

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ МАШИН, СПОРУД І ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ, ІНСТРУМЕНТІВ ТА МАШИН

**РЕГЕЙЛО МИКОЛА ПЕТРОВИЧ**

УДК 621.9

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ  
ТОЧНІСТЮ ПОЗДОВЖНЬОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ СУПОРТА ВАЖКОГО  
ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА**

8.05050301 «Металорізальні верстати та системи»

**Автореферат**  
дипломної роботи магістра

Тернопіль 2017

Роботу виконано на кафедрі конструювання верстатів, інструментів та машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин  
**Луців Ігор Володимирович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:** доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобілів  
**Ляшук Олег Леонтійович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 21 лютого 2017 р. о 9<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №9 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №4, ауд. В1

# 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

## а) Актуальність теми роботи.

Точність застосовуваного устаткування впливає на якість і продуктивність обробки. Особливо це проявляється при експлуатації важких верстатів.

Як правило, підвищення точності обробки спричиняє підвищення вартості обробки, тому досить актуальним є пошук шляхів забезпечення потрібної точності при мінімальних витратах. Одним з перспективних напрямів у цій області є застосування систем адаптивного керування.

Розраховуючи й проектуючи машини і їх деталі, конструктор призначає їм певні розміри й форми, які повинні відповідати високим експлуатаційним характеристикам. Однак оброблені на верстатах деталі будуть мати відхилення від заданих форм і розмірів. Щоб обмежити похибки, механічну обробку виконують у межах заданих допусків - діапазону відхилень розмірів і форм обробленої деталі від заданої конструктором по кресленню. Ступінь відповідності параметрів обробленої деталі параметрам, заданим кресленням, розуміється як точність механічної обробки, а невідповідність як похибка обробки.

## б) Мета і завдання.

*Метою роботи* є підвищення точності обробки на важких токарних верстатах на основі досліджень вкладу різноманітних факторів в баланс похибок під час обробки на верстаті.

Для досягнення цієї мети у роботі вирішено такі задачі:

- проведено огляд і критичний аналіз методів підвищення точності обробки на важких токарних верстатах;
- проведено вибір оптимального керуючого параметру для системи адаптивного керування точністю важкого токарного верстата;
- здійснено розробку системи адаптивного керування (САК) точністю обробки для важкого токарного верстата;

## с) Об'єкт, методи та джерела дослідження.

*Об'єкт дослідження.* Процес обробки на важкому токарному верстаті.

*Предмет дослідження.* Ефективність керування різними параметрами технологічної системи, які визначають точність обробки.

*Методи дослідження.* В основу роботи покладено метрологічну оцінку точності виготовлення деталей-представників; метод експертних оцінок; метод кінцевих елементів.

## д) Наукова новизна отриманих результатів:

- систематизовані вимоги точності деталей – представників для важких токарних верстатів;
- досліджена складність отримання потрібної точності для різноманітних точнісних параметрів;
- розроблена нова система адаптивного керування точністю поздовжнього переміщення супорта важкого токарного верстата.

#### **е) Практичне значення отриманих результатів.**

Результати дослідження дозволяють вибрати групу параметрів технологічної системи, адаптивне керування якими найбільш ефективно підвищує точність обробки. Розроблена САК дозволяє скомпенсувати вплив на точність обробки геометричних похибок, пружних і теплових деформацій напрямних поздовжнього переміщення.

#### **ф) Апробація.**

Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались на V Міжнародної науково - технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 17-18 листопада 2016 р.) і опубліковані в збірнику:

Матеріали V Міжнародної науково - технічної конференції молодих учених та студентів / В 2 т. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 17-18 листопада 2016 р.), 2016.- Т. 1. с.262.

2. **Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 9 розділів, висновків, списку літератури (43 найменування), 3 додатків.

Загальний обсяг тестової частини – \_\_\_ сторінок, \_\_\_ таблиць, \_\_\_ рисунків.

### **3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

а) У **Вступі** проведено огляд сучасного стану машинобудівної галузі промисловості та охарактеризовано основні завдання, які необхідно вирішити, сформульована мета виконання роботи, а також перелічено завдання, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети та комплексного наповнення дипломної роботи магістра.

б) **Перший розділ "АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ"** розкриває зміст попередньо виконаних наукових досліджень за тематикою магістерської роботи, а також теоретичні засади, які покладені в основу як аналітичного дослідження, так і експериментального базису.

в) У **другому розділі "ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД"** проведено аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами, обґрунтовано актуальність роботи.

г) У **третьому розділі "ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ"** сформульований актуальний пошук шляхів забезпечення необхідної точності при мінімальних витратах. Одним з перспективних напрямків у цій області є застосування систем адаптивного керування.

д) **Четвертий розділ "СПЕЦІАЛЬНА (НАУКОВА-ДОСЛІДНА) ЧАСТИНА"** включає вибір оптимального керованого параметра для системи адаптивного керування точністю верстата мод. 1К665Ф3; досліджено суб'єктивну складність одержання необхідної точності для різних точнісних параметрів; досліджено неоднорідності теплових полів станини важкого токарного верстата мод.1К665Ф3; проведено моделювання теплових деформацій станини важкого токарного верстата мод. 1К665Ф3 методом кінцевих елементів.

е) У **п'ятому розділі "КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА"** міститься розробка структурної схеми САК; розробка конструкції датчика

зсуву каретки суппорта; розробка конструкції приводу юстировки оптичної бази.

g) **Шостий розділ "ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ"** містить комплекс необхідних економічних розрахунків, які доводять економічну ефективність прийнятих технічних рішень.

h) **Сьомий розділ "ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ"** присвячений висвітленню питань, щодо забезпечення безпечних умов праці на виробництві та аналізу дій адміністративного та виробничого персоналу у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

i) **Восьмий розділ " ЕКОЛОГІЯ"** містить опис негативних факторів, які можуть впливати на екологічний стан навколишнього середовища та шляхи зменшення цього впливу у процесі виробничої діяльності.

#### **4. ВИСНОВКИ**

4.1. Досягнення необхідної точності оброблюваних виробів на важких токарних верстатах, через більші габарити вузлів верстата, що брав участь у формоутворенні, похибок складання, геометричних похибок, пружних, теплових деформацій, є актуальною проблемою на сьогоднішній день важливість, що тому відповідає, здобуває завдання забезпечення й підвищення точності верстатного устаткування.

4.2. У рамках розробки адаптивних приводів поздовжньої подачі були проведені дослідження вимог до типових деталей, оброблюваних на важких токарних верстатах, досліджені реально одержувані параметри точності, досліджений ступінь впливу факторів, що обурюють, на різні параметри точності обробленого виробу й зроблений висновок, що точність форми в поздовжньому перетині є найбільш проблемною характеристикою точності.

Із цього випливає, що адаптивне керування траєкторією поздовжнього переміщення супорта дозволить виключити вплив більшої частини проблемних факторів і забезпечити досягнення заданої точності по проблемній характеристиці - точності форми в поздовжньому перетині.

4.3. Розроблена структурна схема системи адаптивного керування точністю траєкторії поздовжнього переміщення супорта. Розроблена САК дозволяє компенсувати вплив на точність пропрацювання геометричних погрешностей, пружних і теплових деформацій направляючих поздовжнього переміщення.

4.4. Детально розроблені складові частини САК: датчик зсуву каретки супорта й привід юстировки оптичної бази.

4.5. Розроблені методики випробування САК на діючому верстаті, але розроблені методики виміру із застосуванням рефлектора прямолінійності-паралельності.

4.6. Здійснений розрахунки теплових деформацій по отриманому температурному полю методом кінцевих елементів у програмному пакеті COSMOS Works і ANSYS Workbanche.

## 5. ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Регейло М.П. Морфологічний синтез верстатно-інструментального оснащення для кінематичного дроблення стружки / Луців І.В., Стахурський О.О., Регейло М.П. Матеріали V Міжнародної науково - технічної конференції молодих учених та студентів / В 2 т. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 17-18 листопада 2016 р.), 2016.- Т. 1. С. 262.
2. Кузнецов Ю.М. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах/ Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин [Текст] - К.: - Тернопіль: Тернограф, 2011. - 692с.
3. Луців І.В. Багатолезове адаптивне оснащення: техніко-економічні показники//Вісник ЖДТУ. - Житомир: ЖДТУ, 2001, 316, с. 52-59
4. Луців І.В. Теорія технічних систем /Ю.М.Кузнецов, Ю.К.Новосьолов, І.В.Луців – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 246 с.
5. В. В. Солоха, В. С. Ліліченко, М. В. Фролов. Зниження впливу теплових деформацій на точність обробки на токарних верстатах / В. В. Солоха, В. С. Ліліченко, М. В. Фролов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні №2, 2011. – С. 69-72.
6. Шанайда В.В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках/ Шанайда В.В. – Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2001. – 163 с.
7. Врагов Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков: (Основы компонетики)/ Врагов Ю.Д. –М: Машиностроение, 1978. – 208 с.
8. Пуш В.Э. Металлорежущие станки./ Пуш В.Э.- М.: Машиностроение, 1986. - 526с.
9. Расчет деталей и узлов металлорежущих станков с использованием ЭВМ/ С.А.Дубиняк, С.Г.Нагорняк, И.В.Луцив, И.Д.Дубецкий :Киев УМК ВО, 1989. – 152 с.
10. Lutsiv I. Adaptation of lathe chucks clamping elements to the clamping surfaces / Lutsiv I.V., Voloshyn V.N., Bytsa R // International journal for science, technics and innovations for the industry Mashines, Technologies, Materials. Sophia, PSTUM, 2015 . - Issue 12. - S/64-67
11. Hurey I. Qualimetric indexes determinations of adaptive type limited mechanizms for materials machining / Hurey I., Lutsiv I, Broshchak I, Sharyk M // Advances in manufacturing science and technology. - 2015. - №1. -p. 33-43
12. Кузнецов Ю. Н., Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки: монография/ Ю.Н. Кузнецов, О.И. Драчев, И.В. Луцив И.В., Шевченко А.В., Волошин В.Н.. – Старый Оскол: ТНТУ, 2014. – 480 с.

13. Луців І.В. Характеристики подач і зусиль при тонкому точнінні багаторіздцевими головками / І.В. Луців, В. М. Шарик // Вісник ТНТУ. - №2(74). - Тернопіль, 2014. - С. 113-122.

## 6. АНОТАЦІЇ

Регейло М.П.; " Дослідження системи адаптивного керування точністю поздовжнього переміщення супорта важкого токарного верстата". 8.05050301 – Металорізальні верстати та системи; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2017 р.

У дипломній роботі розглянуті результати досліджень підвищення точності обробки й узагальнення окремих питань її забезпечення, які дозволяють без додаткових капітальних витрат поліпшити техніко - економічні показники дрібносерійного виробництва. На основі цих досліджень детально розглянуті питання, що стосуються досягнення необхідної точності обробки на важких токарних верстатах традиційними методами, а також досягнення необхідної точності обробки на важких токарних верстатах із застосуванням систем адаптивного керування точністю (САК). Розроблена адаптивна система керування точністю важкого токарного верстата стосовно мод. 1К665Ф3, детально розроблені датчик зсуву каретки супорта, блок керування й підсумовування датчика зсуву каретки, алгоритм роботи датчика й привід юстировки оптичної бази каретки. Вибрано оптимальний керований параметр для САК, а також досліджені неоднорідність теплового поля станини важкого токарського верстата мод. 1К665Ф3.

Ключові слова: верстат, похибка, датчик відхилення каретки, параметри точності, система адаптивного керування, привід налагодження.

Rehejlo M.P.; " Investigation of adaptive-control system of longitudinal running accuracy of heavy-duty lathe carriage Adaptive control system investigation of heavy lathe carriage precision longitudinal movement" 8.05050301 - metal-cutting machine tools and systems; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2017.

In the thesis paper the research results that improve the accuracy of processing and summarizing some of its software are given. This allows no additional capital expenditure to improve the technical and economic performance of small-scale production. Basing on these studies in detail the issues related to achieve the required accuracy of processing heavy lathes traditional methods and to achieve the required accuracy of processing heavy lathes with the use of adaptive control accuracy (ACS) are presented. The adaptive control system for heavy precision lathe (mod. 1K665F3) is developed, elaborate sensor shift carriage slide control unit and sensor shift carriage summation algorithm of sensor and optical the drive adjustment base carriage are designed. The best option for ACS is chosen as well as the heterogeneity of thermal field frame for heavy lathe (mod. 1K665F3) is investigated.

Key words: machine tool, error, the deviation carriage sensor, parameters of accuracy, adaptive control system, the drive adjustment.