

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

**ВЕРБОВЕЦЬКА МАР'ЯНА ВАЛЕНТИНІВНА**

УДК 621.9

**ПОКРАЩЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБРОБКИ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ З  
ШПИНДЕЛЬНИМИ ВУЗЛАМИ НА ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОРАХ**

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:** кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин  
**Лещук Роман Ярославович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин  
**Сташків Микола Ярославович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 21 лютого 2017 р. о 9.00 год. на засіданні екзаменаційної комісії №9 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навч. корпус №4, ауд. 1

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### **Актуальність проблеми.**

Підвищення точності верстатів, як відомо, насамперед, виключає окремі операції наступної обробки, тобто збільшує загальну продуктивність механічної обробки.

Застосування опор кочення має певні межі по точності, тому що джерелами зсуву заданої траєкторії рухи є геометричні поверхні тіл кочення, зміни розподілу сил у підшипнику внаслідок зміни положення тіл кочення щодо лінії дії зовнішнього навантаження, а також наявність деформацій, як самих тіл кочення, так і з'єднаними з ними поверхонь деталей. При збільшенні натягу в опорах кочення точність обертання підвищується тільки до деякої межі. Така ж картина спостерігається й для лінійних опор кочення. До того ж, у важких верстатах зі ЧПК напрямні кочення не отримали поширення внаслідок високої вартості великогабаритних роликових підшипників і дуже високих вимог, що висуваються до точності поверхонь, що контактують з підшипниками.

Опори рідинного тертя знаходять усе більш широке застосування при конструюванні важконавантажених опор, зокрема, у шпindelьних опорах важких токарних верстатів, вальцешліфувальних, колесотокарних і інших.

**Мета роботи:** підвищення ефективності роботи важких верстатів на основі застосування адаптивних гідростатичних опор.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **завдання**:

1. Проаналізувати шляхи підвищення точності верстатного устаткування, особливості застосування шпindelьних опор різних типів
2. Розробити методика розрахунків і моделювання шпindelьних вузлів на опорах рідинного тертя.
3. Провести аналіз експериментальних досліджень шпindelьного вузла важких токарних верстатів.
4. Розробити систему керування точністю на базі адаптивних гідростатичних опор.

**Об'єкт дослідження:** шпindelьні вузли токарних верстатів.

**Предмет дослідження:** гідростатичні шпindelьні опори.

**Методи дослідження:** Теоретичні дослідження виконувались із використанням положень класичної механіки, основ теорії механізмів і машин, основ конструювання деталей машин, а також сучасних методів математичного моделювання.

**Наукова новизна:**

1. Розроблена методика розрахунків шпindelьного вузла верстата на

гідростатичних опорах з контролем пружних і теплових деформацій.

2. Розроблена система керування точністю шпиндельного вузла на базі адаптивних гідростатичних опор.

#### **Практична цінність і реалізація результатів роботи:**

1. Розроблена конструкція шпиндельного вузла на комбінованих опорах і опорах рідинного тертя.
2. Визначені конструктивні параметри шпиндельних вузлів важких токарних верстатів підвищеної точності.

**Апробація.** Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались на V Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, 2016) і опубліковані в збірнику матеріалів конференції.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 144 арк. формату А4, графічна частина – 10 аркушів формату А1

### **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У вступі наведено актуальність проблеми дослідження, мету роботи, завдання дослідження, наукову новизну та практичну цінність роботи.

У розділі 1 «ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ НА ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОРАХ ДЛЯ ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ» проаналізовано конструкції Шпиндельних вузлів на підшипниках кочення, шпиндельних вузлів на підшипниках рідинного тертя, область застосування опор рідинного тертя у верстатах та адаптивне керування точністю верстатів

У розділі 2 «РОЗРАХУНОК ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ З ГІДРОСТАТИЧНИМИ ОПОРАМИ» проведено розрахунок гідродинамічного змащення та Адаптивної система живлення опори шпиндельного вузла.

У розділі 3 «АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГІДРОСТАТИЧНОГО ОПОРНОГО ВУЗЛА» проведено аналіз результатів експериментальних досліджень вимірювання зазорів в опорних вузлах, тисків мастильного матеріалу в зазорі та в системі живлення, об'ємної витрати мастильного матеріалу.

У розділі 4 «РОЗРОБКА ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ВАЖКОГО ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА НА АДАПТИВНИХ ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОРАХ» розроблено конструкцію шпиндельного вузла верстата та систему адаптивного

керування точністю шпindelного вузла.

У розділі 5 «СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ САПР» проведено моделювання пружних і теплових деформацій опорного вузла шпindelя токарного верстата.

У розділі 6 «ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ» розроблено комплекс необхідних економічних розрахунків, які доводять економічну ефективність прийнятих технічних рішень.

У розділі 7 «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» висвітлено питань, щодо забезпечення безпечних умов праці на виробництві та аналізу дій адміністративного та виробничого персоналу у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

У розділі 8 «ЕКОЛОГІЯ» наведено опис негативних факторів, які можуть впливати на екологічний стан навколишнього середовища та шляхи зменшення цього впливу у процесі виробничої діяльності.

## ВИСНОВКИ

1. Підвищення необхідної точності оброблюваних деталей на важких верстатах, через великі габарити вузлів верстата, які виконують формоутворення, похибки складання, пружних, теплових деформацій, є актуальною проблемою на сьогоднішній день.

2. Найкращі показники по точності й жорсткості для токарських верстатів мають шпindelні вузли рідинного тертя.

3. Розроблена методика розрахунків гідростатичних опор з контролем пружних і теплових деформацій на основі спільного розв'язку завдань гідродинаміки, теорії пружності й теплового балансу. Обмін інформацією між різними завданнями відбувається на рівні вхідних і вихідних даних по ітераційному алгоритму.

4. Проведено аналіз експериментальних досліджень шпindelних вузлів, при різних навантаженнях, як у стані спокою, так і при різних швидкостях взаємного переміщення поверхонь, показали узгодження даних моделювання й експериментальних даних.

5. Розроблені мембранний і золотниковий регулятори для систем живлення адаптивних гідростатичних опор.

6. Розроблений шпindelний вузол важкого токарного верстата й адаптивна система живлення шпindelних гідростатичних опор, застосування яких дозволило підвищити точність і продуктивність обробки.

7. В роботі розроблені питання економічного обґрунтування нового верстата, охорони праці, безпеки життєдіяльності та екології.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пуш В.Э. Металлорежущие станки / Пуш В.Э. - М.: Машиностроение, 1986. - 526с.
2. Бушуев В. В. Станкостроение: перспективы и состояние / Бушуев В. В. МГТУ "Станкин", г. Москва.2005, N 4, с. 4-6. Рус.. RU
3. Бушуев В.В. Тепловые явления в гидростатических опорах // Бушуев В.В., Цыпунов О.К. - Станки и инструмент. - 1987. - № 11. - С. 27-29.
4. Проников А.С. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем / Проников А.С. Справочник – учебник. В 3-х т. Т.2 Ч.1. Расчет и конструирование узлов и элементов станков – М.:Машиностроение, 1995.
5. Система адаптивного управления. Optimise machining time. Metalwork. Prod.. 2006. 150, N 8, с. 79, 1 ил.. Англ.
6. Алямовский А. А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Алямовский А. А., Собачкин А. А., Одинцов Е. В., Харитонович А.И., Пономарев Н. Б. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 800 с.
7. Решетов Д.Н. Детали и механизмы металлорежущих станков, т.2. / Решетов Д.Н.– М.:Машиностроение, 1972.- 482с.
8. Бушуев В.В. Гидростатические опоры тяжелых станков. / Бушуев В.В. М.: Машиностроение, 1989.- 176 с.
9. Луців І.В. Теорія технічних систем /Ю.М.Кузнєцов, Ю.К.Новосьолов, І.В.Луців – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 246 с.
10. Луців І.В. Динамічні характеристики підсистем верстатного оснащення адаптивного типу [Текст] / І.В. Луців, Р.Я. Лещук. // Вісник ТДТУ. - 2009. - Том 14. - № 4. - С. 99-107.
11. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник/ В.И.Баранчиков, А.В.Жаринов, Н.Д.Юдина и др.; Под общ. ред. В.И.Баранчикова.- М.: Машиностроение,1990.- 400с.:ил.

## АНОТАЦІЯ

Вербовецька М.В. Покращення параметрів обробки на токарних верстатах з шпіндельними вузлами на гідростатичних опорах. 8.05050301 «Металорізальні верстати та системи» – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2017.

В роботі проведено конструювання шпіндельних вузлів токарних верстатів та розрахунок гідростатичних опор з контролем пружних і теплових деформацій на основі розв'язку задач гідродинаміки, теорії пружності й теплового балансу.

**Ключові слова:** ТОКАРНИЙ ВЕРСТАТ, ГІДРОСТАТИЧНА ОПОРА,

# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ДЕФОРМАЦІЯ, АДАПТИВНА СИСТЕМА ЗМАЩУВАННЯ.

## ANNOTATION

Verbovetska M. Improvement of machining characteristics on lathes with spindle units on hydrostatic supports. 8.05050301 - metal-cutting machine tools and systems. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University. – Ternopil, 2017.

The diploma paper thesis deals the design of spindle lathes units and calculation of hydrostatic supports for the control of elastic and thermal deformation. These research are based on the problem solving of fluid dynamics, elasticity and thermal balance.

**Key words:** LATHE, HYDROSTATIC SUPPORT, MATHEMATICAL MODEL, DEFORMATION, LUBRICATION ADAPTIVE SYSTEM.