

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

КУХАРУК ЮРІЙ ІГОРОВИЧ

УДК 621.9

**МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА СПЕЦІАЛЬНОГО ТОКАРНО-
КОШОВАЛЬНОГО БАГАТОРІЗЦЕВОГО НАПІВАВТОМАТА З ЧПК**

133 – Галузеве машинобудування

Автореферат
дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня магістр

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, доцент кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин
Кобельник Володимир Романович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: доктор технічних наук, завідувач кафедри технології та обладнання зварювального виробництва
Підгурський Микола Іванович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 грудня 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. 4-1

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи.

Застосування в промисловості систем числового програмного керування (ЧПК), дали можливість розширити технологічні можливості верстатів, це привело до того, що змінилась їх компоновка, конструкція окремих вузлів.

Експлуатація верстатів з ЧПК показала, що їх конструкція повинна відповідати ряду вимог, без виконання яких застосування верстатів з ЧПК в промисловості малоефективне, а саме:

виконання механізмів подач з мінімально можливими зазорами, що забезпечує значне підвищення їх жорсткості. Малу величину зазорів можна досягнути застосуванням шарикових гвинтових передач.

забезпечення найбільшої величини прискорень з

зменшення сил сухого тертя в направляючих, передачах, опорах і забезпечення плавності переміщення при малих швидкостях, при стрибкоподібній зміні швидкості, при великих інерційних масах і перемінних навантаженнях при різанні – все це може бути досягнуте застосуванням направляючих станин і гвинтових пар з тертям кочення.

виключення резонансів елементів механізму подачі і всієї системи приводу.

виконання механізмів подач окремих координат з подібними характеристиками.

зменшення нагріву елементів приводу, зношення механічних вузлів і підвищення стабільності параметрів приводу.

Метою роботи є підвищення ефективності обробки на токарно-копіювальних багаторізцевих напівавтоматах з ЧПК та моделювання динамічних характеристик шпиндельного вузла.

Для досягнення цієї мети у роботі вирішено **задачі**:

- Провести аналіз верстатів-аналогів та їх характеристик;
- Провести аналіз схем формоутворення на токарних верстатах та запропонувати оптимальні компоновки;
- Здійснити конструювання та розрахунок основних виконавчих вузлів токарно-копіювального багаторізцевого напівавтомата;
- Провести моделювання динамічних характеристик шпиндельного вузла.

Об'єкт дослідження: шпиндельний вузол спеціального токарно-копіювального багаторізцевого напівавтомата.

Основні результати.

Здійснено моделювання динамічних характеристик шпиндельного вузла, визначено першу власну частоту, а також розраховано осьову жорсткість шпиндельного вузла.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Проведено аналіз схем формоутворення на токарних верстатах та запропоновано оптимальну компоновку.

2. Запропоновано конструкції та розрахунок основних виконавчих вузлів токарно-копіювального багаторізевого напівавтомата

Апробація.

Результати досліджень доповідались на VII міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 28 – 29 листопада 2018 р і опубліковані в збірнику тез конференції.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 9 розділів, висновків, переліку посилань та 2 додатків. Загальний обсяг роботи 157 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **Вступі** проведено огляд сучасного стану верстатобудування, токарних верстатів з ЧПК, охарактеризовано основні завдання, які необхідно вирішити, сформульована мета виконання роботи,

В **першому розділі "ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ "** проведено аналіз завдання, аналіз верстатів аналогів, технічні характеристики та особливості конструкції спеціальних токарно-копіювальних напівавтоматів з ЧПК.

Другий розділ "ОПТИМІЗАЦІЯ СХЕМИ ФОРМОУТВОРЕННЯ НА ПРОЕКТОВАНОМУ ВЕРСТАТІ" містить аналіз конструкторсько–технологічних властивостей деталі-представника, вибір комплексу необхідних рухів, обґрунтування структурно - кінематичної схеми верстату.

У **третьому розділі "ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПОЗИЦІЙНОЇ СХЕМИ ПРОЕКТОВАНОГО ВЕРСТАТА"** проведено обґрунтування модуля верстата, побудовано загальну матриці компоновки верстату, проаналізовано типи базових компоновок.

У **четвертому розділі "ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ НА РОЗРОБКУ ПРОЕКТУВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ"** проведено технологічний розрахунок, визначено типу організаційної форми виробництва з використанням проектного верстату, вибрано та обґрунтовано заготовку, технологічні бази, варіант технологічного маршруту механічної обробки деталі – представника

П'ятий розділ "ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ (НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА)" вибору діапазону регулювання виконавчих механізмів верстату, кінематичний розрахунок приводу головного руху, вибору потужності та типу двигуна, конструювання та розрахунку коробки швидкостей, конструювання та розрахунку револьверної головки, конструювання та розрахунку механічної частини приводу подач, конструювання та розрахунку шпindelного вузла, розрахунку осьової жорсткості шпindelного вузла, моделювання динамічних характеристик шпindelного вузла, конструювання та розрахунку затискного пристрою

Шостий розділ "ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ" містить необхідні техніко-економічні розрахунки, які підтверджують ефективність прийнятих в роботі рішень.

Сьомий розділ "ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ" висвітлює питання забезпечення безпеки умов праці на виробництві та аналізу дій персоналу у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

У восьмому розділі "ЕКОЛОГІЯ" описано ряд негативних факторів, які можуть впливати на екологічний стан навколишнього середовища та шляхи зменшення цього впливу у процесі виробничої діяльності.

У дев'ятому розділі "СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. САПР" описано основні задачі САПР, як в конструкторській такі в технологічній підготовці виробництва, проведено автоматизований розрахунок шпindelного вузла запропонованої конструкції.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проведено:

- аналіз існуючих токарних верстатів і вибір базового;
- аналіз формоутворюючих рухів для обробки деталі-представника;
- проектування кінематики верстата;
- проектування приводів основних вузлів та їх конструкції;
- дослідження жорсткості, динаміки шпindelного вузла;
- обґрунтування заходів щодо охорони праці та навколишнього середовища;

В результаті проведеного дослідження розроблено формалізований запис структурної формули компоновки токарного верстата та реалізація формування компоновки в автоматизованому режимі.

В результаті проведення конструктивно-проектних і дослідницьких робіт отримано результати:

1) В якості верстата на базі якого проведено проектування прийнято токарний патронно – центровий напівавтомат мод. 1Б732. Даний верстат призначений для обробка зовнішніх циліндричних, конічних, фасонних та торцевих поверхонь, нарізання зовнішніх і внутрішніх різей, відрізка, прорізання канавок, розточування, свердління, зенкерування, розвертання.

2) Метод отримання заготовки деталі представника, що обробляється на проєктованому верстаті – сортовий прокат. Матеріал заготовки: Сталь 45 або бронза. Розрахунки режимів різання проведено по двох варіантах матеріалу заготовки. Мінімальна частота обертання шпинделя 25 *об/хв*, максимальна – 1250 *об/хв*. Мінімальна швидкість подачі 28,2 *мм/хв* при чистовому розточуванні, максимальна – 1738 *мм/хв* при свердлінні отворів. Максимальна потужність, що необхідна для різання 9,6 *кВт* при чорновому фрезеруванні.

3) Для обробки деталі представника необхідні такі формоутворюючі рухи: $\Phi_V(O_1)$ –обертний рух шпинделя; $\Phi_S(P_2)$ –поступовий рух вздовж осі шпинделя; $\Phi_S(P_3)$ –поступовий рух перпендикулярний осі шпинделя.

4) Головний рух шпинделя здійснюється від двигуна постійного струму $N=37\text{кВт}$, 1460 *об/хв* через клинопасову передачу. Рух подачі супорта

від крокового двигуна через гідропідсилювач і зубчасту пару на ходовий гвинт $t = \text{мм}$.

5) Діаметр шпинделя в передній опорі $d=80$ мм при характеристиці $dn=3.5 \cdot 10^5$ мм/хв. В передній опорі стоїть радіальний роликовий двохрядний підшипник NN3016K/W33 і радіально-упорний підшипник 234416B. В задній опорі радіальний роликовий двохрядний NN3014K/W33. В якості системи ущільнень використовуються лабіринти безконтактні ущільнення. Міжопорна відстань шпинделя 280 мм. Підшипники змащують маслом марки И-12А. Радіальна жорсткість в передньої опорі 1161 Н/мкм, в задньої опорі – 1077 Н/мм.

Температура шпинделя при 20 8С навколишнього середовища становить 478С, найбільшим джерелом тепловиділення є радіальний роликовий підшипник в передній опорі $t=358$ С. Власна частота шпинделя для двохмасової системи: перша – 178,3 рад/с, що є значним недоліком, друга – 725 рад/с, амплітуди $u_1=3,5 \cdot 10^{-3}$ мкм, $u_2=0,77$ мкм..

6) Затиск інструменту здійснюється тарільчатими пружинами №090 по ГОСТ3057-90, діаметр тяги 15 мм. Розтиск може виконуватись від гідроциліндра $\varnothing 60$ мм. Зміна інструментів здійснюється маніпулятором, який приводиться в рух від високомоментного електродвигуна $M=10$ Нм.

7) Супорт рухається по напрямних кочення з паралельними осями. Динамічний коефіцієнт працездатності 217702,8 Н. Довговічність 130386,3 год.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Крупа В.В., Тимошенко Н.М., Кухарук Ю.І. ІМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ПОДАЧІ НА ПЛАСТИЧНІСТЬ ЗРІЗУВАНОВОГО ШАРУ ПРИ ТОЧІННІ // Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 28–29 листоп. 2018.) в 3-х томах / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2018 – Т. 1. – С. 108.

2. Кузнєцов Ю.М. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах/ Ю.М. Кузнєцов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин [Текст] - К.: - Тернопіль: Тернограф, 2011. -692с.

3. Кобельник В. Р. Ефективність керованого процесу свердління наскрізних отворів шляхом забезпечення зміни подачі / В. Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2012. – Вип. № 31. – С. 47–56.

4. 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.

5. Кобельник В. Р. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердлильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118 / В. Р. Кобельник, П. Д. Кривий // Процеси механічної обробки

в машинобудуванні : зб. наук. праць. – Житомир : ЖДТУ, 2010. – Вип. 8. – С. 99–108.

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. Луців І.В. Теорія технічних систем /Ю.М.Кузнецов, Ю.К.Новосьолов, І.В.Луців – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 246 с.

8. Пуш В.Э. Металлорежущие станки./ Пуш В.Э.- М.: Машиностроение, 1986. - 526с.

9. Маталин А.А. Технология машиностроения./ Матлин А.А. - Л: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1985,- 496 с.

10. Гусев А.А. Технология машиностроения./ Гусев А.А. - М.: Машиностроение, 1986.- 480 с.

11. Технология машиностроения. - Т.1: Основы технологии машиностроения /Под ред. А.М. Дальского. - М.: Изд-во МГТУ им. Бауман, 2001. - 594 с.

АНОТАЦІЯ

Кухарук Ю.І. Моделювання динамічних характеристик шпиндельного вузла спеціального токарно-копіювального багаторізцевого напівавтомата з ЧПК. 133 – Галузеве машинобудування. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2018.

В дипломній роботі здійснено розрахунок та конструювання основних виконавчих вузлів спеціального токарно-копіювального напівавтомата, моделювання динамічних характеристик шпиндельного вузла.

Ключові слова: ТОКАРНО-КОПІЮВАЛЬНИЙ НАПІВАВТОМАТ, ШПИНДЕЛЬНИЙ ВУЗОЛ, ІНСТРУМЕНТ.

ANNOTATION

Kukharuk Yu. Modeling of dynamic characteristics of turning spindle unit of a special semiautomatic multi cutters duplicating CNC lathe. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University. – Ternopil, 2018.

In the thesis the calculation and design of the main executive units of a special turning-copier semiautomatic lathe, modeling of dynamic characteristics of the spindle node is carried out.

Key words: TURNING-COPIER SEMIAUTOMATIC LATHE, SPINDLE UNIT, TOOLS.