

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

Геть Юрій Михайлович

УДК 621.787.4

**ОБГРУНТУВАННЯ І РОЗРОБКА БЕЗСТУПІНЧАТОГО ПРИВОДУ
ГОЛОВНОГО РУХУ І МЕХАНІЗМУ ЗМІНИ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ
ШПИНДЕЛЯ СВЕРДЛИЛЬНОГО 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: : Заслужений винахідник України, кандидат технічних наук, доцент **Кривий Петро Дмитрович**, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, професор кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин.

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

Захист відбудеться 23 лютого 2018 р. о 13 годині на засіданні екзаменаційної комісії №10 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м.Тернопіль, вул. Руська, 56, корпус 4, аудиторія 4-1.

1. Загальна характеристика роботи

а) Актуальність теми роботи

Глибокі зміни у виробництві, що відбуваються під впливом розвитку науки, техніки, підвищення знань і культури людей, не зачіпають складу чинників виробництва. Водночас розвиток науково-технічного прогресу сприяє економнішому, раціональнішому використанню природних ресурсів, заміні їх штучними (синтетичні волокна, пластмаси, нові види енергії тощо), що сприяє розширенню виробничих можливостей.

Ефективність виробництва, технологічний процес, якість продукції, яка виготовляється, залежать від належної організації виробництва, використання прогресивного обладнання та машин, верстатів та апаратів, що забезпечують вирішення технічних питань та економічну ефективність технологічних та конструкторських рішень.

Загальна тенденція розвитку сучасного верстатобудування може бути охарактеризована як прагнення до якомога вищої продуктивності та якості, достатньої точності за рахунок створення нових верстатів. Звідси й випливають наступні, характерні для сучасного верстатобудування, часткові тенденції для розгляду та дослідження зазначеної теми : підвищення швидкостей руху різання і подач, з метою скорочення основного технологічного (машинного) часу, і як наслідок цього - збільшення відносної кількості моделей верстатів для швидкої обробки, оснащення верстатів різноманітними допоміжними пристосуваннями з метою скорочення допоміжного часу, що не співпадає з машинним часом, велика кількість верстатів оснащується пристроями, які розширюють діапазон використання верстата і часто виключають необхідність обробки заготовки послідовно на декількох верстатах, спрощення обслуговування верстатів, що досягається, в основному, автоматизацією виробничого циклу і відповідною системою керування з використанням блокуючих пристроїв.

Тому обґрунтування і розробка безступінчатого приводу головного руху і механізму зміни частоти обертання шпинделя свердильного верстату є актуальною задачею.

б) Мета і завдання

Метою даної роботи є обґрунтування і розробка безступінчатого приводу головного руху і механізму зміни частоти обертання шпинделя свердильного верстату.

1. Для здійснення аналізу стану питання, необхідно висвітлити такі пункти і вирішити поставлення завдання:
 - а) Огляд та аналіз оптимізації схем формоутворення на проектованому верстаті і оптимізації його компоновальної схеми.
 - б) Провести технологічний розрахунок на основі вибраних та обґрунтованих вихідних даних для розробки верстатного обладнання.
 - в) Спроекувати конструкції верстатного обладнання.
 - г) Провести дослідження динаміки шпиндельного вузла.
 - д) Розрахувати і описати конструкцію варіатора
 - е) Розрахувати і описати конструкцію коробки швидкостей
 - ж) Розрахувати і описати конструкцію прискорювальної головки
 - з) Здійснити обґрунтування економічної ефективності прийнятих інженерних рішень
 - и) Розробити заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях.

- ж) Запропонувати заходи з охорони навколишнього середовища і довкілля за екологічними стандартами.

с) Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження – спеціальний, широко універсальний вертикально-свердильний верстат з безступінчатим регулюванням швидкостей.

Предмет дослідження – процес безступінчатого привода головного руху і механізму зміни частоти обертання шпинделя свердильного верстату.

д) Наукова новизна отриманих результатів

1. Отримано залежності для визначення статистичної радіальної жорсткості шпиндельного вузла удосконаленого свердильного верстата.

2. Створена математична модель розрахунку жорсткості шпиндельного вузла, яка дозволяє здійснити розрахунок статичної осьової жорсткості та динамічний розрахунок шпиндельного вузла, зокрема для визначення частот і форм коливань з використанням матриць.

е) Практичне значення отриманих результатів

1. Розроблені конструкції основних вузлів верстата, а саме : шпиндельного вузла, варіатора, коробки швидкостей, прискорювальної головки.

2. Визначена радіальна та осьова жорсткість шпиндельного вузла, яка складає відповідно 80500 Н/мм і $3,015 \cdot 10^5$ Н/мм.

ф) Апробація

Основні положення роботи доповідались на науково-технічних семінарах кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, а також на VII Міжнародній науково-технічній конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні» 5-9 лютого 2018 р., НУ «Львівська політехніка».

2. Структура роботи.

Дипломна робота магістра складається із трьох частин: графічної частини, розрахунково-пояснювальної записки та додатку. Графічна частина виконана на 12 листах формату А1, а пояснювальна записка складається із вступу і 8 розділів, висновків, переліку посилань, додатків, виконаних на 214 листах формату А4. У додатку, виконаному на 35 листах формату А4, містяться специфікації до графічної та технологічної частин дипломної роботи.

3. Основний зміст роботи.

а) У **вступі** подано загальну характеристику досліджуваної теми, обґрунтовано актуальність дипломної роботи, сформульовано мету, завдання дослідження, відзначено наукову та практичну цінність отриманих результатів

б) У **«Аналітичному розділі»** (першому) подано огляд і аналіз методів і пристроїв для формування вертикально-свердильного верстату з безступінчатим регулюванням швидкостей.

с) У другому розділі **«Оптимізація схем формоутворення на проектованому верстаті і оптимізація його компоновальної схеми»** проаналізовано схеми формоутворення поверхонь деталей та вибрано компоновку верстату та визначено комплекс виконавчих рухів.

д) У третьому розділі **«Вибір і обґрунтування вихідних даних на розробку верстатного обладнання. Технологічний розрахунок.»** проведено аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі, розроблено технологічний процес механічної обробки деталі, проведено технічне нормування зазначеного тех. процесу.

е) У четвертому розділі «**Проектування конструкції верстатного обладнання**» проведено кінематичний розрахунок приводу, вибрано до нього двигун, сконструйовано та розраховано конструкцію шпиндельного вузла.

ф) У п'ятому розділі «**Науково-дослідному розділі**» проведено динамічний розрахунок шпиндельного вузла, описано та розраховано конструкцію варіатора, коробки швидкостей прискорювальної головки.

г) У шостому розділі «**Обґрунтування економічної ефективності прийнятих рішень**», у якому, зокрема, висвітлено характеристику технічного рівня проектного верстата, сплановано технічну підготовку виробництва проектного верстата, визначено його економічну ефективність.

h) У сьомому розділі «**Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях**» висвітлено організацію і планування робочого місця, зокрема подано вимоги до робочого місця, розрахунок штучного і природного освітлення виробничого приміщення, розрахована система вентиляції, а також описані дії населення і правила поведінки у надзвичайних ситуаціях (при підвищенні радіаційного фону, при оповіщенні про радіоактивне зараження навколишнього середовища, індивідуальний захист тощо).

і) У восьмому «**Екологія**» відзначено актуальність охорони навколишнього середовища, охарактеризовано шкідливі викиди, промислові шуми і вібрації, подано заходи для усунення шкідливого впливу верстата на навколишнє середовище, а також методи і заходи щодо очищення води і стоків.

4. Висновки.

За результатами виконання поставлених задач та проведеної роботи сформульовані такі висновки:

1. Вищий ступінь концентрації технологічних операцій досягається за рахунок надання всіх робочих рухів інструменту, а заготовка закріплюється нерухомо. Орієнтація заготовки здійснюється за допомогою пристроїв.

2. Розроблені конструкції основних вузлів верстата, а саме : шпиндельного вузла, варіатора, коробки швидкостей, прискорювальної головки.

3. Визначена радіальна та осьова жорсткість шпиндельного вузла, яка складає відповідно 80500 Н/мм і $3,015 \cdot 10^5$ Н/мм.

4. Виконано розрахунок динамічної моделі шпиндельного вузла і отримані такі частоти власних коливань $f_1=85,72$ Гц та $f_2=514,24$ Гц.

5. Конструкцію шпинделя та конструкторський розрахунок вузлів верстата виконано із використанням системи автоматизованого проектування САПР та пакету прикладних програм.

6. Проведено визначення собівартості обробки деталі на верстаті та визначено очікуваний економічний ефект від впровадження верстата.

7. Економічними розрахунками підтверджено економічну ефективність запропонованих інженерних рішень.

8. Запропоновані заходи з охорони праці, безпеки життєдіяльності та екології забезпечують нормальні, безпечні умови функціонування модернізованих верстатів.

5. Перелік використаних наукових праць.

1. Бабук В.В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения. Минск: Вышэйшая школа, 1979.- 463 с
2. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. -Т.2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова-М.: Машиностроение, 1985.-495с>
3. Режимы резания металлов. Справочник / Под ред. Ю В.Варановского.- М.: Машиностроение, 1972. - 386 с 4.Горбачевич д ф. и др. Курсовое проектирование по технологии машиностроения- Минск: Вышэйшая школа, 1970 - 247 с
4. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування МРВ “Основи кінематичного розрахунку МРВ” / Під ред. Дубиняка С.А.,Нагорняка С.Г.,Дубецького І.Д. - Тернопіль, 1980. - 85 с
5. Методичні рекомендації по курсовому та дипломному проектуванню МРВ “Розрахунок передач, валів, муфт і основних пристроїв металорізальних верстатів”/ Під ред. Дубиняка С.А., Нагорняка С.Г.,Дубецького І.Д. - Тернопіль, 1980. -61 с
6. Маеров А.Г. Устройство, основы, конструирование и расчет металлообработывающих станков и автоматических линий. - М.: Машиностроение, 1969. - 365 с
7. Кучер И.М. Металлорежущие станки. - Ленинград: Машиностроение, 1969.- 707 с
8. Справочник конструктора - машиностроителя / Под ред. Анурьева В.И. В 2-х т. - Т.2. - М.: Машиностроение, 1980. - 560 с
9. Пуш В. Е. Металлорежущие станки. - М.: Машиностроение, 1986. - 495с
10. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. - М.: Машиностроение, 1975 - 648 с
11. Перель А.Б. Подшипники качения. - М.: Машиностроение, 1979. – 810
12. Мельников Г.Н. Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов. - М.:Машиностроение, 1986.- 495с
13. Егоров П.Т.,Шляхов И.А,Алабин Н.И.,Гражданская оборона.- М.:Высшая школа,1986.-310с.
14. Инструмент для станков с ЧПУ многоцелевых станков И72;ГГ1С/ Подред.И.Л.Фадюшин,Я.А.Музыкант,А.И.Мещеряков и др.-М.:Машиностроение, 1990. - 272 с.
15. Итин А.М.,Родичев Ю.А. Наладка и эксплуатация токарных многошпиндельных полуавтоматов.- М.:Машиностроения,1977.-134с.
16. Кедров С.С. Колебания металлорежущих станков. — М.: Машиностроение, 1978. -199 с.
17. Колобов А.А. Методические указаний к организационно - эконо-мической части дипломных проектов. - М.: Машиностроение,1978. —199с.
18. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. - М.\ Машиностроение,1983. - 277с.
19. Куликов С.И. Волощенко П.В. Свердлильные и хонинговальные станки. - М.: Машиностроение, 1983. -277с .
20. Металлорежущие станки : Учебник для машиностроительных ву-зов/ Под ред. В.З. Пуша. - Машиностроение , 1985,265с.
21. Металлорежущие станки: В 2-х т. - Т.1/ Под ред. Н.С. Ачеркана. - М.: Машиностроение ,1965. - 764 с.
- 22.Кривий П.Д. Стохастичність силових характеристик процесу різання при свердлінні/ Під ред. Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Геть Ю.М. та ін.//Тези доповідей VII-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні» 05-09 лютого 2018р.,- Львів,НУ «Львівська політехніка»,С-додаток до конференції

6. Анотація.

Геть Ю.М. обґрунтування і розробка безступінчатого приводу головного руху і механізму зміни частоти обертання шпинделя свердлильного верстату. Дипломна робота на здобуття освітнього рівня «магістр» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Тернопіль. 2018.

Дипломна робота присвячена науково-технічній задачі, яка полягає в обґрунтуванні і розробці безступінчатого приводу головного руху і механізму зміни частоти обертання шпинделя свердлильного верстату.

В роботі здійснено динамічний розрахунок шпиндельного вузла, описано конструкцію коробки швидкостей варіатора та прискорювальної головки.

В роботі проведено пошук можливості створення на базі вертикально-свердлильного верстату з безступінчастою механічною системою на основі включення в кінематичний ланцюг механічного варіатора. Проведено пошук і опис конструкції верстату, його конструктивних параметрів.

Конструкція виявилась економічно ефективною і доцільною. Виконано конструкторські розрахунки окремих елементів лінії приводу головного руху, зокрема шпиндельного вузла.

Виконано також розробку конструкції високошвидкісної головки, яка розширює технологічні можливості даної групи.

Подано необхідні техніко-економічні розрахунки, які підтверджують доцільність виконання даної роботи.

Ключові слова: верстат, варіатор, шпиндельний вузол, коробка швидкостей, компоновка, головний рух, економічна ефективність, безпека, екологія.

ABSTRACT

Het Yu. M. The substantiation and development of the variable-speed drive of the principal movement and mechanism for changing the spindle rotational speed of the drilling machine. Graduation thesis for educational Master's degree in specialty 133 "Industrial engineering". Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2018.

The graduation thesis deals with the scientific and technical problem involving the substantiation and development of the variable-speed drive of the principal movement and mechanism for changing the spindle rotational speed of the drilling machine.

The dynamic calculation of the spindle unit was carried out, the structure of the variable-speed gear box and the acceleration head were described in this work.

The investigation of the possibility for the construction on the base of vertically oriented drilling machine with variable-speed mechanical system on the basis of the implementation of mechanical variable-speed drive in kinematic chain is carried out in this work. The research and description of the machine tool structure, its design parameters are given.

The construction design proved to be cost effective and reasonable. The design calculations of the certain elements of the driveline of the principal movement, particularly of the spindle unit, are performed.

The design of the high-speed head improving technical capabilities of the given group is developed.

The necessary technical and economic calculations proving the rationale for the given work are provided.

Key words: machine tool, variable-speed gear, spindle unit, gear-box, layout, principal movement, cost effectiveness, safety, ecology.