

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

ВОВК ВОЛОДИМИР ІГОРОВИЧ

УДК 621.9

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ КОРОБКИ
ШВИДКОСТЕЙ ТОКАРНОГО НАШВАВТОМАТА НА ТОЧНІСТЬ
ОБЕРТАННЯ ШПИНДЕЛЯ**

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
Гагалюк Андрій Валерійович
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування
Паливода Юрій Євгенович,
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.

Точіння є одним з найпоширеніших видів, як чорнової, напівчистої та чистої видів обробки. Верстати токарної групи складають 85% від усього верстатного парку. Серед токарної групи частка напівавтоматів, верстатів з ЧПК або модернізованих верстатів оснащених ЧПК зростає. Піддаються модернізації або заміні всі основні вузли верстату, доставляють сервоприводи, швидкісні шпинделі з безступеневим регулюванням тощо.

Також слід зауважити, що глобальної модернізації верстату не проводять, так як це економічно не вигідно. У переважній більшості малих підприємств модернізація зводиться до поточного ремонту й встановлення системи ЧПК. А коробку швидкостей залишають оскільки це значно здешевлює модернізацію. У всіх токарних верстатах коробка швидкостей взаємодіє з шпинделем через зубчасте зачеплення через яке передається крутний момент. Всі неточності складання або виконання передаються на шпиндель. Шпиндель – основна і сама відповідальна деталь верстата.

Актуальність роботи визначається необхідністю проведення практичних розрахунків і проектування різноманітних вузлів верстатного обладнання, що дасть змогу оцінити поведінку спроектованого об'єкту ще до виготовлення. Також оцінити вплив рухомих частин коробки швидкостей на точність обертання шпинделя. Це дозволить виявити слабкі місця конструкції загалом а ефективніше використовувати конструкційний матеріал.

б) Мета і завдання.

Метою роботи є 3D моделювання коробки швидкостей верстата 1740РФ3 з дослідженням в сучасних засобах САПР задля отримання автоматизованого розрахунку напружено-деформованого стану. Ефективність даного методу проектування доведена, проте певні верстати були спроектовані без потужних САПР хоча надійно працюють до цього часу. Конструктори

Для досягнення цієї мети у роботі вирішено наступні задачі:

- Створити 3D-модель елементів коробки швидкостей;
- провести складання елементів з точним спряженням всіх елементів;
- Провести розрахунок коробки швидкостей методом кінцевих елементів;
- Отримати графіки.

с) Об'єкт, методи та джерела дослідження.

d) Об'єкт дослідження – коробка швидкостей верстата 1740РФ3.

е) Предмет дослідження – динамічні процеси в коробці швидкостей верстата 1740РФ3.

Методи дослідження. В основу роботи покладено теоретичні і практичні дослідження точності верстатів з можливістю застосування 3D-моделювання з подальшим отриманням графіків та епюр напружено-деформованого стану

f) Наукова новизна отриманих результатів.

доведено можливість використання 3D-моделювання при проектуванні будь-яких вузлів та конструкцій.

г) Практичне значення отриманих результатів.

Результати проведених досліджень та інженерного розрахунку можна використати для аналізу поведінки конструкцій верстату

h) Апробація.

Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались IX Всеукраїнській студентській науково – технічній конференції (Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 20-21 квітня 2016 р.) і опубліковані в збірнику:

Вовк В.І. Розрахунок моделей формоутворення верстатів в пакеті MATHCAD / В. І. Вовк, А. В. Гагалюк // Матеріали IX Всеукраїнської студентської науково - технічної конференції / В 2 т. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 20-21 квітня 2016 р.), 2016.- Т. 1. - 245 с. – С. 149.

2. **Структура роботи.** Робота складається із вступу, 9 розділів, висновків, списку літератури (26 найменувань), ___ додатків.

Загальний обсяг тестової частини – сторінок, __ таблиць, __ рисунків.

3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

а) У **Вступі** означено актуальність теми магістерської роботи, визначено мету роботи, а також сформульовано завдання, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети та комплексного наповнення дипломної роботи магістра.

б) **Перший "АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ"** описує попередньо проведені наукові теоретичні та практичні дослідження за дослідною тематикою магістерської роботи. Огляд та аналіз цих досліджень дозволив зробити наступні висновки: крім зовнішніх факторів, які виникають в процесі обробки, є ще й внутрішні, які можуть бути зумовлені недосконалістю конструкції або неточністю виготовлення; очікувані похибки можуть мати випадковий характер і не завжди їх можна передбачити; на даному етапі похибкою встановлення деталі можна знехтувати; оптимальним буде врахування похибок переміщення вузлів верстата; в процесі проектування неможливо врахувати всі фактори; Велика частка верстатів спроектована досить давно, коли твердотіле моделювання було недоступно.

с) У **другому розділі "ОПТИМІЗАЦІЯ СХЕМ ФОРМОУТВОРЕННЯ НА ПРОЕКТОВАНОМУ ВЕРСТАТІ І ОПТИМІЗАЦІЯ ЙОГО КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ"** проведено аналіз конструкторсько-технологічних особливостей однієї із деталей, яку обробляють на досліджуваному верстаті, проведені технологічні розрахунки, здійснено аналіз формоутворюючих схем, які реалізуються на цьому верстаті при виготовленні цієї деталі. Сформовано структурно-кінематичну схему досліджуваного верстата. Приділено увагу аналізу компоновок верстатного обладнання подібного типу. Обґрунтовано обрання найбільш раціонального варіанту компоновки верстата для обраного типу верстатного обладнання.

d) У третьому розділі **"ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ НА РОЗРОБКУ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК"** здійснено комплекс технологічних розрахунків щодо аналізу точності механічної обробки при раціональному підборі системи базування деталі та оптимального проектування раціонального варіанту технологічного процесу механічної обробки деталі-представника. Розраховано режими різання на різні операції механічної обробки, які є вихідними даними для розробки наступного розділу дипломної роботи.

e) Четвертий розділ **"ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ"** включає необхідний комплекс проектних розрахунків, які пов'язані із розробкою кінематичного ланцюга приводу головного руху верстата, детальним проектним розрахунком елементів конструкції ШВ верстата.

f) У п'ятому розділі **"НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ"** проведено математичне моделювання точності токарного верстату з виведенням аналітичних залежностей для кожної ланки верстата. Значна увага приділена дослідженню характеристик похибок та балансу точності верстата.

g) Шостий розділ **"СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ (комп'ютерні розрахунки та автоматизоване проектування)"** містить дані про проектування коробки передач, зубчастих коліс, моделювання напружено – деформованого стану з використанням спеціалізованого програмного забезпечення.

h) Сьомий розділ **"ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ"** містить алгоритм економічних розрахунків, які доводять економічну ефективність прийнятих технічних впроваджень. Розрахунковий економічний ефект становить 3794581 грн. на рік.

i) Восьмий розділ **"ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ"** містить інструкцію з техніки безпеки при роботі на токарному напівавтоматі 1740РФ3. Загальні вимоги охорони праці, вимоги охорони праці під час роботи, проведення планування заходів ЦО на об'єктах господарської діяльності у випадку НС. Основні положення планування.

j) Дев'ятий розділ **"ЕКОЛОГІЯ"** описує актуальність охорони навколишнього середовища, забруднення довкілля, яке виникає внаслідок реалізації дипломного проекту та заходи по зменшенню забруднення.

4. ВИСНОВКИ

1. Крім зовнішніх факторів, які виникають в процесі обробки, є ще й внутрішні, які можуть бути зумовлені недосконалістю конструкції або неточністю виготовлення;
2. очікувані похибки можуть мати випадковий характер і не завжди їх можна передбачити;
3. на даному етапі похибкою встановлення деталі можна знехтувати;
4. оптимальним буде врахування похибок переміщення вузлів верстата;
5. в процесі проектування неможливо врахувати всі фактори;
6. Велика частка верстатів спроектвана досить давно, коли твердотіле

моделювання було недоступно.

7. Розрахунковий економічний ефект від проведених організаційних та технологічних змін передбачається в розмірі 3794581 грн. на рік

1. ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Технологія обробки на верстатах з ЧПК [Текст]: навч. посіб. для студ. машинобуд. спец. вищ. техн. навч. закл. / Гевко Б. М. [та ін.]; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя, Каф. технології машинобуд. та автомобілів. - Т.: Крок, 2014. - 131 с.
2. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах : монографія / Ю.М. Кузнецов [та ін.]. - Київ : [Тернограф], 2011. Тернопіль : - 690 с.
3. Луців І.В. Теорія технічних систем / Ю. М. Кузнецов, Ю. К. Новосьолов, І. В. Луців – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 246 с.
4. Шанайда В.В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках/ Шанайда В.В. – Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2001. – 163 с.
5. Кривий П.Д. Трудомісткість конструювання та виготовлення металорізальних і деревообробних верстатів: Навчальний посібник/ Кривий П.Д., Шарик М.В., Сотник І.П. – Тернопіль: ТДТУ, 2005. – 128 с.
6. Решетов Д.Н. Точность металлорежущих станков / Д.Н. Решетов, В.Т. Портман. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
7. Вовк В.І. Розрахунок моделей формоутворення верстатів в пакеті MATHCAD / В. І. Вовк, А. В. Гагалюк // Матеріали ІХ Всеукраїнської студентської науково - технічної конференції / В 2 т. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 20-21 квітня 2016 р.), 2016.- Т. 1. - 245 с. – С. 149.
8. Манжилевський О. Д. Точність та випробування верстатів. Конспект лекцій: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://manzhilevskyy.vk.vntu.edu.ua/file/eaeb30da1b3438c05b5956e597e75bf0.pdf>.
9. Спиринов В. А. Методология комплексного расчёта точности обработки для токарных станков с ЧПУ / В. А. Спиринов, М. А. Красильников, А. А. Михайлов. // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, металлостроение. – 2012. – №2. С. 77 – 89.
10. Перелік параметрів, що характеризують геометричну та кінематичну точність верстатів відповідного типу, методи їх перевірки та допустимі відхилення параметрів регламентовані відповідними стандартами: ДЕРЖСТАНДАРТ 22267-76 – «Верстати металорізальні.
11. Определение точности и динамических характеристик металлорежущих станков : методические указания к практическим занятиям / сост. Ю. В. Кирилин. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – 34 с.
12. Пестунов В. М. Підвищення точності обробки на металорізальних верстатах / В. М. Пестунов, М. В. Ткаченко, В.Ю. Шапошник // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету: Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузе

машинобудування, автоматизація./ – вип. 25. ч. I. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – 430 с.

13.АНОТАЦІЇ

Вовк В.І. Дослідження впливу динамічних процесів коробки швидкостей токарного напівавтомата на точність обертання шпинделя. 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 формоутворення та розробкою оптимальної компоновальної схеми верстата. Виконано проектний розрахунок та розробку окремих вузлів верстата. Виконано 3D моделювання коробки швидкостей верстата мод. 1740РФ3. Реалізовано розрахунок шпиндельного вузла верстата з використанням засобів автоматизованого розрахунку. Розроблено математичну модель точності з виведенням аналітичних залежностей.

Ключові слова: коробка швидкостей, напружено-деформований стан, деформація, шпиндель, 3D- модель

Vovk V.I.; " Investigation of dynamics impact of semi-automatic lathe speed gear-box on spindle rotation accuracy." 8.05050301 - metal-cutting machine tools and systems; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2017.

In the thesis work examined issues related to the analysis of the process of machining parts, research of the forming moves and development of optimal layout scheme of the machine. Completed project calculation and design of individual units of the machine. Completed 3D modeling gearbox machine mod. 1740RF3. Implemented calculation unit spindle of the cnc machine with the use of automated calculation. Completed analysis of the mathematical model of accuracy of turning lathe with analytical mathematical expression.

Key words: gear-box, deformation, spindel, thermal flows, 3d model