

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

СОВ'ЯК ІВАН МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 621.9

**ДОСЛІДЖЕННЯ І МОДЕРНІЗАЦІЯ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА
КОПЮВАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
ЖОРСТКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

133 «Галузеве машинобудування»

Автореферат
дипломної роботи магістра

Тернопіль 2018

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, професор кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин
Кривий Петро Дмитрович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування
Дичковський Михайло Григорович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 23 лютого 2018 р. на засіданні екзаменаційної комісії №10 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.

Сучасні металорізальні верстати, які використовують за кордоном обладнані несучою системою підвищеної жорсткості, мають швидкості обертання шпинделя більш як 25...27 тис. об/хв. а, механічну обробку виконують на підвищених режимах. Ці верстати мають високу продуктивність і забезпечують якісну оброблювану поверхню. Забезпечення аналогічних характеристик верстатів вітчизняного виробництва обмежується не тільки великими розмірами їх кінематичних ланцюгів а й конструкцією шпиндельних вузлів. Ці верстати можуть працювати на швидкостях до 1,6...2,0 тис. об/хв., що пов'язано з використанням роликів і шарикових підшипників.

В зв'язку з цим модернізація верстата, з науковим обґрунтуванням використання шпиндельних вузлів з гідростатичними опорами є актуальним і своєчасним.

Модернізація верстата повинна проводитися на підставі аналізу конструкції з врахуванням результатів огляду літературних та патентних матеріалів і сприяє більш ефективному використанню устаткування. За час експлуатації верстата з'являються нові технологічні процеси і нові інструменти, підвищується ступінь автоматизації виробництва, зростає продуктивність праці. Одночасно з'являються нові конструктивні рішення по окремих вузлах і механізмах верстатів із застосуванням більш зносостійких і міцних матеріалів. Все це призводить до необхідності модернізувати устаткування, наближаючи його технічні показники до рівня нових машин.

б) Мета і завдання.

Метою роботи є підвищення жорсткості шпиндельних вузлів копіювально-фрезерних верстатів.

Для досягнення цієї мети у роботі потрібно вирішити такі задачі:

- провести огляд і критичний аналіз конструкцій гідростатичних і гідродинамічних опор шпиндельних вузлів.
- запропонувати раціональні конструкції гідростатичного радіального і гідродинамічного підшипника шпинделя верстата;
- здійснити розробку повнорозмірної експериментальної промислової установки, для оцінки жорсткості гідростатичних підшипників шпиндельних вузлів важких металорізальних верстатів;

с) Об'єкт, методи та джерела дослідження.

Об'єкт дослідження. Шпиндельний вузол важкого копіювально-фрезерного верстату.

Предмет дослідження. характеристики жорсткості шпиндельних вузлів верстата.

Методи дослідження. складені із застосуванням математичних методів планування екстремальних експериментів і заснована на методах математичної статистики. В основу методики експериментальних досліджень покладені безрозмірні комплекси (критерії подібності). Критерії отримані на основі

аналізу розмірностей факторів, що впливають на жорсткість шпиндельних вузлів металорізальних верстатів.

d) Наукова новизна отриманих результатів:

Експериментально підтверджено можливість значного підвищення жорсткості та точності копіювально-фрезерних верстатів на основі комплексного використання функціональних можливостей гідростатичних шпиндельних опор для компенсації пружних деформацій.

e) Практичне значення отриманих результатів.

Результати проведених досліджень та інженерного розрахунку можна використати при проектуванні нових конструкцій шпиндельних вузлів копіювально-фрезерних верстатів.

f) Апробація.

Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались на VI Міжнародної науково - технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 16-17 листопада 2017 р.) і опубліковані в збірнику:

Матеріали V Міжнародної науково - технічної конференції молодих учених та студентів / В 3 т. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 16-17 листопада 2017 р.), 2017.- Т. 1. с.167.

2. Структура роботи. Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, списку літератури (29 найменування), 8 додатків.

Загальний обсяг тестової частини – 151 сторінка, 18 таблиць, 32 рисунків.

3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

a) 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.

b) **Перший розділ " ЗАГАЛЬНО – ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА "** 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.

c) У **другому розділі "АНАЛІЗ СХЕМ ФОРМОУТВОРЕННЯ"** проведено комплекс технологічних розрахунків, здійснено аналіз формоутворюючих схем, які можна реалізувати на цьому верстаті при виконанні технологічного процесу механічної обробки.

d) У **третьому розділі "ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТА ОБЛАДНАННЯ"** представлені процедури проектування, що включають необхідний комплекс проектних розрахунків, які пов'язані із розробкою кінематичного ланцюга приводу головного руху верстата, які

супроводжуються детальним проектним розрахунком елементів конструкції ШВ верстата. Значна увага приділена розрахунку радіальної та осьової жорсткості вала шпинделя верстата. Отримані результати задовольняють граничні умови щодо проектування верстатного обладнання..

е) **Четвертий розділ " НАУКОВА-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА "** включає огляд та аналіз патентних матеріалів, які відповідають темі роботи, а також визначення безрозмірних комплексів (критеріїв подібності) основних конструктивних і технологічних параметрів гідростатичних опор шпиндельних вузлів. Проведено планування та математичну обробку результатів досліджень, Розроблено конструкцію повнорозмірної експериментальної установки, яка дозволяє проводити вимірювання переміщення переднього кінця обертового шпинделя, встановленого на гідростатичних опорах під навантаженням.

ф) **П'ятий розділ "ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ"** містить комплекс необхідних економічних розрахунків, які доводять економічну ефективність прийнятих технічних рішень.

г) **Шостий розділ "СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА"** включає розгляд питань, які пов'язані з автоматизованим розрахунком шпиндельного вузла..

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.

і) **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. За результатами критичного огляду літературних, проектних і патентних матеріалів обґрунтована і вибрана раціональна конструкція гідростатичного підшипника.

4.2. Отримано безрозмірні комплекси (критерії подібності) основних конструктивних і технологічних параметрів гідростатичних опор шпиндельних вузлів, чисельні значення яких будуть отримані в ході обробки даних експериментальних досліджень.

4.3. Розроблено конструкцію повнорозмірної експериментальної установки, яка дозволяє проводити вимірювання переміщення переднього кінця обертового шпинделя, встановленого на гідростатичних опорах під навантаженням.

4.4. Розроблено методику експериментальних досліджень, заснована на математичних методах планування експериментів, яка дозволяє оцінити достовірність отриманих даних.

5. ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Сов'як І.М. Методика досліджень гідростатичних опор шпиндельних вузлів / Сов'як І.М. Матеріали VI Міжнародної науково - технічної конференції молодих учених та студентів / В 3 т. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 16-17 листопада 2017 р.), 2017.- Т. 1. С. 167.
2. Кобельник В. Р. Жорсткість вертикально-свердлильних верстатів / В. Р. Кобельник, П. Д. Кривий // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – Вип. № 1 (40). – С. 34–40.
3. Кобельник В. Р. Імовірнісний підхід при дослідженні впливу подачі на осьове зусилля при свердлінні на основі теорії малих вибірок / В. Р. Кобельник // Десята відкрита наукова конференція ІМФН«PSC-IMFS-10», 17 – 18 травня 2012 р.: збірник матеріалів та програма конференції. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2012. – С. В.48.
4. Кривий П. Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення процесу свердління наскрізних отворів / П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2011. – Вип. № 28. – С. 77–85.
5. Кривий П. Д. Трансформація пластичності зрізаного шару при свердлінні / П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2009. – Вип. № 25.– С. 15–25.
6. Кривий П. Д. Характер зміни подачі при виході інструменту із тіла заготовки в процесі свердління наскрізних отворів / П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник, М.І. Кузьмін // Вісник ТНТУ : Науковий журнал. – Тернопіль : ТНТУ, 2012. – № 4 (68). – С. 114–127.
7. Кривий П.Д. До питання визначення швидкості і сил різання при різних видах обробки / П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник, М. В. Шарик // «Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво»: друга всеукраїнська молодіжна науково-технічна конференція, 30 жовтня – 2 листопада 2002 р. : тези допов. – Суми, 2002. – С. 44–45.
8. Кузнецов Ю.М. Технологічне оснащення для вискоефективної обробки деталей на токарних верстатах/ Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин [Текст]- К.: - Тернопіль: Тернограф, 2011. -692с.
9. Луців І.В. Теорія технічних систем /Ю.М.Кузнецов, Ю.К.Новосьолов, І.В.Луців – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 246 с.
- 10.Пуш В.Э. Металлорежущие станки./ Пуш В.Э.- М.: Машиностроение, 1986. - 526с.
- 11.Луців І.В. Теорія технічних систем /Ю.М.Кузнецов, Ю.К.Новосьолов, І.В.Луців – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 246 с.
- 12.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. АНОТАЦІЇ

Сов'як І.М.; " Дослідження і модернізація шпиндельного вузла копіювально-фрезерного верстату для підвищення жорсткісних характеристик ". 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2018 р.

У дипломній роботі розглянуті питання, які пов'язані з напрямками модернізації фрезерних верстатів, аналіз варіантів модернізацій, аналіз конструкції базової моделі верстата, задачі проектування, дослідженням комплексу формотворних рухів на верстаті для їх повного або часткового забезпечення. Реалізовано проектний розрахунок та розробку окремих вузлів верстата. Проведена розробка кінематичної схеми і кінематичний розрахунок модернізованого вузла – шпиндельної бабки, визначення потужності приводу головного руху, вибір електродвигуна і силовий розрахунок, розрахунок на міцність зубчатих коліс модернізованого верстату. Розроблено раціональну конструкцію шпиндельного вузла з гідростатичними підшипниками.

Ключові слова: верстат, шпиндельний вузол, гідростатичний підшипник, жорсткісні характеристики.

Sovjak I.M.; " Research and modernization of spindle unit of copying milling machine to increase rigidity characteristics " 133 - Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2018.

In the thesis the issues related to the directions of modernization of milling machines, the analysis of variants of modernization, analysis of the design of the basic model of the machine tool, the design problems, and the study of the complex forming motions on the machine for their full or partial maintenance are considered. Project design and development of individual machine parts is implemented. The development of the kinematic scheme and kinematic calculation of the modernized node - spindle turret, determination of the power of the drive of the main motion, the choice of the electric motor and power calculation, calculation of the strength of gear wheels of the modernized machine. The rational design of a spindle unit with hydrostatic bearings is developed.

Key words: machine tool, spindle unit, hydrostatic bearing, hardness characteristics.