

Донецька державна машинобудівна академія

На правах рукопису

КУТЕПОВ Микола Леонідович

РОЗРОБКА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ВІБРОСТАБІЛІЗАЦІЇ ЗСЛМ
ФОРМУВАННЯ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА

Спеціальність 05.03.01 - Процеси механіч ої
обробки, верстати та інструменти

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на отримання вченого ступеня
кандидата технічних наук

Краматорськ - 1996 р.



00754309 (S)

Дисертація в друку

Робота виконана в Донбаській державній машинобудівній академії

Науковий керівник - доктор технічних наук,
професор Зелік В. П.
кандидат технічних наук,
доцент Сердюк О. О.

Офіційні консультанти - доктор технічних наук,
професор Зарубицький Є. У.,
кандидат технічних наук,
Носков В. В.

Провідне підприємство - КВВО м. Краматорськ.

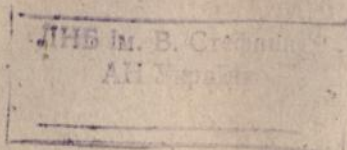
Захист відбудеться 3 " 04 1996 г. на засіданні спеціалізованої вченої Ради К28.01.01 в Донбаській державній машинобудівній академії за адресою: 3-3913, м. Краматорськ, вул. Шкільна, 72, учбовий корпус 1, зал засідань.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Донбаської державної машинобудівної академії.

Автореферат розісланий 1.03 1996 г.

Вчений секретар
спеціалізованої Ради
К28.01.01 к. т. н., доцент.

Гай В. М.



Загальна характеристика роботи

Актуальність

Сучасні економічні умови, в яких працюють машинобудівельні підприємства, визначають необхідність не лише підвищення якості виробленої продукції. Особливе місце в проблемі досягнення необхідної точності та продуктивності обробки займають заходи, спрямовані на боротьбу з небажаними динамічними явищами системи верстат-інструмент-деталь (ВІД).

Широке впровадження засобів автоматизації технологічних процесів, безлюдних технологій ставить задачу глибокого управління динамічними похибками обробки з метою їх обмеження та стабілізації. Внаслідок різноманітності умов обробки та значного числа випадкових та детермінованих факторів, визначають параметри вібрації в зоні різання, найбільш ефективним засобом для вирішення поставленої задачі є застосування адаптивних систем управління динамічними похибками обробки.

Вирішальна роль динамічної якості верстатів в подальшому підвищенні точності та продуктивності обробки визначає актуальність розглядаємої проблеми.

Метою роботи є підвищення продуктивності та точності металообробки на токарних верстатах шляхом будівництва адаптивної системи вібростабілізації зони формування на основі полічастотного управління складовими вібраціями найбільш значущих амплітуд, визначачих точність та вібростійкість обробки.

Методика дослідження.

Теоретичні та експериментальні дослідження базуються на основних положеннях динаміки верстатів, спектрально-кореляційного аналізу, теорії обробки інформації, теорії автоматичного управління, математичної статистики. При експериментальних дослідженнях використовувався спеціальний стенд, який дозволив ідентифікувати параметри коливальних систем ВІД та досліджувати об'єкти вібростабілізації зони формування токарного верстату.

Наукова новизна

1. Вперше розроблена методика програмно-апаратної ідентифікації параметрів коливальних систем в зоні різання в період обробки з врахуванням нестационарності вібрації. Експериментальні дослідження показали, що коливальний процес в більшості випадків характеризується присутністю декількох складових близьких по значенню амплітуд, тому гасіння однієї з них не може привести до реального під-

вищення точ.ості обробки.

2. Розроблена та досліджена нова методика полічастотного адитивного управління процесом дол.зань зони формування, яка побудована на незвиженому відділенні із спектру коливань складових найбільших амплитуд, а також настроїці вибірних каналів системи управління на частоти виділеніх складових.

3. Для реалізації вказаної методики розроблена та досліджена бог.токачальна система вібростабілізації на базі мікро ЕОМ, яка використовує електрогідрравлічний вібратор як виконавчий механізм. Система має нові можливості адаптивної амплітудно-частотної настроїки і аналіз управління.

4. Вперше досліджена методика управління в часовій області складовими коливань зони формування, які містять в собі швидкі та повільні нестационарності. З цієї метою розроблено ряд методів, головний з яких базується на формуванні зворотного впливу, функціонально залежного від положення ланки кінематичного механізму.

5. В результаті теоретичних досліджень ефективності системи вібростабілізації на математичній моделі одержані оптимальні параметри регулювання ланки зворотного зв'язку.

Обґрунтованість та певність наукових положень, висновків та рекомендацій визначається застосуванням сучасної вимірювальної апаратури, яка відповідає умовам передачі інформації з необхідною точністю; застосуванням сучасних методів математичної статистики та планування експериментів.

Практичне цінність.

Експериментальні дослідження розроблені та виготовлені вимірювальний комплекс діагностики функціонального стану верстатів токарної групи, система адаптивного управління на базі мікро ЕОМ типу IBM386/387, електрогідрравлічний вібратор, на основі якого побудовані обладнання мікропроцесора інструменту та безшумних верхньої частини супор.у токарного верстата. Розроблено пакет прикладних діагностичних та управ.влияющих програм.

Реалізація результатів роботи.

Розроблені обладнання вібростабілізації зони формування та вимірювальний комплекс динамічних досліджень на базі мікро ЕОМ впроваджені, відповідно, на Дружківському машинобудівельному заводі та в НДІ високих напруг м. Слов'янська. Крім цього на ДМЗ використовується методика та програмні засоби оцінювання технічного стану токарних верстатів; в Слов'янській "ДІВН" використовується облад-

нант контролю зусилля машини розривної МР20, а також етодика та програмне забезпечення для динамічного аналізу става елементів високовольтних ліній та підстанцій. Економічний ефект від впровадження обладнання в об'єктах ліній стаєть 634431378 кр. грн при достатньому завантаженні устаткування.

Апробація роботи.

Основні положення та результати дисертаційної роботи поділялись на науково-технічній конференції "Нові технології та системи обробки в машинобудуванні", Севастополь, 1994 р.; на міжнародній науково-технічній конференції "Прогресивна техніка і технологія машинобудівництва", Севастополь, 1995 р.; на 6-й міжнародній науково-технічній конференції "надійність ріжучого інструменту та оптимізація технологічних систем", Краматорськ, 1995 р.; на об'єднанні науковом семінарі кафедр "Металургія верстатів та інструменти", "Автоматизації виробничих процесів", "Технологія машинобудування" Донбаської державно-машинобудівної академії, 1995р.

Публікації.

Основні результати досліджень опубліковані в шести друкованих роботах, здана одна зявуча на винахід.

Структура й обсяг роботи.

Дисертація складається із вступу, 5 розділів з висновками, та загальних висновків по роботі, викладених на 130 сторінках машинописного тексту, 63 малюнків, 7 таблиць, списку літератури з 70 найменувань, а також 8 додатків.

Зміст роботи

У вступі обгрунтована актуальність роботи, її характеристика, її спрямованість і наукова новизна. Сформульована мета дослідження та основні положення роботи.

Перший розділ присвячений аналізу систем та методів підтримання динамічної якості верстатів.

В технічній літературі вивчено динамічних явищ, удосконалення динамічної якості верстатів, розроблено відповідних систем та обладнань присвячено значне кількість робіт. Проблемними в даній галузі є роботи В. О. Кудінова, В. С. Пуша, В. М. Лодурґова, В. В. Качинської, Е. М. Базрова, О. С. Пронікова, Д. М. Решетова, В. І. Горюшкіна, роботи закордонних дослідників Інамура Т., Т. Р. Комстока, а також роботи, зв'язані з віброзахистними системами таких авторів, як М. Д. Генкін, В. Г. Єлєзов і др.

Найбільш ефектними з них є замкнуті системи автоматичного управління.

Автоматичні системи управління параметрами динамічної якості верстатів які базуються на використанні стабілізації відносного положення інструменту та оброблюваної деталі шляхом вібраційних мікропереміщень інструменту, є найбільш ефективними. При цьому вимірний сигнал підлягає підсиленню та смугові фільтрації на частоті потенційно нестійкої форми, амплітуда якої на багато більше складових інших частот. Далі оцерований сигнал регулюють по амплітуді та фазі, підсилюють та подають на п'єзоелектричний вібратор таким чином, щоб закріплення до нього тілець робила переміщення близькі до амплітуди, але протилежні по напрямку вимірюваним коливанням. Системи реалізовані для випадків розточування і човдовжнього точіння.

Основними недоліками, які знижують ефективність таких систем, є присутність фіксованої частотної настройки ланцюга зворотного зв'язку і можливість управління тільки однією складовою коливань. В цьому випадку не враховується полічастотний та нестационарний характер вібраційного процесу в зоні формування.

На підставі вищевикладеного були визначені такі задачі цього дослідження:

- розробити методику безперервного виділення із спектру коливань складових, найбільш впливових на точність обробки, а також дальшої настройки одочастотних каналів системи управління на ці складові;
- розробити та провести дослідження адаптивної системи вібростабілізації зони формування, яка враховує зміну частотних характеристик вібрації і дозволяє управляти процесом коливань по кіськах найбільш значимих складових спектру;
- виявити характер впливу обладнання на вібростійкість верстата та показники точності обробки в залежності від зміни режимів різання та параметрів зворотного зв'язку системи управління;
- розробити методику функціонування, інформаційне та програмне забезпечення системи управління для реалізації методів компенсації нестационарних складових коливань човдовжнього процесу.

Другий розділ присвячено аналізу коливань в зоні формування токарних верстатів і факторів, які викликають ці коливання.

Для дослідження динамічних процесів в зоні формування використувався вимірний комплекс на базі мікро-ВММ типу ІВМ386/387/ДХ40. Завдяки адаптивному управлінню коефіцієнтом по-

силеяня і нульового рівня гнмівривального тракту одержало збільшення ефективності виміривальної системи у випадках наявності значних нестационарностей коливального процесу в часовій області. Також, особливостю комплексу є застосування фотоелектричного датчика кута повороту, який використовується для управління гзріодом квантування вхідного сигналу. Цей принцип покладено в основу нового методу апаратного управління процесом кореляційносткргльного перетворення, функціонально залежного від положення (кута повороту) ланки кінематичного механізму.

Експериментальні дослідження коливальних зон і формування проводились для верстатів 1К52 і 163.

Аналіз спектрального розподілу амплітуд коливальних в зоні різання проводився двома способами: на основі даних мікронерівності профілю обробленої деталі методом безпосередніх вимірювань відносною вібрації різача й заготовки з допомогою світлодіодного перетворювача переміщень, закріпленого на різці.

Порівняльний аналіз значень величин мікронерівностей деталей та амплітуд спектральних характеристик показав на їх значне розходження. Це зв'язано з присутністю низькочастотних коливальних супортної групи (середнє значення амплітуда 3-4 мкм), ідентифікація яких з допомогою традиційних способів викликає значні труднощі.

Коливальний процес в зоні формування характеризується присутністю кількох частотних складових сумірних по своїм амплітудним значенням. Деякі складові можна віднести до параметричних, яким характерна стабільність при зміні режимів обробки, наприклад, для верстата 1К52 на частотах 55-65 Гц, 160-170 Гц і 210-230 Гц з амплітудами 2-3, 1-2 і 1,2 мкм, відповідно. Однак, складові власних форм коливальних є домінуючими не для всіх умов обробки.

Аналіз круглої виїмки виває в значній реходження миттєвого спектрального розподілу від осередненої оцінки процесу, що також підтвержує про наявність вплив нестационарностей коливальних.

Третій розділ присвячено розробці багатоканальні системи вібростабілізації зони формування та методики адаптивної частотної настройки вибірних каналів системи управління на складові найбільших амплітуд.

Розглянуті два варіанти структурної побудови системи, які дозволяють досягти ефекту вібростабілізації зони формування.

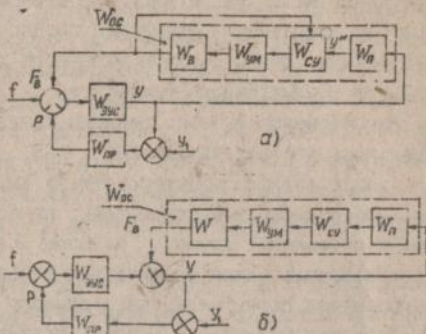
До першого з них відноситься (мал. 1(а)) метод динамічного згусового впливу на р'зетримач в радіальному напрямку (тут $W_{пр}$ - передаточна

функція (ПФ) процесу різання: $W_{\text{ЕПС}}$ - ПФ ЕПС верстата; $W_{\text{ЗВ}}$ - ПФ контура зворотного зв'язку; $W_{\text{ПФ}}$ - ПФ перетворювача; $W_{\text{СУ}}$ - ПФ системи управління; $W_{\text{ПД}}$ - ПФ підсилювача потужності; $W_{\text{В}}$ - ПФ вібратора). При цьому добиваються стабілізації або абсолютного, або відносного з заготовкою положення різця. Сигналом, на основі якого проводиться управління, є віброприскорення різцетримача в радіальному напрямку. Другий варіант (б) базується на утриманні примусового руху інструменту в радіальному напрямку, чим забезпечується віброкомпенсація його відносного положення із заготовкою.

Розроблена методика полічастотної вібростабілізації, яка спрацює для двох варіантів виконання системи.

Система вібростабілізації (мал 2) на прикладі вібростатичного обладнання різцетримача містить вібробудник 1, який через електромеханічний динамометр 2, з'єднаний з шпоном 3, датчик віброприскорення 4, встановлений на основі, попередні підсилювачі 5 і 6, са входи яких, відповідно, підключені електромеханічний динамометр 2 і датчик віброприскорення 4, підсилювач потужності 7, навантаження якого є об'єкт вібробудника 1, фотоімпульсний датчик кута повороту вєлу 8, а також блок управління 9. Розташування робочої осі випишу вібробудника 1 ефектних осей вимірювання динамометра 2 і датчика 4 вибігається паралельним радіальному напрямку.

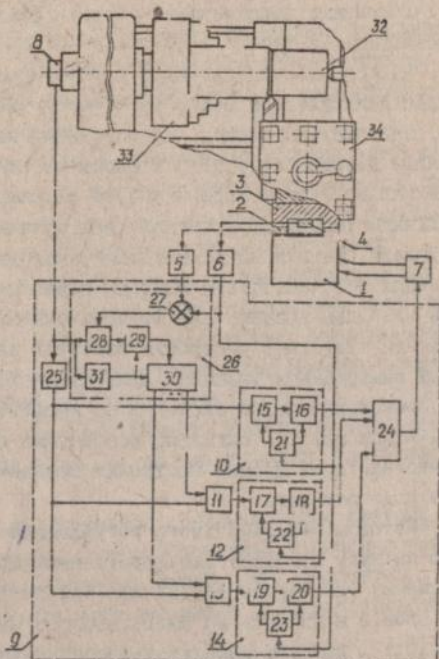
Блок управління 9 емітає декілька одночастотних каналів, кількість яких може бути різною і залежить від кількості складових вібрації які підлягають гасінню, причому один з каналів, згідно функціональної схеми-першої, містить одночастотний блок формування управляючого сигналу 10, а інші (другий і дальші) канали складаються з послідовно зв'язаних умножувача та одночастотного блоку фор-



Мал.1. Структурні схеми динамічної системи для двох варіантів виконання системи вібростабілізації

мування управляючого сигналу, відповідно, 11, 12 для другого і 13, 14 для останнього каналу.

Блок формування управляючого сигналу виборчих каналів ідентичні між собою, при цьому кожний з них містить, наприклад, блок 10 послідовно з'єднані амплітуда і 15 та фазовий 16 регулятори, які мають управляючі входи, з'єднані з виходами оптимізатора 21, вхід якого є управляючим для всього одночастотного блоку формування управляючого сигналу і підключений до виходу попереднього підсилювача 6. Виходи одночасно цих блоків формування управляючого сигналу підключені до входів суматора 24, вихід якого з'єднаний з входом підсилювача потужності 7.



Мал. 2. Функціональна схема системи вібростабілізації

Відмінною особливістю блока управління є використання блока оптимізації частотної настройки каналів 26, який містить в собі суматор 27, з двома входами підключеними до виходів попередніх підсилювачів 5 і 6, та виходом, з'єднаним з послідовно включеними блоком обчислення функції 28, блоком обчислення спектральної функції 29, блоком формування коефіцієнтів частотної настройки 30, причому останній з них має виходи, з'єднані з першими входами умножувачів 11, 13. Блоки 28, 29, 30 мають управляючі входи, причому управляючі входи блоків 29 і 30 зв'язані до виходу додаткового дільника 31, вхід якого спільно з управляючим входом блока 28 з'єднаний з датчиком кута повороту вала 8. Блок управління також містить блок визначення частоти обертання вала

9, який містить в собі суматор 27, з двома входами підключеними до виходів попередніх підсилювачів 5 і 6, та виходом, з'єднаним з послідовно включеними блоком обчислення функції 28, блоком обчислення спектральної функції 29, блоком формування коефіцієнтів частотної настройки 30, причому останній з них має виходи, з'єднані з першими входами умножувачів 11, 13. Блоки 28, 29, 30 мають управляючі входи, причому управляючі входи блоків 29 і 30 зв'язані до виходу додаткового дільника 31, вхід якого спільно з управляючим входом блока 28 з'єднаний з датчиком кута повороту вала 8. Блок управління також містить блок визначення частоти обертання вала

25, вхід якого з'єднано з датчиком кута повороту вала 8, а вихід підключено до входу блоку 10 та іншим входам умовних знаків 11, 13 виборчих каналів.

Головними положеннями методики функціонування системи вібростабілізації є такі.

На основі суми сигналів віброприскорення різцетримача та вібропідсилювача, до якого він входить вібробудника 1 на різцетримач, знаходиться сигнал, пропорційний вольтовому вібраційному зусиллю джерела вібрації. У блоці 26 за допомогою кореляційно-спектрального перетворення цього сигналу, який виконується під управлінням імпульсного сигналу від датчика 8 кута повороту вала (шпінделя, вала привода каретки), знаходиться спектр у відносних одиницях осі частот. Визначається відносні частоти складових коливань найбільш значних амплітуд, виходячи з яких обчислюються коефіцієнти частотної настройки виборчих каналів системи управління. Також вимірюється значення дійсної частоти обертання вала, шляхом помноження цього значення на коефіцієнти частотної настройки формуються цифрові сигнали, пропорційні дійсним частотам виділених складових. Такий процес настройки проводиться періодично відносно кута повороту вала.

Методом екстремального регулювання на основі сигналу зворотного зв'язку відбувається формування управляючого сигналу окремо в кожному одночастотному каналі. Вихідні сигнали всіх одночастотних блоків надходять до аналогового суматора 24, підсилювача потужності і далі на обмотку вібробудника 1, забезпечуючого при русі якоря вібраційне зусилля рівне по амплітуді і напрямку по напрямку контролюємим складовим вібрації.

На підставі досліджень, проведених в розд. 2 спроектовано та виготовлено електрогідрравлічний вібратор, на базі якого виготовлені вібробудник та обладнання вібраційних мікропідприємств, відповідно, для двох варіантів системи вібростабілізації. Проведені дослідження статичної та динамічної характеристик вібратора показали, що ефективний частотний діапазон вібратора має кордони 0-300 Гц, динамічний діапазон силового впливу обмежений 800 Н.

З метою оптимізації структури та забезпечення достатньої швидкодії системи управління обладнання вібростабілізації зони формування побудовано на базі мікро-ЕЕМ. Конструктивно система складається з послідовно з'єднаних блоку перетворення, управляючої ЕЕМ (типа 1ВМ386/387ДХ40), та блоку управління. Змірювальна

частина аналогової вимірювальному комплексу роз. 2. Блок управління має буферний регістр та цифро-аналоговий перетворювач, вихід якого є спільним виходом системи управління і далі підключається до підсилювача потужності.

Структурою система управління виконана на основі програмних модулів. Всі обчислювальні процеси виконуються за рекурентним алгоритмом, найменша розрядність даних обмежується необхідністю забезпечення точності управління.

Головним принципом програмної організації є проведення процесу введення вхідних та виводу вихідних даних управляючого сигналу за допомогою сигналу апаратного чергування, який формується фотодіюльсним датчиком кута повороту контролюемого вала.

У четвертому розділі розроблені теоретичне обґрунтування та математична модель процесу потімчастотного віброгасіння для обох варіантів посудови системи вібростабілізації зони формування. Динамічна система верстата з рахунком пріятних обмежень модульностей диференціальним рівнянням 7-го порядку.

Згідно висновків В. О. Кудінова динамічна система верстата є замкненою процесом різання (мал. 1), при що говорить зворотний зв'язок в контурі $W_{\text{епс}}$.

Аналітичне оцінювання ефективності використання системи вібростабілізації проводилось на основі розрахунку відносних коефіцієнтів вібростійкості по збурюючому впливу ЕПС верстата та процесу різання K_y окремо для двох варіантів реалізації системи. При цьому

$$K_x(\omega) = \frac{A_{x33}(\omega)}{A_x(\omega)} ; \quad K_y(\omega) = \frac{A_{y33}(\omega)}{A_y(\omega)}$$

де $A_{x33}(\omega), A_{y33}(\omega)$ - амплітудні значення вирації в зоні різання при звімкненому зворотному зв'язку, відповідно, викликані буренням ЕПС верстату та процесу різання на частоті ω ;

$A_x(\omega), A_y(\omega)$ - те ж при звімкненому зворотному зв'язку. Вказані амплітудні значення обчислюються на основі:

- передаточної функції системи по збуренню ЕПС верстата з використанням зворотного зв'язку для двох варіантів вібростабілізації

$$W_{F_1}(j\omega) = \frac{W_{\text{епс}}(j\omega)}{1 - W_{\text{епс}}(j\omega) \cdot (W_{\text{вз}}(j\omega) + W_{\text{пр}}(j\omega))} ;$$

$$W_{r_2}(j\omega) = \frac{W_{\text{ЕПС}}(j\omega)}{1 - (W_{\text{ЗЗ}_2}(j\omega) + W_{\text{ЕПС}}(j\omega) \cdot W_{\text{П}}(j\omega))} ;$$

- а ж по збуренню процесу різання

$$W_{y_1}(j\omega) = \frac{W_{\text{ЕПС}}(j\omega) \cdot W_{\text{П}}(j\omega)}{1 - W_{\text{ЕПС}}(j\omega) \cdot (W_{\text{ЗЗ}_1}(j\omega) + W_{\text{П}}(j\omega))} ;$$

$$W_{y_2}(j\omega) = \frac{W_{\text{ЕПС}}(j\omega) \cdot W_{\text{П}}(j\omega)}{1 - (W_{\text{ЗЗ}_2}(j\omega) + W_{\text{ЕПС}}(j\omega) \cdot W_{\text{П}}(j\omega))} ;$$

Перетворення проводяться на основі програмних засобів пакета MATCAD. Внаслідок розрахунків встановлено, що зворотний зв'язок для першого варіанта ввімкнення обладнання вібростабілізації (мал. 2(а)) повинен бути від'ємним відносно диференціюючої змінної - р, це зв'язано з тим, що в області низьких частот від 0 до 20-30 Гц при малих значеннях коефіцієнта посилення зворотного зв'язку (від 1 до 20) система втрачає стійкість для обох видів збурюючої впливу.

Другий варіант ввімкнення зворотного зв'язку, виходячи з приведеної методики аналізу, є найбільш прийнятним а відзнаку від практичної реалізації, яка запорозуміє значне збільшення жорсткості ЕПС з використанням обладнання мікропереміщень. Тому останнє належить використати тільки в умовах чистої обробки.

В роботі показано, що управління одночасно кількома складовими коливань дозволяє збільшити не тільки вібростійкість, але й підвищити точність токарної обробки.

П'ятий розділ роботи присвячено експериментальним дослідженням ефективності системи управління і всього обладнання в цілому.

Експериментальний аналіз системи управління про одився на спеціальній установці, яка дозволяє контролювати точність регулювання сигналів, модульованих по амплітуді (АМ) та частоті (ЧМ).

Дослідження системи вібростабілізації зони формування для процесу лоздовнього точіння проводились з використанням нових методів управління коливаннями, які приведені в таблиці 1. При цьому використовувались окремі методи та їх комбінації в залежності від параметрів складених коливань, які підлягають гасінню. Швидкість СУ зменшується відповідно з послідовністю приведених методів.

Методи управління системи віб्रोостабілізації зони формоутворення токарного верстата

№ п/п	Назва методу управління	Додатк. ва ц. грама методика
1	Метод детермінованого управління через з'єддалегідь визначену функцію коливань	Методика визначення функції коливань
2	Метод управління на основі функції і першідного процесу в залежності од вида збурення	Методика обчислення параметрів управління цього сигналу
3	Метод випереджучої корективки амплітуди при компенсації АМ складових вібрації	Методика визначення періоду управління цього сигналу
4	Метод випереджучої корективки фази при компенсації ЧМ складових вібрації	Методика обчислення зсуву фази кож. півперіоду коливань
5	Метод адаптивної частотної настройки вибірних каналів СУ на складов. найбільших амплітуд спектр коливань	Методика апаратного управління періодом квантування
6	Метод корективки частоти настройки в залежності від взаємороз'яснування вузлів верстата	
7	Метод настройки вибірних каналів СУ на власні модальні частоти ЕПС верстата	Методика виділення модальних частот

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. При ніюччї анализ методів та засобів підвищення динамічної якості верстатів показав, що найб. пш ефективним засобом є використання замкнених автоматичних систем, принцип управління яких полягає в виділенні з спектру відносної вібрації інс-дументу тг заготовки методом смутового ф'льтрування стаціонарної складової найбільшої, потенційно нестійкої форми коливань, регулюванні підсилення та фази в л. дці зворотного зв'язку. Такі системи значно збільшують вібростійкість та точність динамічної системи для цієї форми коливань, на яку вони настроєні.

2. Експериментальні дослідження коливань в зоні формоутворення показали, що коливальний процес в більшості випадків характеризується наявністю кількох складових, близких по значенню амплітуд. Тоді, гасіння одієї з них не може привести до істотного збільшення точності обробки.

3. Розроблена методика аналізу нестационарних складових коливань зони формоутворення на основі апаратної демодуляції частотно-модульованих коливань шляхом тактування процесу кореляційно-

спектрального перетворення імпульсами від датчика кута повороту вала. Аналіз точності апаратного принципу демодуляції виявив його перевагу перед програмним.

4. Аналіз коливань свідчив, що значний вплив на точність обробки чинять коливання верхньої частини супорту, викликані впливом збурення елементів прив'язки каретки. Такі коливання є переважно частотно та амплітудно модульованими.

5. Розроблена та досліджена методика полічастотного адаптивного управління процесом колювань зони формування, основана на безперервному виділенні з спектру коливань складових найбільших амплітуд, настроїці каналів системи управління на виділенні складових та амплітудно-фазового регулювання по критерію мінімуму результуючих коливань. При цьому упрямлічені сигнали формують в залежності від функції посилення ланки кінематичного механізму.

6. Розроблена та виготовлена багатоканальна система вібростабілізації зони формування токарного верстату на базі мікро-ЕМ. Система має дві можливості адаптивного амплітудно-частотної настроїки каналів управління. Як виконавчий механізм використано спеціально розроблений та досліджений електрогидравлический вібратор, який має ефективний частотний діапазон до 300 Гц, динамічний діапазон силового впливу до 800 Н.

7. Розроблена та досліджена на ЕОМ математична модель процесу різання з використанням системи вібростабілізації. Розрахунки показали, що зворотний зв'язок для першого варіанту зв'язання обладнання вібростабілізації повинен бути від'ємним, при цьому рекомендований діапазон коефіцієнта підсилення зворотного зв'язку [100-500]. Використання зворотного зв'язку згідно другого варіанту структурної організації дозволяє збільшити відносний коефіцієнт стійкості робочої області для обох видів збурюючого впливу, пропорціонального зростанню коефіцієнта підсилення ланки зворотного зв'язку та куту фазового зсуву -180° . Рекомендований діапазон коефіцієнта підсилення зворотного зв'язку даного варіанта 2 - 5.

8. Розроблено та виготовлено оригінальний експериментальний стенд дослідження ефективності системи управління для компенсації циклічних частотно та амплітудно модульованих коливань.

9. Розроблені та досліджені методи амплітудної та фазової корекції сигналу управління для адаптивного віброгасіння циклічно частотно й амплітудно модульованих складових коливань. Установлено, що система забезпечує ефективне управління не менше ніж чо-

тирма складовими, які расташовані в зблочому діапазоні частот, причому, при значенні девіації частот менше 10% індекс частотної модуляції не нижче 1,5. Експериментальні дослідження доведених способів вібростабілізації показали спільне пі зменшеня точності обробки та зменшення величини мікронерівності профілю деталі не менше чим в 1,8 рази, зниження віброактивності зони формування на складових власних форми не менше як в 2 рази.

10. Цехові випробування системи вібростабілізації, проведені на Дружківському заводі при обробці деталі типу шток на операції точіння з одночасною обкаткою роликками, дозволили підвищити продуктивність обробки в 2-2.5 рази при зберіганні та навіть поліпшенні точності обробки. Економічний ефект від впровадження здобуде 634431378 крб/рік.

Основні положення дисертації надруковані в роботах:

1. Кутепов Н. П., Шрам Л. В., Зелик В. П. Дуальное управление виброактивностью токарных станков. // Новые технологии и системы обработки в машиностроении. Тезисы докладов научно-технической конференции. Донецк: ДонГУ, 1994. - С. 67.

2. Кутепов Н. П., Голосенко И. А., Зелик В. П. Автоматизированная система диагностики подшипельных узлов станков токарной группы. // Тезисы докладов Междунар. научно-технич. конференции: Прогрессивная техника и технология машиностроения. - Донецк: ДС ИТ, 1995. с. 141.

3. Кутепов Н. П. Адаптивная система вибростабилизации зоны формообразования токарного станка. // Тезисы докладов междунар. научно-технич. конференции: Прогрессивная техника и технология машиностроения. - Донецк: ДонГУ, 1995. - С. 141.

4. Кутепов Н. П. Влияние приводов токарных станков на характер нестационарности колебаний в зоне формообразования / Тезисы докладов 6-ой междунар. научно-технич. конференции: Надежность режущего инструмента и оптимизация технологических систем. - Краматорск: ДГМА, 1995. - С. 59.

5. Кутепов Н. П., Зелик В. П., Голосенко И. А. Диагностический комплекс экспресс оценки технического состояния металлорежущих станков / Донбас. гос. машиностроит. академия. - Краматорск, 1995. - 11 с. - Библиогр.: 3 назв. - Рус. - Деп. в ГНТБ Украины 13. 06. 95, №1487-Укр95.

6. Кутепов Н. П., Зелик В. П., Голосенко И. А. Виброгасящее устройство. Заявка на изобретение №95041504, 4. 04. 95, МКИ G16G15/03.

Аннотация

Кутепов Н. Л. Разработка адаптивной системы вибростабилизации зоны формообразования токарного станка. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.01- процессы механической обработки, станки и инструменты, Донбасская государственная машиностроительная академия, Краматорск, 1996 г.

Защитаются исследования процесса вибростабилизации зоны формообразования токарного станка и методика поличастотного управления составляющими вибрации наиболее значительных амплитуд. Экспериментальные исследования относительного коэффициента устойчивости системы СИД на возмущения упругой системы и процесса резания подтверждают эффективность применения системы вибростабилизации. Установлено, что управление, функционально зависящее от положения звена кинематического механизма, является наиболее эффективным для гашения составляющих колебаний нестационарных во временной области. Осуществлено промышленное внедрение системы вибростабилизации и измерительно-диагностических средств.

Annotation

Kuteпов N. L. The adaptive system elaboration for the vibrostabilization of shaping zone of lathe. Thesis to competition for a candidate degree of the speciality 05.03.01-the processes of mechanical treatment, machinery and tools, Donbass state Machinebuilding Academy, Kr-amatorsk, 1996 year.

There are defended the researches of the process of vibrostabilization of shaping zone of lathe and the method of polyfrequency control for the biggest amplitude vibration components. The experiments have been executed for exploration of relative vibrostability coefficient of the treatment lathe system under the elastic tool system and cutting process influence. The exploration confirm the application vibrostabilization system efficiency. It is determined that the functional dependent on location mechanism control is the most effective manner to weak nonstationary vibration components of time interval. The industrial introduction has carried out for the vibrostabilization system and measurement-diagnostic means.

Ключові слова: динамічна система, вібрація, адаптивна система, зона формоутворення, полічастотне віброгасіння. *В. Кузнецов*

Подл. в печать 06.02.96 г. Формат 60x84/32. Бунага типографская.
Усл. печ. л. 0,6 Тираж 100 экз. Заказ № 527
Ратап, ИТ ДПМА, 343913, г. Краматорск, ул. Шкадинова, 72.