

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

ВОРОБЕЦЬ БОГДАН АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 621.9

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ
ВЕРСТАТІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ І МОДЕРНІЗАЦІЯ
НА ЦЬЙ ОСНОВІ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ
РАДІАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТУ**

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, професор, професор кафедри менеджменту у виробничій сфері
Гевко Іван Богданович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 21 лютого 2017 р. о 9⁰⁰ 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.

Верстати, які тривалий час перебували в експлуатації й у результаті цього морально або фізично застаріли, зберігають свою цінність для підприємства. Враховуючи, що останнім часом нестача засобів на покупку нового обладнання змушує більшість підприємств відновлювати при необхідності наявні в них верстати, то виникає потреба їх одночасної модернізації. Ця тенденція характерна не тільки для України, але й для розвинених закордонних країн. Багато верстатів, особливо великогабаритних, що випускаються зараз в обмежених кількостях, вигідніше модернізувати й використовувати на власному підприємстві, ухвалюючи замовлення від інших фірм. Ринок верстатів, що вже були у виростанні, у світі постійно розширюється й охоплює вже не тільки дійсно бідні фірми, але й цілком платоспроможні.

Свердлильні верстати є досить розповсюдженим типом металорізального обладнання для машинобудівних заводів. За ступенем універсальності свердлильні верстати загального призначення уступають лише токарним, а за технологічними можливостями і простотою налагодження - стоять поряд із револьверними верстатами. Тому таким важливим є комплекс дослідницьких робіт, що забезпечують модернізацію розглядуваного типу металообробного обладнання.

Актуальність дипломної роботи визначається необхідністю розрахунку і проектування різноманітних модифікованих геометричних профілів елементів конструкції верстатного обладнання у зв'язку з підвищенням вимог до продуктивності і універсальності модернізованого верстатного обладнання.

б) Мета і завдання.

Метою роботи є дослідження жорсткісних характеристик та модернізація шпиндельної бабки радіально-свердлильного верстату моделі 2М55.

Для досягнення цієї мети у роботі слід вирішити наступні задачі:

- провести дослідження характеристик жорсткості виконавчих органів верстату;
- проаналізувати напружено деформованого стану шпинделя радіально-свердлильного верстату;
- провести розрахунки шпиндельного вала у програмі SPIN;
- спроектувати шпиндельну бабку на основі отриманих результатів дослідження.

в) Об'єкт, методи та джерела дослідження.

Об'єкт дослідження. Конструктивні елементи шпиндельної бабки радіально-свердлильного верстату мод. 2М55.

Предмет дослідження. Жорсткісні параметри основних виконавчих органів верстата моделі 2М55.

Методи дослідження. В основу роботи покладено фундаментальні положення методу кінцевих елементів, методів теорії пружності, теорії міцності, апарату математичного аналізу.

d) Наукова новизна отриманих результатів.

Доведено забезпечення жорсткості шпindelьних вузлів (ШВ) за рахунок мінімізації ланок їх кінематичного ланцюга.

e) Практичне значення отриманих результатів.

Результати проведених досліджень та інженерного розрахунку можна використати при проектуванні нових конструкцій шпindelьних вузлів.

f) 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, 25-26 листопада 2015 р.), 2015.- Т. 1. с. 256-257.

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 2016р.), 2016.- Т. 1. С. 260.

2. СТРУКТУРА РОБОТИ. Робота складається зі ступу, 7 розділів, висновків, списку літератури (47 найменування), 3 додатків.

Загальний обсяг тестової частини – 160 сторінок, 16 таблиць, 35 рисунків.

3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

a) У **Вступі** відзначено актуальність теми магістерської роботи, сформульована мета виконання роботи, об'єкт і предмет дослідження, а також визначені завдання, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети та комплексного наповнення дипломної роботи магістра.

b) **Перший розділ "ЗАГАЛЬНА 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 "ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА"** проведено аналіз конструкторсько-технологічних особливостей однієї із деталей, яку обробляють на досліджуваному верстаті, проведено комплекс технологічних розрахунків, здійснено аналіз формоутворюючих схем, які можна реалізувати на цьому верстаті при виконанні технологічного процесу механічної обробки цієї деталі. Сформовано структурно-кінематичну схему досліджуваного верстата. Значна увага приділено аналізу компоувальних схем верстатного обладнання подібного типу. Здійснено аналіз верстатно-інструментального забезпечення для обраної групи верстатів, що мають подібні набори модульних комплектів, технологічних та конструктивних модулів. Обґрунтовано обрання найбільш раціонального варіанту компоновки верстата для обраного типу верстатного обладнання.

d) У третьому розділі **"КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА"** описані розрахунково-конструкторські проробки, які включають необхідний комплекс проектних розрахунків, що пов'язані із розробкою кінематичного ланцюга приводу головного руху верстата. Значна увага приділена опису елементів модернізації верстату та їх розрахункам. Отримані результати задовольняють граничні умови щодо проектування універсального верстатного обладнання свердлильної групи.

e) Четвертий розділ **" СПЕЦІАЛЬНИЙ (НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ) РОЗДІЛ "** включає в себе розгляд питань, які пов'язані з автоматизованим проектуванням шпиндельного вузла верстата з використанням спеціалізованого програмного забезпечення. Проведено оптимізацію шпиндельного вузла в програмному комплексі SPIN, а також шпиндельного вузла в програмному комплексі COSMOS WORKS.

f) У п'ятому розділі **"ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ"** міститься комплекс необхідних економічних розрахунків, які доводять економічну ефективність прийнятих технічних рішень.

g) Шостий 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.

h) Сьомий 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. Проведений аналіз базового ТП обробки деталі маточини вантажного автомобіля показав можливість скорочення кількості верстатного обладнання шляхом розширення його технологічних можливостей.
- 4.2. Проведено дослідження напружено-деформованого стану шпинделя радіально-свердлильного верстату.
- 4.3. Проведено дослідження характеристик жорсткості виконавчих органів верстату.
- 4.4. Розроблено модернізований варіант конструкції радіально-свердлильного верстату із ЧПК для обробки маточини вантажного автомобіля на базі радіально-свердлильного верстата моделі 2М55.
- 4.5. Розроблена нова конструкція шпиндельної бабки і шпиндельного вузла в цілому.
- 4.6. Встановлено, що кінематичні та точнісні параметри проектного верстата після модернізації конструкції найбільш повно відповідають виробничим потребам.
- 4.7. Підтверджено, що впровадження даного модуля дозволило знизити собівартість деталі на 28,7%, за рахунок високошвидкісної обробки.

4.8. Здійснені оптимізаційні розрахунки шпindelного вузла методом кінцевих елементів у програмному пакеті COSMOS Works і SPIN.

5. ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Воробець Б.А. Аналіз особливостей процесу свердління глибоких отворів з самоналагоджувальними осциляціями / Луців І.В., Брошчак І.І., Дячук Д.С., Гречух С.Р., Воробець Б.А. Матеріали IV Міжнародної науково - технічної конференції молодих учених та студентів / В 2 т. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 25-26 листопада 2015 р.), 2015.- Т. 1. С. 256-257.
2. Воробець Б.А. Вплив конструкції пластмасових виробів на їх експлуатаційні властивості / Луців І.В., Ярема І.Т., Воробець Б.А. 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 2016р.), 2016.- Т. 1. С. 260.
3. 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.
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. Луців І.В. Багатолезове адаптивне оснащення: техніко-економічні показники//Вісник ЖДТУ. - Житомир: ЖДТУ, 2001, 316, с. 52-59
7. Шанайда В.В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках/ Шанайда В.В. – Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2001. – 163 с.
8. Врагов Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков: (Основы компонетики)/ Врагов Ю.Д. –М: Машиностроение, 1978. – 208 с.
9. Пуш В.Э. Металлорежущие станки./ Пуш В.Э.- М.: Машиностроение, 1986. - 526с.
10. 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.
11. 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
12. Hurey I. Qualimetric indexes determinations of adaptive type limited mechanisms for materials machining / Hurey I., Lutsiv I, Broshchak I, Sharyk M // Advances in manufacturing science and technology. - 2015. - №1. -p. 33-43

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

6. АНОТАЦІЯ

Воробець Б.А.; "Дослідження жорсткості шпиндельних вузлів верстатів для обробки поверхонь обертання і модернізація на цій основі приводу головного руху радіально-свердильного верстату". 8.05050301 – Металорізальні верстати та системи; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2017 р.

У дипломній роботі розглянуті питання, які пов'язані з аналізом технологічного процесу механічної обробки деталі, дослідженням комплексу формотворних рухів та розробкою компоновальних схем верстата для їх повного або часткового забезпечення. Реалізовано проектний розрахунок та розробку окремих вузлів верстата. Розроблено радіально-свердильний верстат із ЧПК для обробки маточини вантажного автомобіля на базі радіально-свердильного верстата моделі 2М55. Спроектований верстат дозволяє вести високошвидкісну обробку, що актуально в цей час. Впровадження даного модуля дозволило знизити собівартість деталі на 28,7%. Також у даній дипломній роботі була розроблена нова конструкція шпиндельної бабки й усього шпиндельного вузла. Радіально-свердильний верстат зі ЧПК спроектований з врахуванням вимог безпеки життєдіяльності й охорони навколишнього середовища.

Ключові слова: температурне поле, деформації, шпиндель, теплові потоки.

Vorobets B.A.; " Investigation of spindle units rigidity of machine tools for rotation surfaces machining and modernization on this basis the main motion drive of a radial-drilling machine " 8.05050301 - metal-cutting machine tools and systems; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2017.

The master diploma thesis deals with the problems related to the analysis of the process of working parts machining as well as with the research of complex shaping movements. The machine layout schemes for their full or partial machining providing are also developed. The design project calculations and construction design of individual units of the machine are implemented in the diploma. The spindle unit of the radial CNC drilling machine for truck-based radial drilling machine tool of the model 2M55 was developed. The designed machine allows high-speed processing, which is important at the present time. The implementation of this module has reduced the cost of parts by 28.7%. Also in this thesis work a new design was developed around the spindle hub and spindle unit. Radial CNC drilling machine is designed taking into account the requirements of life safety and environmental protection.

Key words: temperature field, deformation, spindle thermal flows.