

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

БЕГА ТАРАС АНДРІЙОВИЧ

УДК 621.9

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИСТРОЮ ЗАТИСКУ
ІНСТРУМЕНТУ ВЕРТИКАЛЬНО-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, старший викладач
кафедри конструювання верстатів, інструментів та
машин
Крупа Володимир Васильович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

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

Захист відбудеться 22 лютого 2018 р. о 13.00 годині 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. 101

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

При обробленні на металорізальних верстатах важливе значення має якість обробленої деталі, на яку в тій чи іншій мірі впливає кожен вузол верстата. Один із найсуттєвіших впливів на точність обробки має механізм затиску (затягування) інструмента в шпинделі фрезерних верстатів. У фрезерних верстатах, як правило, інструментальний патрон затягується в внутрішній конус шпинделя, в якому забезпечується базування, а крутний момент передається через шпонки. Серед найпоширеніших є механізми затиску з ручним гідравлічним пневматичним та електромеханічними приводами. Найбільш поширеними та використовуваними є гідравлічні та пневматичні системи, при яких затягування оправки з інструментом здійснюється, як правило, з допомогою пакетів тарільчастих пружин, а розтиск – з допомогою гідро- або пневмоприводу. При високих швидкостях обертання шпинделя, розмір отвору збільшується під дією відцентрових сил [2]. Оскільки оправка знаходиться під дією навантаження з боку механізму затиску, вона затягується глибше в шпиндель. Це призводить до зміни положення інструмента щодо базових поверхонь, а після зупинки шпинделя збільшується тиск в з'єднанні шпиндель - оправка, що перешкоджає видаленню інструменту і може привести до поломок. Одними з найбільш економічних і безпечних є електромеханічні приводи затиску у яких замикання силового контуру відбувається шляхом самогальмування, оскільки після досягнення необхідного зусилля затиску вони відключаються від джерела живлення і підтримують зусилля затиску навіть при аварійній втраті живлення верстата [2,3]. Тому розробка конструкції нових пристроїв затиску інструмента з електромеханічним приводом та їх дослідження є одним із пріоритетних напрямів та є безумовно актуальним.

Метою роботи – покращення технологічних властивостей вертикально-фрезерного верстата за рахунок модернізації приводу головного руху та підвищення ефективності роботи електромеханічного затискного пристрою інструменту

Задачі дослідження:

Для досягнення поставленої мети необхідно:

1. Встановити необхідні граничні частоти обертання шпинделя з урахування

можливостей обробки сучасними інструментальними матеріалами, визначити силові характеристики та необхідну потужність різання.

2. Провести кінематичний та силовий розрахунок приводу головного руху.

3. Проаналізувати існуючі конструкції і принципи роботи механізмів затиску та розробити структурну схему електромеханічного пристрою затиску інструменту вертикально-фрезерного верстату

4. Здійснити аналіз принципів дії існуючих конструкцій шпиндельних вузлів та систем затиску з електромеханічним пристроєм

5. Провести дослідження необхідних характеристик електромеханічного приводу затиску

6. Здійснити теоретичні дослідження силових, характеристик шпиндельного вузла з електромеханічним затиском та визначити необхідні параметри затиску

7. Здійснити розрахунки економічної ефективності прийнятих технічних рішень, та обґрунтувати їх відповідно до вимоги охорони праці, безпеки життєдіяльності та охорони навколишнього середовища.

Об'єкт дослідження – електромеханічний пристрій затиску інструмента вертикально-фрезерного верстату, а також його привод головного руху.

Предмет дослідження – силові та енергетичні характеристики механізму затиску інструмента вертикально-фрезерного верстату з електромеханічним приводом.

Методи дослідження. Основою роботи є комплексний підхід до розробки конструкції та дослідження електромеханічного пристрою затиску з урахуванням частот обертання шпинделя, необхідних зусиль затиску, динамічних характеристик його елементів, на основі сучасних підходів до проектування металорізальних верстатів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробленні теоретичних залежностей для визначення коефіцієнта підсилення електромеханічного затискного пристрою та його коефіцієнта корисної дії, на основі закону збереження енергії всіх ланок.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновано конструкцію

пристрою затиску інструмента вертикально-фрезерного верстату з електромеханічним приводом. Запропоновані методи та технічні рішення можуть бути використані для модернізації приводів затиску аналогічних верстатів.

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 (м. Тернопіль, 17-18 листопада 2017 р.) і опубліковані в збірнику тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“.

2. СТРУКТУРА РОБОТИ.

Робота складається зі вступу, 9 розділів, висновків, списку літератури (58 найменувань), 1 додатка. Загальний обсяг текстової частини - 175 сторінок, 11 таблиць, 67 рисунків.

3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **Вступі** подано актуальність магістерської роботи, сформульована мета досліджень та задачі, які необхідно виконати, відзначені об'єкт та предмет дослідження, описано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У **Аналітичному розділі** здійснено аналіз базової моделі верстату, зокрема його будови та приводів головного руху і подачі, проведено аналіз конструкцій та характеристик фрезерних верстатів аналогічного призначення, зроблено дослідження видів з'єднань шпиндель - інструментальна оправка шпиндельного вузла, до яких відносяться, зокрема, SK, HSK, «Big Plus», «3 lock system» та з'єднання «Coromant Capto», проведено пошук пристроїв для механізованого затиску інструменту конічним хвостовиком вертикально-фрезерних верстатів.

У розділі «**Аналіз формоутворення та компоувальної схеми верстата**» здійснено аналіз формоутворення на вертикально-фрезерному верстаті, проведено оптимізацію компоувальної схеми на основі математичного методу відбору компоновок, розроблено структурно-кінематичну схему верстата, встановлено зовнішні та внутрішні кінематичні зв'язки.

У **«Кінематичному розділі»** проведено розрахунок граничних режимів обробки для вертикально-фрезерного верстату та розраховано необхідну силу різання P_z та потужність різання. Здійснено кінематичний розрахунок приводу головного руху: визначено діапазон регулювання, вибрано електродвигун приводу головного руху, визначено передаточні відношення коробки швидкостей, розроблено оптимальну кінематичну схему.

У **Конструкторському розділі** проведено силовий розрахунок коробки швидкостей з урахуванням нового електродвигуна, визначено крутні моменти на валах та діаметри самих валів, проведено розрахунок найбільш навантаженої зубчастої передачі, а також уточнений розрахунок вала.

В **науково-дослідному розділі** проаналізовано вимоги до затискних пристроїв, та описано переваги, якими володіють електромеханічні пристрої затиску, розроблено структурну схему цангового ЗМ з самогальмуванням та електромеханічним приводом затиску, здійснено аналіз існуючих конструкцій шпиндельних вузлів з електромеханічними приводами затиску інструменту, описано принципи дії існуючих електромеханічних затискних пристроїв, проведені дослідження динамічних та інших характеристик та вимог до двигунів та приводів, що використовуються в електромеханічних пристроях затиску. Здійснено теоретичні дослідження силових, характеристик шпиндельного вузла з електромеханічним затиском зокрема на основі розроблених розрахункової схеми, схем силового потоку, структурної схеми визначено коефіцієнт підсилення затискного механізму, що враховує— коефіцієнт підсилення гвинтової пари; коефіцієнт втрати сили, в парі тертя – зовнішня циліндрична поверхня цанги – внутрішня циліндрична поверхня шпинделя; коефіцієнт підсилення цангового патрону. На основі аналізу потоку енергії системи запропоновано залежність для визначення коефіцієнта корисної дії механізму, як відношення ефективної енергії затиску до суми енергій на переміщення мас, роботи сил тертя та ефективної енергії затиску. В якості приводу затиску підібрано електромеханічну головку. Розроблено конструкцію пристрою затиску.

У розділі **«Обґрунтування економічної ефективності»** проведено комплекс

економічних розрахунків, які показують економічну ефективність прийнятих інженерних рішень.

В «Спеціальному розділі» проведено комп'ютерний статичний і динамічний розрахунок шпindelного вузла на основі використання програмного продукту SPINCH

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» висвітлені питання про фінансування охорони праці на підприємстві, безпеку при аварії на хімічно небезпечному об'єкті. Розраховано місцеве освітлення для верстата.

У розділі «Екологія» приділена увага утворенню відходів, що виникають при обробці на токарних верстатах та методам переробки твердих металевих відходів.

4. ВИСНОВКИ

1. З урахуванням сучасних інструментальних матеріалів для вертикально-фрезерного верстата з максимальним діаметром інструмента $D_{max}=200$ мм встановлені необхідні частоти обертання шпинделя $n_{max}=3200$ об/хв, $n_{min}=30$ об/хв. Максимальна сила різання $Pz=2615$ Н, потужність різання – $N=6,23$ кВт.

2. Проведено кінематичний та силовий розрахунок приводу головного руху. Вибрано привід з двочастотним асинхронним електродвигуном та розширювальною коробкою швидкостей. Встановлено оптимальні передаточні відношення коробки швидкостей, визначено діаметри валів та модулі зубчастих коліс.

3. Проаналізовано існуючі конструкції і принципи роботи механізмів затиску та розроблено структурну схему електромеханічного пристрою затиску інструменту вертикально-фрезерного верстату, що складається з приводу затиску, передачі гвинт-гайка з упорною різью та механізмом затягування оправки в затяжну цангою

4. Проаналізовано конструкції принципів дії існуючих конструкцій шпindelних вузлів та систем затиску з електромеханічним пристроєм

5. Внаслідок проведених дослідження необхідних характеристик електромеханічного приводу затиску визначено його необхідний максимальний момент приводу затиску $M=90$ Нм

6 Внаслідок проведених теоретичних досліджень запропонованого пристрою отримано залежності для визначення коефіцієнта підсилення механізму та коефіцієнта корисної дії.

7. Здійснено розрахунки економічної ефективності прийнятих технічних рішень, та обґрунтовано їх відповідно до вимоги охорони праці, безпеки життєдіяльності та охорони навколишнього середовища.

Перелік наукових праць

1. Крупа В. В. Дослідження електромеханічного механізму затиску інструменту вертикально-фрезерного верстата / В. В. Крупа, Т. А. Бега // 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. 122. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).

2. Молодцов В.В. Методы проектирования высокоэффективных металлообрабатывающих станков как мехатронных систем. –Дис.... докт. техн. наук. –М.: МГТУ ім. Баумана, 2016. – 390 с.

3. Недобой В. А. Затискні механізми високошвидкісних шпиндельних вузлів на модульному принципі для фрезерних верстатів. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти / В. А. Недобой — Тернопіль, 2016. — 23 с.

4. Вейц В.Л. Электромеханические зажимные устройства станков и станочных приспособлений/В.Л. Вейц, Л.И. Фридман. - Л.: Машиностроение, 1973. - 264с.

5. Кузнецов Ю. М. Аналіз процесу затиску-розтиску тіл обертання в затискному механізмі з електромеханічним приводом / Ю. М. Кузнецов, Б. І. Придальний // Вісник ХНТУ. – 2015. – №4(55). – С. 48–56.

6. Агрегатно-модульне технологічне обладнання: / Крижанівський В.А., Кузнецов Ю.М., Кириченко А.М. та ін. / Під ред. Ю.М. Кузнецова. Навч. посібник для ВНЗ у 3-х част. – Кіровоград, 2003. – Частина III. Агрегатно-модульне технологічне обладнання нового покоління, його оснащення та інструментальне забезпечення. – 507 с.

7. Волошин В.Н. Синтез затискних патронів з позиційними багатопрофільними затискними елементами для токарних верстатів. – Дис.... канд. техн. наук. – К.: НТУУ «КПІ», 2003. – 234 с.

8. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием. В 2-х ч. /Под общ.ред. Кузнецова Ю.Н., ч. I. Основные сведения и принципы создания зажимных механизмов / Ю.Н. Кузнецов, В.Н. Волошин, П.М. Неделчева, Ф. В. Эль-Дахаби. – Киев: ООО "ЗМОК" – ООО "ГНОЗИС", 2009. – 270 с.

9. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием. В 2-х ч. /Под общ.ред. Кузнецова Ю.Н., ч. II. Конструкции, расчёты и исследования зажимных механизмов / Ю.Н. Кузнецов, В.Н. Волошин, П.М. Неделчева, Ф.В. Эль-Дахаби. – Киев: ООО "ЗМОК" - ООО "ГНОЗИС", 2010. – 466 с.

10. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: Монография. / Под ред. Ю.Н. Кузнецова. / Ю. Н.Кузнецов, В.Н. Волошин, П.М. Неделчева, Ф.В. Эль-Дахаби. – Габрово: “Васил Априлов”, 2010. – 724 с.

11. 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.

12. Кузнецов Ю.М. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки / Ю.Н. Кузнецов, О.И. Драчев, И.В. Луцив, А.В. Шевченко, В.Н. Волошин. :ТНТ, 2014. – 480 с.

Анотація

Бега Т.А. Дослідження електромеханічного пристрою затиску інструмента вертикально-фрезерного верстату. 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2018р.

У дипломній роботі вирішені питання кінематичного та силового розрахунку модернізованого приводу головного руху вертикально-фрезерного верстату. Проведено дослідження видів з'єднань шпиндель - інструментальна оправка шпиндельного вузла, здійснено пошук пристроїв для механізованого затиску інструменту конічним хвостовиком вертикально-фрезерних верстатів, здійснено

аналіз існуючих конструкцій шпindelних вузлів з електромеханічними приводами затиску інструменту, описано принципи дії існуючих електромеханічних затискних пристроїв. Розроблено структурну схему цангового ЗМ з самогальмуванням та електромеханічним приводом затиску. Здійснено теоретичні дослідження силових, характеристик шпindelного вузла з електромеханічним затиском зокрема на основі розроблених розрахункової схеми, схем силового потоку, структурної схеми визначено коефіцієнт підсилення затискного механізму. На основі аналізу потоку енергії системи запропоновано залежність для визначення коефіцієнта корисної дії механізму. Запропоновано конструкцію шпindelного вузла з електромеханічним пристроєм затиску.

Ключові слова: шпindelний вузол, електромеханічний пристрій, затягування, цанга, передача гвинт-гайка, сила затягування.

Abstract

Beha T.A. Study of tool gripping electromechanical unit of vertical milling machines.

The problems of kinematic and power calculation for improved main motion drive of the vertical milling machine tool are solved in this graduation thesis. The investigations of the joints of spindle-tool holder-type and the research of the devices for mechanical tool clamp by taper shank of the vertical milling machine tool are carried out. The available spindle unit designs with the electromechanical drive of tool holder are analyzed, the principles of operation of the available electromechanical tool holder devices are described. The schematic structure of the collet clamping mechanism with self-stopping and electromechanical clamping drive is developed. The theoretical investigations of power characteristic of the spindle unit with electromechanical clamp are carried out. The gain factor of the clamping mechanism is determined particularly on the basis of the developed design model, power flow schemes, structural arrangement. The dependence for determination of the mechanism efficiency is offered on the basis of the system energy flow analysis. The spindle unit structure with electromechanical clamping device is suggested.

Key words: spindle unit, electromechanical device, tightening, collet, screw-and-nut, tightening force.