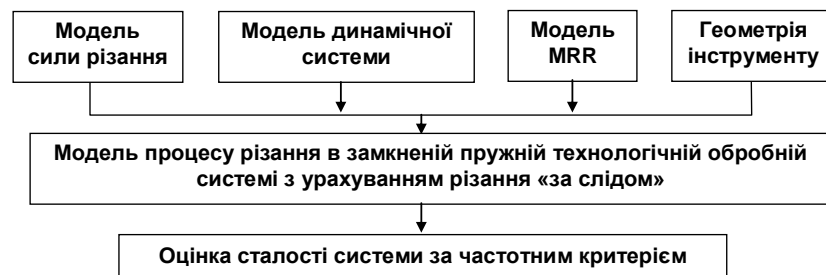


## МЕТОДИ УСУНЕННЯ ВІБРАЦІЙ ПРИ ОБРОБЛЕННІ РІЗАННЯМ

Процес різання завжди супроводжується вібраціями, рівень амплітуди яких визначає його ефективність. В основному всі дослідники вважають, що коливання в технологічній обробній системі (ТОС) відбуваються в результаті взаємодії пружної обробної системи з процесом різання, причому кількість публікацій, присвячених цій проблемі стрімко зростає, що ще раз свідчить про особливу її актуальність. Розглядаються різні причини виникнення вібрацій при різанні, однак в основному приймається одномасова модель з одним ступенем свободи, а математичний опис в основному базуються на використанні аналітичних методів розв'язання диференціальних рівнянь системи не вище другого порядку, а визначення умов стійкості ґрунтується на аналізі коренів характеристичного рівняння, що не завжди дає адекватні результати.

Останнім часом стрімко впроваджуються технології активного усунення вібрацій. Всі такі технології, так чи інакше побудовані на використанні принципів автоматичного управління систем зі зворотним зв'язком, коли сигнал від датчика вібрацій використовується для придушення самих вібрацій. Серед них можна виділити застосування пьезо- і магнітострикційних приводів, вібраційних магнітних пристроїв, що встановлюються на шпинделі. Відзначається, що такі технології дозволяють підвищити на 50% граничну глибину різання. У дослідженнях частотної області вібрацій і стійкості при різанні із застосуванням «lobes-diagram», незважаючи на широкий експеримент, все ж відсутня математична модель, що дозволяє прогнозувати виникнення вібрацій. Про актуальність проблеми свідчить поява на ринку високих технологій CNC-системи забезпечення безвібраційної обробки. Однак цей метод передбачає проведення складних комплексних досліджень і вимагає значних витрат.

На кафедрі технології машинобудування КПІ ім. Ігоря Сікорського запропонований новий підхід до створення математичних моделей ТОС при різанні, логістика якого пояснюється на рис. 1.



*Рис. 1. Структура дослідження*

Створені теоретичні засади з розроблення нових критеріїв оцінювання сталості процесів різання, що базуються на нових підходах до математичного опису процесів, які відбуваються в пружній замкненій ТОС. Закладені математичні основи з прогнозування вібраційної сталості при токарному обробленні деталей машин. Продовження таких досліджень має привести до інноваційних результатів зі створення систем і засобів гасіння коливань на верстатах з ЧПУ для різних видів оброблення різанням: точіння, фрезерування, шліфування тощо. Зроблені пошукові дослідження з пасивних (Passive Chatter Control) та активних (Active Chatter Control) технологій гасіння коливань довели перспективність такого управління в плані суттєвого підвищення продуктивності при повному забезпеченні якості оброблення різанням.

Серед пасивних методів гасіння коливань при різанні були розроблені технології проектування динамічних компенсаторів коливань, закладені основи до проектування адаптивних компенсаторів коливань з автоматичним підналаштуванням власної частоти компенсатора. Окремо розглянута технологія управління швидкістю різання при фрезеруванні з використанням алгоритму управління Spindle Speed Variation).

Було показано, що визначення оптимальних параметрів пасивних і активних технологій можливо при моделюванні процесів різання, де необхідно враховувати замкнутість пружної технологічної системи, її динамічні характеристики, геометричну і силову взаємодію інструменту і заготовки, обробку за слідом. Попередньо розроблені математичні моделі, що ураховують наведені вище фактори дозволяють застосовувати чисельні методи для отримання характеристик системи як у часі, так і в частотному діапазоні і таким чином прогнозувати сталість. Адекватність таких моделей була доведена експериментально, що свідчить про вірність обраного напрямку досліджень.

При пошуку інноваційних рішень активного гасіння коливань при різанні з застосуванням кіберфізичної системи з алгоритмом автоматичного пошуку оптимальних параметрів управляючого сигналу (амплітуди і фази) (Coordinate Descent Algorithm) буде використаний метод управління через привод формоутворюючого

руху верстату з ЧПК. Таким чином, спрощується реалізація такої технології. Планується перевірка ефективності та встановлення адекватності при проведенні відповідних експериментальних досліджень.