До спеціалізованої вченої ради
К 58.052.03
у Тернопільському національному
технічному університеті імені
Івана Пулюя

ВІДГУК

офіційного опонента
на дисертацію Четвержука Тараса Івановича на тему
«Підвищення ефективності діагностики стикових з'єднань
токарних верстатів»,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти.

1. Актуальність теми дисертації

Створення сучасного технологічного обладнання пов'язано з розвитком різних галузей промисловості, зростанням якості продукції та її собівартості. Точність оброблення різанням досягає від 0,01 до 10 мкм, а шорсткість обробленої поверхні Н=0,001мкм. Для деталей електронної та аерокосмічної промисловості ці параметри ще вищі.

Для забезпечення заданої точності обертальних та поступальних рухів необхідно зберігання точного отримання еталонних осей по всьому робочому просторі, при взаємному переміщенні вузлів з метою забезпечення точності форми та взаємного розміщення поверхонь, що обробляються.

Проблема надійності в даний стає особливо відчутною, яка в значній мірі залежить від зношення стикових поверхонь, температурних деформацій, вібрацій від внутрішніх та зовнішніх джерел та жорсткості (статичної і контактної).

Одним з ефективних методів зберігання ресурсу технологічної надійності є діагностика. З розвитком верстатобудування актуальність робіт в області діагностики постійно зростає. Особливої актуальності набуває робота в період кризи та обмеженості коштів на придбання нового металообробного обладнання, що вимагає від більшості вітчизняних підприємств модернізації та вдосконалення існуючого з метою підвищення його точності та продуктивності, впровадження технологічних процесів із використанням прогресивного різального інструменту. Подібні роботи ведуться на ряді підприємств загального машинобудування в Україні.

Спираючись на велику кількість робіт в області діагностики вітчизняних та закордонних авторів встановлено, що:

– поелементний розгляд (декомпозиція) пружної системи верстата з подальшим об'єднанням елементів в систему (синтез) є одним з продуктивних підходів системного аналізу, але такий прийом вносить похибки на обох етапах;

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
Вхідний № 1/28-2029
23 06 2015 р.
Підпис

– система технологічних обмежень продуктивності по суті є системою технологічних обмежень і ніяк не регламентує точність визначення деформацій технологічній пружній системі.

– емпіричні моделі можуть застосовуватися для найбільш типових умов експлуатації, до того ж вони мають обмежену цінність лише для конкретного технологічного об'єкта.

Однак всі розглянуті підходи не відповідають на одне важливе питання – який внесок дає кожен елемент технологічної системи в баланс жорсткості пружної системи верстата у міру його зношення.

Тому в даному дослідженні запропонована методика визначення балансу зміщень окремих елементів пружної системи в технологічному робочому просторі верстата за інформацією про деформаційні характеристики стиків. Автоматизація визначення технологічної надійності з'єднань вузлів металорізальних верстатів, їх досяжні і перспективні техніко-економічні характеристики є актуальним завданням.

2. Наукова новизна одержаних результатів

Автор обґрунтував ряд наукових положень, що базуються на аналізі фізико - механічних процесів в елементах несучої системи верстата, а саме в рухомих і нерухомих стиках, і їхній вплив на статичні та динамічні характеристики токарного верстата.

Дисертантом також визначені критерії, щодо прийняття раціональних структур математичних моделей для розроблення програмного забезпечення діагностики динамічних характеристик елементів несучої системи верстата на основі імпульсного модального аналізу і вібродіагностики. Наведені результати є новими і до даного часу не були відомими.

3. Практична цінність одержаних результатів

Найбільш важливими науковими результатами з точки зору практичної цінності є те, що автором розроблено нову ефективну безрозбірну діагностику вузлів верстата на оригінальній науковій базі, яка дозволяє у виробничих умовах скоротити вартість і час робіт на відновлення роботоздатності верстатів і тим самим забезпечити точнісну надійність.

Результати роботи впроваджені у виробництво при модернізуванні токарних верстатів завдяки діагностуванню їх стану на АТ «СКФ Україна» (публічне) (м. Луцьк) та ДП «Автоскладальний завод №1» (м. Луцьк). Результати досліджень також використовуються в навчальному процесі на кафедрі комп'ютерного проектування верстатів та технологій машинобудування Луцького НТУ при викладанні курсів «Металообробне обладнання» і «Обладнання та транспорт механообробних цехів».

4. Апробація роботи та відповідність планам наукових досліджень

Дисертаційна робота виконувалася відповідно до наукової тематики кафедри Комп'ютерного проектування верстатів та технологій машинобудування Луцького національного технічного університету. Здобувач брав безпосередню участь у виконанні держбюджетної теми № 86-09 «Технологічне забезпечення якості робочих поверхонь кілець роликопідшипників на операціях безцентрового шліфування», затвердженої наказом МОН України № 1043 від 17.11.08р. (номер державної реєстрації 0109U001210).

Основні питання дисертаційної роботи були представлені, обговорені та одержали схвалення на 6-ти науково-технічних конференціях. У повному обсязі робота доповідалася й отримала позитивний відгук на розширеному засіданні науково-технічного семінару кафедри Комп'ютерного проектування верстатів та технологій машинобудування Луцького національного технічного університету

5. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень дисертації

Обґрунтування основних положень і практичних рекомендацій витікає із використання дисертантом фундаментальних положень динаміки верстатів, а також результатів досліджень передових вчених вітчизняних та зарубіжних шкіл.

Автор також використав теорія коливань, основні положення дискретної математики, методи диференціального і інтегрального числення. Експериментальні дослідження виконувалися в лабораторних умовах із використанням методик планування та проведення експерименту, сучасної вимірювальної апаратури.

Достовірність теоретичних положень, конструктивних і технологічних розробок, а також алгоритмів керування підтверджена в лабораторіях університету.

Судження автора в більшості випадків є послівними і такими, що не суперечать фундаментальним положенням класичним науковим теоріям. Автор достатньо проаналізував структури математичних моделей, які описують розглянуті процеси, визначивши варіанти раціональної структури і зробивши висновки про критерії оцінок моделей. Визначення параметрів математичної моделі, перевірки достовірності припущень і обмежень виконані на трьох експериментальних стендах, створених автором самостійно.

6. Відповідність змісту автореферату і дисертаційної роботи та висвітлення результатів роботи в наукових виданнях

Автореферат у повній мірі відображає структуру дисертаційної роботи та за своїм змістом відповідає основним її положенням і висновкам. Оформлення автореферату відповідає існуючим вимогам. Висновки, зазначені у дисертаційній роботі та в авторефераті, є ідентичними.

За результатами досліджень опубліковано 16 наукових працях, в тому числі 12 статей у наукових фахових виданнях (з них 2 – в іноземних виданнях). Представлені 3 тези доповідей на наукових конференціях, 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. Апробація роботи представлена на 5 науково-технічних конференціях. Вклад автора в кожну із праць вказано в авторефераті, а в дисертації викладені тільки результати своєї роботи

Вивчення опублікованих за час роботи над дисертацією робіт показало, що вони достатньо розкривають зміст і результати дисертаційних досліджень автора, логічно побудовані і носять системний характер.

Об'єм публікацій в повній мірі відповідає вимогам до кандидатських дисертацій відповідно до п. 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника»

7. Структура, зміст та оформлення дисертації

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (122 найменування) і трьох додатків на 49 сторінках. Загальний обсяг дисертації складає 172 сторінки основного тексту, у тому числі 83 рисунки, 24 таблиці.

У вступі обґрунтована актуальність роботи та сформульовані мета і задачі дослідження, показана наукова новизна та практична цінність роботи, приведені відомості про апробацію, публікації і структуру роботи.

У першому розділі автор розглядає проблеми діагностики точнісної надійності верстатів, що визначається динамічними характеристиками, які в основному залежать від жорсткості рухомих та нерухомих стиків. Детально проаналізовані підходи по вирішенню проблеми діагностики в сучасному верстатобудуванні. А саме вплив деталей і стиків несучої системи верстатів на точність оброблення, продуктивність та контактну взаємодію поверхонь стиків.

Розглянуто вплив деформацій та контактну жорсткість, демпфуючої здатності на динамічні характеристики стиків. На основі аналізу досліджень та експлуатаційного досвіду автор визначив задачі досліджень в достатньому обсязі. А саме необхідно створення методик діагностування верстатів, які дозволяли б отримувати залежності характеристик елементів несучої системи верстатів і стиків від чинників, що впливають на них: координат робочого простору і параметрів навантаження. Такі залежності повинні бути зручні для використання при оцінці стану верстатів, а їх отримання повинне забезпечуватися при мінімальних матеріальних і часових витратах

Другий розділ присвячений обґрунтуванню припущення про подібність і коінтегрованість процесів розвитку деформованості стиків, а також використанню принципу подібності при діагностуванні деформаційних властивостей стиків.

Обґрунтовано припущення про функціональний зв'язок між деформаційним процесом , який вимірюється, і прихованим процесом, який треба діагностувати.

Розроблені методики і програми, що дозволяють достатньо достовірно і оперативно діагностувати ряди динаміки, які характерні для деформаційних властивостей стиків верстатів.

Розроблені методики і програмне забезпечення можуть використовуватися при експериментальних дослідженнях і прогнозуванні точнісної надійності токарних верстатів.

Третій розділ присвячений розробці методики моделювання та ідентифікації балансу деформованості стиків МРВ за їхніми характеристиками в технологічному робочому просторі верстата. Методика ґрунтується на використанні поняття фрактальності, висновках про подібність процесів деформації і принципі ітераційності процесів обчислень.

Для автоматизації процесу моделювання створена програма STYK, яка дозволяє визначити взаємозв'язки та вплив факторних ознак (силових факторів в стиках) на результуючі показники (складову похибки в стику). Програма забезпечує введення даних, їх коректування, пошук, обробку необхідної інформації для моделювання деформацій стиків, графічне відображення та протоколювання вихідних даних. Перевірка працездатності розробленої методики була проведена машинним експериментом.

Запропонована методика моделюванням балансу зсувів дає можливість діагностувати зношення вузла та інші процеси малої швидкості без його розбирання.

Розроблені методика і програма розрахунково-експериментальної ідентифікації модальних параметрів елементів пружної системи забезпечують ефективне і точне діагностування динамічної коливальної 4-ох масової системи верстата.

Автором показано, що реалізовані принципи машинного моделювання дозволяє зменшити загальні витрати і час на забезпечення технологічної надійності верстата в процесі його експлуатації.

Четвертий розділ присвячений розробці методу безрозбірної вібродіагностики на прикладі шпиндельної групи токарного верстата.

Запропонована методика діагностування розроблена на основі побудови і автоматизованого навчання мережі Байєса. Для цього у складі програми CORREL був розроблений спеціальний модуль NetB.pas.

На основі проведеного Фур'є – аналізу кривої биття шпиндельного вузла встановлені діагностичні ознаки похибок форми при точінні і зв'язки по частотах між джерелами похибок і діагностичними ознаками. Проведений аналіз результатів діагностування по розробленій методиці дозволяє вважати отримані результати достовірними.

В п'ятому розділі автор проводить експериментальну перевірку адекватності положень теоретичних розробок, дає методику експериментальних досліджень. При дослідженнях використовувалися три лабораторні установки: для виміру статичних навантажувальних характеристик; для визначення модальних параметрів коливальної несучої системи верстата; для дослідження вібродіагностики.

Також проведені експериментальні дослідження характеристик «навантаження – деформація» підтверджують припущення про те, що розвиток в часі форми кривих контактної деформації розвиваються подібно, а навантажувальні характеристики «навантаження – деформація» послідовно зв'язаних елементів несучої системи коінтегровані при їх зміні у часі.

В загальних висновках автор відзначає основні отримані одержані наукові і практичні результати.

В додатках до роботи міститься акти впровадження результатів досліджень у виробництво та навчальний процес. Копія отриманого охоронного документа на розроблену комп'ютерну програму.

8. Оцінка змісту дисертації

В цілому дисертаційна робота містить всі необхідні розділи, які достатньо повно розкривають проведені автором дослідження – від ґрунтовного аналізу існуючих теоретичних підходів та технічних рішень до конкретних рекомендацій. Стиль викладення і мова дисертації відповідають вимогам, що ставляться до дисертаційних робіт.

9. Зауваження до дисертації та автореферату

1. При проведенні частотного аналізу биття шпинделя (розділ 4.2) використано інтеграл Фур'є та розклад процесу в ряд Фур'є. При обчисленні коефіцієнтів ряду та спектру по дискретним значенням процесу можуть виникати значні похибки пов'язані з некоректністю постановки задачі знаходження коефіцієнтів ряду Фур'є або перетворення Фур'є. Для виключення даних похибок проводять регулярізацію задачі. В дисертації не вказано як вирішувались ці питання в програмі CORREL. Ці питання є важливими для формування необхідного обсягу вимірів дискретних значень биття шпинделя і повинні бути висвітлені в роботі.
2. Мережа Байеса являє собою орієнтований граф, вершини якого відповідають випадковим змінним, а дуги описують причинно-наслідкові зв'язки між цими змінними. Навчання мережі Байеса на основі математичного моделювання, як це запропоновано в роботі можливе, але воно потребує додаткового обґрунтування, чого в роботі не зроблено. Тому використана структура мережі не може вважатись оптимальною, як це сказано в роботі. В кращому випадку запропоновано деякий раціональний варіант структури мережі.
3. В дисертаційній роботі приведена значна кількість рисунків, що містять принт-скрини результатів роботи програми. Бажано було б опрацювати отримані залежності та надати їх окремо, в той час як вибір основних параметрів роботи програм для моделювання процесів треба винести в текстову частину з детальнішім описом задач, що ставились при дослідженнях.
4. В розділі 5 дисертації недостатньо описано експериментальний стенд для вимірів навантажувальних характеристик (рис. 5.2). Недостатньо повно розкрита методика проведення дослідження, не зрозумілі одиниці вимірів. Бажано б було вказати їх на графічних залежностях.
5. В дисертації і авторефераті є ряд стилістичних неточностей, на деяких рисунках відсутні необхідні позначення, є окремі граматичні помилки.

В цілому, зазначені зауваження суттєво не знижують якості досліджень та не впливають на основні наукові та практичні результати роботи.

Заключна оцінка дисертаційної роботи

В цілому дисертація Четвержука Тараса Івановича є закінченою науково-дослідною працею, в якій вирішена важлива науково-технічна задача розробки ефективних методів діагностування стану елементів несучої системи металорізального верстату, зокрема нерухомих і рухомих стиків з врахуванням процесів зношування і припрацювання.

Вважаю, що дисертаційна робота на тему «Підвищення ефективності діагностики стикових з'єднань токарних верстатів» є завершеною науковою працею, яка за актуальністю, новизною, практичною цінністю, об'ємом публікацій відповідає вимогам до кандидатських дисертацій та задовольняє вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а її автор Четвержук Тарас Іванович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти.

Офіційний опонент:
Завідувач кафедри конструювання верстатів та машин Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», заслужений діяч наки і техніки України, доктор технічних наук, професор В.Б. Струтинський

Підпис д.т.н., професора Струтинського В.Б.
засвідчую:
Вчений секретар Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», кандидат філософських наук, доцент А.А. Мельниченко