітичної моделі інструменту. Це дозволяє прогнозувати динаміку обробки при різних конфігураціях інструменту без повторних вимірювань. Загалом FRF окремих складових системи шпindelь-оправка-інструмент може бути розрахована аналітично або отримана експериментально, а параметри їх з'єднання враховуються вже при отриманні FRF повного складання (рис. 2, б)).

### Висновки

Основними перевагами застосування методу RCSA для визначення динамічних характеристик підсистеми інструменту фрезерного верстата при кінцевому фрезеруванні є забезпечення можливості аналітичного прогнозування частотної характеристики кінця інструменту та поєднання моделі і вимірювання компонентів складання, що дозволяє значно спростити процедуру визначення частотних характеристик повного складання.

### Список використаних джерел

1. Sun, Y.; Zheng, M.; Jiang, S.; Zhan, D.; Wang, R. A State-of-the-Art Review on Chatter Stability in Machining Thin-Walled Parts / *Machines* 2023, 11, 359.
2. Yue, C., Gao, H., Liu, X., Liang, S.-Y., Wang, L. A review of chatter vibration research in milling. / *Chinese Journal of Aeronautics* 2019, 32, pp. 215–242.
3. Schmitz, T.; Betters, E.; Budak, E.; Yüksel, E.; Park, S.; Altintas, Y. Review and status of tool tip frequency response function prediction using receptance couplin. *Precis. Eng.* 2023, 79, 60–77.