

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

МИХАЛЧИЧ ГАННА ЮРІЇВНА

УДК 621.9

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РОЗРОБКА ІНТЕГРАЛЬНОГО
ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО
ВЕРСТАТУ**

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

Рецензент: доктор технічних наук, професор кафедри технології
та обладнання зварювального виробництва
Барановський Віктор Миколайович,
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 22 лютого 2018 р. о 13.00 годині на засіданні експертної
комісії №10 у Тернопільському національному технічному університеті імені
Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний
корпус №4, ауд. 101

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Основним напрямом розвитку науки і практики з оброблення матеріалів є підвищення продуктивності і ефективності обробки. Це постійно ставить нові вимоги до розвитку як інструментальних матеріалів, так і до верстатного обладнання. На більшості машинобудівних підприємств використовується частина парку верстатів, який морально і фізично застарілий, і не відповідає сучасним вимогам до швидкохідності, що може забезпечити різальний інструмент, та потребує модернізації. Зокрема максимальна частота обертання шпинделя середніх і малих горизонтально-фрезерних верстатів коливається від 1000 до 2000 об/хв, і забезпечуються асинхронним двигуном і багатоступеневими коробками швидкостей.

Удосконалення двигунів для приводів головного руху з високою максимальною частотою обертання широким діапазоном регулювання дає можливість модернізувати приводи верстатів для відповідності їх сучасним вимогам. В основному існуючі приводи замінюють двигуном постійного струму, що напругу, або через двоступеневий редуктор з'єднаний із шпинделем. Це забезпечує високу частоту та відповідний діапазон регулювання. Проте такий метод модернізації не завжди виправданий у випадках, коли необхідно забезпечувати низьку частоту обертання шпинделя (при обробці інструментами із швидкорізальної сталі, наприклад циліндричними фрезами), що супроводжується високим крутним моментом. При проектуванні приводу необхідно цей момент враховувати, значно збільшуючи габаритні розміри елементів приводу. Одним із напрямків модернізації є розробка інтегрального приводу (поєднання ступеневого та безступеневого приводів) і використання безступеневого приводу тільки для високошвидкісної обробки в діапазоні, яку не забезпечує ступеневий привід. Такий метод є менш затратним, оскільки повністю або частково використовується існуюча конструкція, а також забезпечує значно ширший діапазон регулювання. Тому розробка та обґрунтування параметрів інтегрального (комбінованого) приводу головного руху горизонтально-фрезерного верстата є безумовно актуальною задачею.

Мета роботи: розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності обробки на горизонтально-фрезерному верстаті за рахунок розроблення інтегрального приводу головного руху та обґрунтування його параметрів

Задачі дослідження:

Для досягнення поставленої мети необхідно:

1. Здійснити аналіз необхідних кінематичних та силових параметрів приводу головного руху з урахуванням можливостей сучасних інструментальних матеріалів.
2. Провести аналіз схем формоутворення та здійснити обґрунтування компоновальної схеми верстату.
3. Розробити та обґрунтувати оптимальну загальну структуру інтегрального приводу головного руху, а також окремих його частин
4. Провести обґрунтування компоновки шпиндельного вузла розробленого інтегрального приводу головного руху
5. Провести кінематичний та силовий розрахунок ступеневої та безступеневої частин приводу.
6. Розробити конструкцію приводу головного руху на основі обґрунтованих структурної схеми
7. Розробити конструкцію шпиндельного вузла горизонтально-фрезерного верстату на основі обґрунтованої компоновальної схеми
8. Визначити економічну ефективність розроблених технічних рішень, а також провести їх обґрунтування на основі вимог до охорони праці, безпеки життєдіяльності та охорони навколишнього середовища

Об'єкт дослідження – привід головного руху горизонтально-фрезерного верстату.

Предмет дослідження – швидкісні і силові характеристики та структура інтегрального приводу головного руху горизонтально-фрезерного верстата.

Методи дослідження. Основою роботи є комплексний підхід до розробки та конструкції інтегрального приводу головного руху з урахуванням необхідних

частот обертання шпинделя, потужності різання, на основі можливостей сучасних інструментальних матеріалів, а також обґрунтовано його структуру на основі сучасних підходів до проектування металорізальних верстатів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у науковому обґрунтуванні структури інтегрального приводу головного руху на основі комплексного підходу з використанням методу морфологічного аналізу.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновано конструкцію інтегрального приводу головного руху з ступеневою та безступеневою частинами, зокрема коробки швидкостей та шпиндельного вузла

Апробація. Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались на VI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, 17-18 листопада 2017 р.), Міжнародній науково-технічній конференції «Транспорт: Механічна інженерія, експлуатація, матеріалознавство» (Херсон: Херсонська державна морська академія, 21 – 22 вересня 2017 року), а також на IX Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, 20-21 квітня 2016 р.) і опубліковані у відповідних збірниках тез доповідей.

2. СТРУКТУРА РОБОТИ.

Робота складається зі вступу, 9 розділів, висновків, списку літератури (найменувань), 1 додатка. Загальний обсяг текстової частини - 168 сторінок, 24 таблиць, 11 рисунків.

3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано актуальність дипломної роботи магістра, сформульована мета досліджень, основні завдання, об'єкт та предмет дослідження, описано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У «**Аналітичному розділі**» здійснено аналіз технічних характеристик верстату-прототипу, зокрема його будови та приводів головного руху і подачі,

проаналізовано конструкції та характеристики горизонтально-оброблюючих центрів, структури приводів головного руху горизонтально-фрезерних верстатів, типів підшипників для високошвидкісних шпиндельних вузлів, а також двигуни для приводу головного руху і їх характеристики. На основі аналізу сформульовано мету і задачі дослідження.

У розділі **«Обґрунтування формоутворення та компоувальної схеми»** проведення аналіз рухів формоутворення для оброблення різних поверхонь на горизонтально-фрезерному верстаті, та обґрунтовано компоувальну схему на основі математичного відбору.

У розділі **«Обґрунтування кінематичних та силових параметрів приводу головного руху проектованого верстата»** подані підходи до підвищення продуктивності різання серед яких силова та високошвидкісна обробка. На основі аналізу характеристик інструментальних матеріалів встановлено режими різання для різних типів інструментальних та оброблюваних матеріалів. Визначено необхідні частоти обертання шпинделя, а також потужність різання.

В **«Науково-дослідному розділі»** наведено схеми інтегральних приводів головного руху, що складаються із ступеневої і безступеневої частини, описані їх переваги та недоліки. Розроблено морфологічну матрицю для обґрунтування структури безступеневої частини приводу. Проаналізовано можливість використання типів з'єднань зубчастих коліс з валом, клино- та зубчастопасової передач, з'єднувальних пружних муфт. На основі аналізу вибрано структуру безступеневого приводу з двигуном, кулачковою пружною муфтою та зубчастою передачею, з одним рухомим колесом, що розміщене на додатковому валі. З урахуванням максимальної частоти обертання проведено обґрунтування компоувальної схеми шпиндельного вузла. Зокрема вибрано компоувку шпинделя з трьома радіально-упорними підшипниками в передній опорі, та двома в задній. На основі системи рівнянь обґрунтовано відстань між підшипниками в передній опорі та міжопорну відстань, виходячи з умови максимальної жорсткості шпиндельного вузла. Запропоновано оптимальну структуру приводу.

В **«Конструкторському розділі»** проведено кінематичний та силовий розрахунок ступеневої та безступеневої частини приводу, визначено крутні моменти на валах та діаметри самих валів, проведено розрахунок найбільш навантаженої зубчастої передачі, а також здійснено уточнений розрахунок вала.

У розділі **«Обґрунтування економічної ефективності»** проведено економічні розрахунки, які показують доцільність та економічну ефективність прийнятих технічних рішень.

В **«Спеціальній частині»** наведено методику для автоматизації розрахунку багатоопорних шпиндельних вузлів з допомогою програми Matlab, а також наведено частину тексту програми для визначення радіальної жорсткості шпиндельного вузла.

У розділі **«Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** висвітлені питання про способи гасіння пожеж, а також оцінку стійкості роботи промислового підприємства до впливу уражаючих факторів ядерної зброї.

У розділі **«Екологія»** приділена увага утворенню відходів, що виникають при обробці на горизонтально-фрезерних верстатах та способам захисту навколишнього середовища від цих відходів.

4. ВИСНОВКИ

1. Внаслідок аналізу можливостей обробки сучасними інструментальними матеріалами встановлено необхідні межі частот обертання шпинделя горизонтально-фрезерного верстату 31,5-12000. Максимально необхідна потужність різання становить 13 кВт.

2. Проведено аналіз формоутворення та компоувальної схеми горизонтально-фрезерного верстату

3. Розроблено та проведено обґрунтування структури інтегрального приводу головного руху, зокрема його ступеневої та безступеневої частини

4. На основі математичної моделі проведено розрахунки жорсткості шпиндельного вузла різних компоувальних схем та обґрунтовано доцільність вибору шпиндельного вузла з трьома радіально упорними підшипниками в

передній опорі. Жорсткість шпиндельного вузла вибраної компоновки становить 330 Н/мкм

5. Внаслідок проведеного кінематичного та силового розрахунку приводу розроблені кінематична схема та визначено конструктивні розміри його елементів.

6. На основі структурної схеми розроблено конструкцію коробки швидкостей.

7. Запропоновано конструкцію шпиндельного вузла горизонтально-фрезерного верстату на основі його компонувальної схеми

8. Визначено економічну ефективність розроблених технічних рішень, а також проведено їх обґрунтування на основі вимог до охорони праці, безпеки життєдіяльності та охорони навколишнього середовища

Перелік наукових праць

1. Кривий П.Д. Обґрунтування параметрів шпиндельного вузла горизонтально-фрезерного верстату з інтегрованим приводом головного руху / Кривий П.Д., Крупа В.В., Михалчич Г.Ю. Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том I. — С. 115.

2. Михалчич Г. Дослідження точності кінематичних ланцюгів подач токарних верстатів у імовірносному аспекті/ Якимець Г., Михалчич Г. // Матеріали IX Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“ / В 2 т. – Тернопіль: ТНТУ (м. Тернопіль, 20-21 квітня 2016 р.), 2016. – Т. 1. – С. 174-175

3. Кривий П.Д. До питання визначення та формування головного заднього кута металорізальних інструментів на прикладі токарних різців / Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Тимошенко Н.М., Михалчич Г.Ю. // Транспорт: механічна інженерія, експлуатація, матеріалознавство. Міжнародна науково-технічна

конференція, 21-22 вересня 2017 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2017. — С. 25-26.

4. Ломов Михаил Викторович. Повышение точности многоопорных шпиндельных узлов оптимизацией их конструкции: диссертация ... кандидата технических наук: 05.02.07 / Ломов Михаил Викторович; [Место защиты: Московский государственный технический университет им.Н.Э.Баумана]. - Москва, 2015. - 161 с.

5. Следящие приводы: в 3 т. 2-е изд., перераб. и доп. / под редакцией Чемоданова Б.К. Т. 2: Электрические следящие приводы – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 880 с.

6. Кочергин А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов / А.И. Кочергин. Мн., Выш. шк., 1991. – 382 с.

7. Кузнецов Ю.М. Теорія технічних систем / Кузнецов Ю. М., Новосьолов Ю. К., Луців І. В. – Севастополь : СевНТУ, 2011. – 245с.

8. Кузнецов Ю.М. Технологічне оснащення високоефективної обробки на токарних верстатах: Монографія / Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин. К.: -Тернопіль: Терно-граф. 2011. – 292 с.

Анотація

Михалчич Г.Ю. Обґрунтування параметрів та розробка інтегрального приводу головного руху горизонтально-фрезерного верстату. Спец. 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2018р.

У дипломній роботі проведено аналіз структур приводів головного руху горизонтально-фрезерних верстатів. На основі здійсненого аналізу можливостей різних типів інструментальних матеріалів встановлено граничні частоти обертання шпинделя та необхідну максимальну потужність різання. Здійснено обґрунтування структури безступеневої частини приводу головного руху з використанням методу морфологічного аналізу. Проведено обґрунтування компоновки шпиндельного вузла на основі розробленої математичної моделі, що

враховує кількість підшипників в передній опорі, їх натяг, а також відстань між ними. На основі даної моделі здійснено розрахунки радіальної жорсткості шпиндельного вузла для різних його компоновальних схем. Вибрано оптимальну структуру шпиндельного вузла, а також загальну структуру приводу. Розроблено конструкції коробки швидкостей та шпиндельного вузла верстату.

Ключові слова: привід головного руху, структура, частота обертання, потужність, конструкція, параметри.

Abstract

Mychaltchytch H.Yu. Substantiation of parameters and development of integral main motion drive of horizontal milling machine.

Analysis of the design of the main motion drive of the horizontal milling machines is carried out in this graduation thesis. The boundary frequencies of the spindle rotation and the required maximum cutting power are determined on the basis of the carried out analysis of the possibilities of different tool materials types. The substantiation of the spindle unit arrangement is carried out on the basis of the developed mathematical model taking into account the number of bearings in the front support, their tension as well as the distance between them. The calculations of the spindle unit radial stiffness for its various arrangement schemes on the basis of the given model are performed. Both the optimal structure of the spindle unit and the drive general structure are found. The designs of the gearbox and machine tool spindle unit are developed.

Key words: main motion drive, structure, rotation frequency, capacity, design, parameters.