

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

**КУЛЬЧИЦЬКИЙ ПАВЛО ОРЕСТОВИЧ**

УДК 621.941.2-229.323

**ДОСЛІДЖЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ПАТРОНІВ ДЛЯ  
ЗАКРІПЛЕННЯ КІНЦЕВОГО ІНСТРУМЕНТУ СПОСОБОМ  
ТЕРМІЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ**

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  
**Волошин Віталій Несторович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортних технологій  
**Попович Павло Васильович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться \_\_ лютого 2017 р. о 9<sup>00</sup> 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.

Високошвидкісна обробка (High Speed Cutting) – одна із сучасних технологій, яка в порівнянні із звичайним різанням, дозволяє підвищити продуктивність, точність та якість механічної обробки. Завдяки таким перевагам вона все ширше впроваджується на підприємствах авіакосмічної, автомобільної та верстатобудівної промисловості. Вирішальним фактором при оцінці процесу високошвидкісної обробки є продуктивність верстатів, які визначають собівартість виробництва, і таким чином, амортизацію інвестованих коштів.

Важливою системою верстата є система “шпиндельний вузол - затискний патрон - різальний інструмент”, яка повинна забезпечити високу швидкість різання, що у порівнянні із звичайною обробкою зростає в 10 раз і більше.

Затискний патрон служить ланкою, яка зв’язує шпиндель та різальний інструмент, і від нього в значній мірі залежить збалансованість всієї системи.

Тому дослідження силових характеристик конструкцій інструментальних затискних патронів є дуже важливою науково-практичною задачею не тільки з точки зору продуктивності обробки, але і з точки зору забезпечення безпечної роботи на верстаті.

## б) Мета і завдання.

*Метою роботи* є підвищення продуктивності багатоцільових верстатів з ЧПК за рахунок їх оснащення інструментальними патронами для закріплення різального інструменту способом термічних деформацій та встановлення закономірностей силових характеристик інструментальних термопатронів від їх конструктивних параметрів та матеріалу хвостовика інструменту.

Для досягнення цієї мети у роботі вирішено наступні задачі:

- проаналізувати конструкції багатоцільових верстатів з ЧПК, їх приводів головного руху та механізмів затиску інструменту;
- розробити конструкцію мехатронного приводу головного руху багатоцільового верстата з ЧПК з приводом затиску інструменту;
- охарактеризувати високошвидкісну обробку та її переваги в порівнянні із іншими видами обробки;
- провести аналіз систем затиску інструментальних патронів у шпинделі верстата для високошвидкісної обробки та встановити вимоги до інструментальних патронів для закріплення різального інструменту, провести аналіз їх відомих схем і конструкцій;
- розробити математичну модель для визначення статичних силових характеристик інструментальних патронів з тепловою посадкою інструменту від конструктивних параметрів та матеріалу хвостовика інструменту;
- дослідити за допомогою розробленої математичної моделі вплив конструктивних параметрів та матеріалу хвостовика інструменту на величину контактного тиску у з’єднанні інструментального патрона і хвостовика інструменту та величину крутного моменту, який

передається на інструмент.

**с) Об'єкт, методи та джерела дослідження.**

*Об'єкт дослідження.* Інструментальні затискні патрони з тепловою посадкою інструменту.

*Предмет дослідження.* Величин контактного тиску у з'єднанні інструментального патрона і хвостовика інструменту та величина крутного моменту, який передається на інструмент.

*Методи дослідження.* В основу роботи покладено фундаментальні положення теорії технічних систем, технічної механіки, опору матерілів, математичного аналізу.

**д) Наукова новизна отриманих результатів.**

На основі методики розрахунку з'єднаних циліндрів запропоновано математичну модель для визначення статичних силових характеристик інструментальних затискних патронів з тепловою посадкою інструменту, що дозволяє встановити вплив їх конструктивних параметрів та матеріалу хвостовика інструменту на величину контактного тиску та величина крутного моменту, який передається на інструмент.

**е) Практичне значення отриманих результатів.**

Результати проведених досліджень та інженерного розрахунку можна використати при застосуванні конструкцій інструментальних затискних патронів з тепловою посадкою інструменту для оснащення високошвидкісних багатоцільових верстатів з ЧПК.

**ф) Апробація.**

Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались на V 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 2016 р.) і опубліковані в збірнику:

1. Збірник тез доповідей V міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Том I. – Тернопіль, 2016.– С.140.

**2. СТРУКТУРА РОБОТИ.** Робота складається зі ступу, 7 розділів, висновків, списку літератури (32 найменування), 1 додатку.

Загальний обсяг тестової частини – 124 сторінки, 12 таблиць, 46 рисунків.

### **3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**а) У Вступі** відзначено актуальність теми магістерської роботи, сформульована мета виконання роботи, а також перелічено завдання, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети та комплексного наповнення дипломної роботи магістра.

**б) Перший розділ «АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ»** присвячений аналізу конструкції базової моделі багатоцільового верстата з ЧПК мод. IP500ПМФ4 та конструкцій і технічних характеристик верстатів аналогічного призначення провідних світових виробників, таких як StarragHeckert, Huller Hille, Ex-Cell-0

та ін. Огляд та аналіз конструкцій багатоцільових верстатів з ЧПК дозволив зробити наступні висновки: верстати оснащені мотор-шпинделями для забезпечення високошвидкісної, в підшипниках мотор-шпинделів використовуються сучасні матеріали; верстати мають вбудовані системи охолодження і інструментальне оснащення з HSK.

На основі проведеного аналізу у багатоцільових верстатах з ЧПК доцільно використовувати високошвидкісні мотор-шпинделі та системи затиску інструменту для затиску інструментальних патронів з конусом HSK, вмонтовані в шпиндельну бабку.

**с) У другому розділі «ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ КОМПОНОВКИ ВЕРСТАТА»** здійснено аналіз формоутворення на верстаті. Значна увага приділено аналізу компоувальних схем верстатного обладнання подібного типу. На основі аналізу схем формоутворення та формоутворюючих рухів вибрано технологічний модуль та модульний комплект. Сформульовано умови відбору компоновок. На основі умов відбору компоновок проведено відбір координатної компоновки методом перетину множин та здійснено вибір раціональної конструктивної компоновки.

**d) Третій розділ «ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАТРОННОГО ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ВЕРСТАТА»** вибрано структуру приводу головного руху багатоцільового верстата з ЧПК, що являє собою прямий привід у вигляді мехатронного вузла, який поєднує в собі привідний та робочий органи. Виходячи із кінематичних та силових характеристик приводів головного руху верстатів-аналогів за даними фірми Indramat, що виготовляє асинхронні електродвигуни мотор-шпинделів, вибрано привідний двигун BA180M4.

По максимальній частоті обертання та потужності, яка передається, вибрано компоновочну схему шпиндельного вузла, яка передбачає в передній та задній опорі встановлення радіально-упорних кулькових підшипників по схемі дуплекс «О». Вибрано підшипники для передньої опори марки 46111НС фірми Premier, а також перевірено правильність їх вибору по допустимій частоті обертання. За допомогою методики розбиття опор шпинделя на комплексні опори, визначено осьову та радіальну жорсткості опор шпиндельного вузла. Проведено визначення оптимальної міжопорної віддалі та радіальної жорсткості переднього кінця шпинделя шпиндельного вузла за допомогою пакета прикладних програм MathCAD. Виходячи із конструктивних міркувань прийнято міжопорну віддаль  $l = 336$  мм. За результатами розрахунку радіальна жорсткість переднього кінця шпиндельного вузла при  $l = 336$  мм –  $J_{r_{sp}} = 165,1$  Н/мкм.

Розроблено розрахункову схему для визначення динамічних характеристик шпиндельного вузла. Здійснено приведення зосереджених і розподілених мас до передньої частини шпинделя і середини міжопорної віддалі.

Визначення власних частот та амплітуд коливань шпиндельного вузла здійснювалося для приведеної двомасової системи із системи рівнянь:

$$\begin{cases} u_1 = p^2 m_{np1} u_1 \delta_{11} + p^2 m_{np2} u_2 \delta_{12} \\ u_2 = p^2 m_{np1} u_1 \delta_{21} + p^2 m_{np2} u_2 \delta_{22} \end{cases} \quad (1)$$

де  $p$  – власна частота коливань;  $u_1$  – амплітуда форми коливань на кінці шпинделя, що відповідає певній власній частоті коливань;  $u_2$  – амплітуда форми коливань посередині міжопорної частини шпинделя, що відповідає певній власній частоті коливань;  $\delta_{11}, \delta_{12}, \delta_{21}, \delta_{22}$  – коефіцієнти впливу податливостей;  $m_{np1}, m_{np2}$  – приведені маси відповідно на кінці та посередині між опорної частини шпинделя.

В результаті розв'язку отримані наступні власні частоти коливань: перша власна частота коливань -  $p_1 = 140$  Гц; друга власна частота коливань -  $p_2 = 392$  Гц. Отримані форми коливань шпинделя приведені на рис. 1.

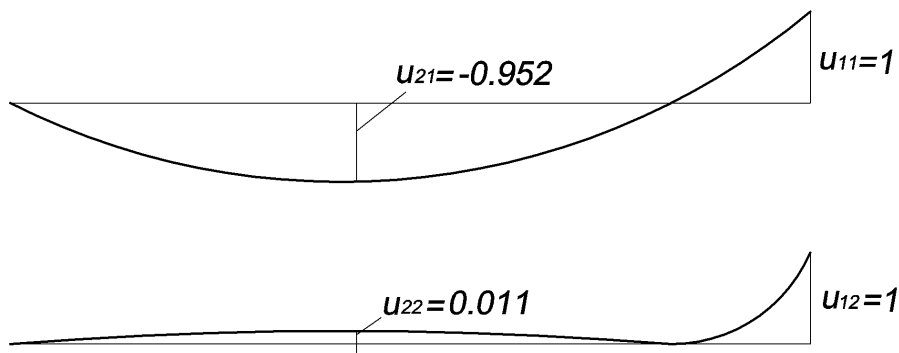


Рис. 1. Форми коливань на першій та другій власній частотах

е) **Четвертий «НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ»** присвячений області застосування і аналізу переваг високошвидкісної обробки та її порівняння із іншими видами обробки, а також впливу швидкості різання на продуктивність обробки, якість поверхні, силу різання та стійкість інструменту. Також приведено системи гідромеханічного затиску інструментальних патронів у шпинделі металорізальних верстатів для високошвидкісної обробки. Проведено аналіз конструкцій інструментальних патронів з термозатиском, матеріалів, з яких вони виготовляються. Приведені способи швидкого закріплення інструменту в патронах з термозатиском, принцип роботи яких базується на нагріванні струмами високої частоти. Показано, що одним з головних критеріїв при виборі інструментального затискного патрона для HSC служить радіальне биття різальної кромки інструменту, затиснутого в патроні, яке безпосередньо впливає на стійкість інструменту. На основі аналізу проведених наукових досліджень здійснено порівняння крутних моментів, що передаються інструментальними патронами, при різних діаметрах затиску. Приведено порівняння інструментальних затискних патронів за критеріями податливості системи «патрон-інструмент» та стійкості інструменту, затиснутого в різних типах затискних патронів.

На основі методики розрахунку з'єднаних циліндрів виведені залежності для визначення статичних силових характеристик від конструктивних параметрів інструментальних патронів з тепловою посадкою інструменту.

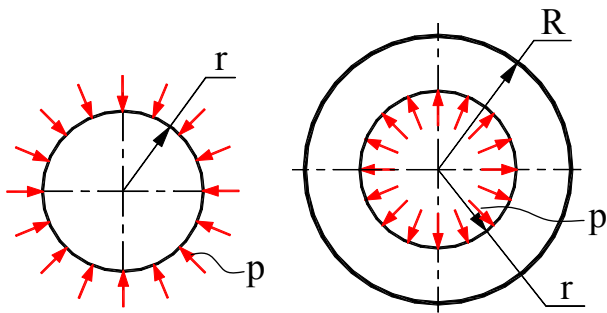


Рис. 2. Питомий контактний тиск, що виникає в з'єднанні патрона з хвостовиком інструменту при тепловій посадці з натягом

Після посадки інструменту в отвір патрона зовнішній радіус хвостовика інструменту і внутрішній радіус циліндричної затискної частини патрона стають однаковими (рис.2), то очевидно, що сума абсолютних величин їх радіальних переміщень на радіусі поверхонь контакту, викликаних контактним тиском, повинна бути рівна половині натягу, тобто:

$$\Delta r + \Delta R = \frac{\delta}{2}, \quad (1)$$

де  $\Delta r$  - величина радіального переміщення хвостовика інструменту на поверхні контакту;  $\Delta R$  - величина радіального переміщення установочної циліндричної частини затискного патрона.

Після визначення за методикою розрахунку з'єднаних циліндрів  $\Delta r$ ,  $\Delta R$  і підстановки в залежність (1) отримуємо залежність для визначення контактного тиску:

$$p = \frac{0,5\delta}{\frac{r}{E_1}(1 - \mu_1)p + \frac{r}{E_2}\left(\frac{1+k^2}{1-k^2} + \mu_2\right)}. \quad (2)$$

За контактним тиском можна визначити крутний момент в статиці, що передається затискним патроном:

$$M = \frac{f\pi d^2 h p}{2}, \quad (3)$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя при сталому процесі розпресування;  $h$  - довжина контактної ділянки циліндричного хвостовика із затискним патроном.

На основі результатів моделювання встановлено, що максимальний контактний тиск виникає у з'єднанні інструментального патрона з термозтиском і хвостовика інструменту у випадку, коли матеріалом хвостовика інструменту є твердий сплав, а патрона – теплостійка сталь. Встановлено, що із збільшенням величини натягу у з'єднанні, від 0.005мм до 0.04мм, і збільшенням діаметра хвостовика інструменту величина контактного тиску зростає. Максимальний крутний момент в статиці виникає у випадку, коли матеріалом хвостовика інструменту є твердий сплав, а патрона – теплостійка сталь при величині натягу  $\delta=0.02$ мм. Величина максимального моменту зростає із збільшенням величин діаметра хвостовика інструменту і довжини контактної ділянки циліндричного хвостовика інструменту і посадочного отвору затискного патрона.

**f) П'ятий розділ «ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ»** містить комплекс необхідних економічних розрахунків, які доводять

економічну ефективність прийнятих технічних рішень. Економічний ефект від впровадження розробок становить 286800 грн.

g) **Шостий розділ «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ»** присвячений висвітленню питань, щодо забезпечення безпечних умов праці на верстаті та основним принципам та способам захисту населення в надзвичайних ситуаціях техногенного характеру.

h) **Сьомий розділ «ЕКОЛОГІЯ»** містить опис негативних факторів, які можуть впливати на екологічний стан навколишнього середовища та шляхи зменшення цього впливу у процесі виробничої діяльності.

#### 4. ВИСНОВКИ

1. Приведено призначення і короткий опис базової моделі верстату, його основних вузлів та механізмів та проаналізовано верстат аналогічного призначення, встановлено технічні характеристики приводу головного руху верстату з врахуванням технічних характеристик верстатів-аналогів. На основі аналізу схем формоутворення та формоутворюючих рухів вибрано технологічний модуль та модульний комплект. На основі записаних умов відбору компоновок проведено відбір координатної компоновки методом перетину множин. Вибрано структуру приводу головного руху багатоцільового верстата з ЧПК, що являє собою прямий привід у вигляді мехатронного вузла, який поєднує в собі привідний та робочий органи. Виходячи із кінематичних та силових характеристик приводів головного руху верстатів-аналогів вибрано асинхронний привідний електродвигун мотор-шпинделя ВА180М4 фірми Indramat. Побудовано графік зміни потужності та обертового моменту в залежності від частоти обертання для режиму роботи електродвигуна. Розроблено конструкцію та проведено розрахунок жорсткості шпиндельного вузла верстата з використанням пакета прикладних програм MatCAD. Радіальна жорсткість переднього кінця шпиндельного вузла при  $l = 336$  мм  $-j_{r_{sp}} = 165,1$  Н/мкм. Проведено динамічний розрахунок шпиндельного вузла. Власні частоти коливань шпинделя:  $p_1 = 140$  Гц;  $p_2 = 392$  Гц. З аналізу літературних джерел охарактеризовано високошвидкісну обробку, приведено її переваги в порівнянні із іншими видами обробки, та вплив швидкості різання на продуктивність обробки, якість поверхні, силу різання та стійкість інструменту. Проведено аналіз систем затиску інструментальних патронів у шпинделі верстата металорізальних верстатів для високошвидкісної обробки. Проведено аналіз конструкцій інструментальних патронів з термозатиском, матеріалів, з яких вони виготовляються. Приведені способи швидкого закріплення інструменту в патронах з термозатиском, принцип роботи яких базується на нагріванні струмами високої частоти. Показано, що одним з головних критеріїв при виборі інструментального затискного патрона для HSC служить радіальне биття різальної кромки інструменту, затиснутого в патроні, яке безпосередньо впливає на стійкість інструменту. Здійснено порівняння гідравлічних, цангових та термозатискних інструментальних патронів по крутному моменту, що передається, податливості системи «патрон-



інструмент» та стійкості інструменту. На основі методики розрахунку з'єднаних циліндрів виведені залежності для визначення статичних силових характеристик від конструктивних параметрів інструментальних патронів з тепловою посадкою інструменту. На основі результатів моделювання встановлено, що максимальний контактний тиск виникає у з'єднанні інструментального патрона з термозтиском і хвостовика інструмента у випадку, коли матеріалом хвостовика інструмента є твердий сплав, а патрона – теплостійка сталь. Встановлено, що із збільшенням величини натягу у з'єднанні, від 0.005мм до 0.04мм, і збільшенням діаметра хвостовика інструмента величина контактної тиску зростає. Максимальний крутний момент в статистиці виникає у випадку, коли матеріалом хвостовика інструмента є твердий сплав, а патрона – теплостійка сталь при величині натягу  $\delta=0.02$ мм. Величина максимального моменту зростає із збільшенням величин діаметра хвостовика інструмента і довжини контактної ділянки циліндричного хвостовика інструменту і посадочного отвору затискного патрона. Передбачено заходи по охороні праці, безпеці життєдіяльності, екології та охороні навколишнього середовища. Проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень. Економічний ефект від впровадження розробок становить 286800 грн. **ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

1. Волошин В.Н., Кульчицький П.О. Інструментальні патрони для закріплення кінцевого інструменту способом термічних деформацій// Збірник тез доповідей V міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Том I. – Тернопіль, 2016.– С. 140.

2. Кузнецов Ю.Н., Волошин В.Н., Неделчева П.М., Эль-Дахаби Ф.В. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: Монография. В 2-х ч. Ч.2: Конструкции, расчеты и исследования зажимных механизмов/ Под ред. Кузнецова Ю.Н. – К.: ООО «ЗМОК» - ООО «ГНОЗИС», 2010. – 466 с.

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

4. Кузнецов Ю.М., Фіранський В.Б., Грисюк О.В., Волошин В.Н. Експериментальні дослідження високошвидкісного інструментального патрона з пружинним елементом затиску// Вісник ХНТУСГ. – 2008.– Випуск 68. – С.294 – 299.

5. Кузнецов Ю.М., Волошин В.Н. Енергетичний підхід при пошуку принципів затиску інструментів з циліндричним хвостовиком для високошвидкісної обробки// Матеріали дев'ятої Міжнародної науково-технічної конференції «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку». – Краматорськ, 2011.– С. 67.

6. Кузнецов Ю.Н., Волошин В.Н., Фіранський В.Б., Гуменюк А.О. Инструментальные зажимные патроны: Монография/ Под ред. Кузнецова Ю.Н. – К.: ООО «ГНОЗИС», 2012. – 286 с.

7. Кузнецов Ю., Недобой В., Хамуйела Г., Волошин В. Расчет и экспериментальные исследования статических характеристик высокоскоростного инструментального зажимного патрона. Часть 1, часть 2// Материалы международной научной конференции «УНИТЕХ 2013», том III. – Габрово: Технический университет Габрово, 2013.– С. 51 – 62.
8. Кузнецов Ю.М., Гуменюк О.А. Високоточні надшвидкісні затискні патрони для хвостового різального інструменту// Вісник НТУУ «КПІ», серія машинобудування. – 2005. – №45 – с. 80 – 83.
9. Кузнецов Ю.М., Гуменюк О.А., Рудковський А.М., Хасан Аль Дабас Принципи створення інструментальних патронів для високошвидкісної обробки// Збірник праць КНТУ. – 2006. – вип. 17 – с. 134 – 141.
10. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Волошин В.Н. Инструментальні патрони з термозатиском для високошвидкісного оброблення// Машинознавство. – 2007.– №8 (122). – с.42 – 46.
11. Кузнецов Ю.Н. Принципы создания технологической оснастки для высокоскоростной и прецизионной обработки на металлорежущих станках// Journal of the Technical University at Plovdiv «Fundamental Sciences and Applications». – 2006. – Vol.13(6) – p. 33 – 50.
12. Philipp Andrae. Hochleistungszerspannung von Aluminiumknetlegierungen. Diss. TU Hannover, 2002. – 142 s.
13. Zigeltrum F. Formschlüssiges Schrumpffutter sorgt für sichere Werkzeugspannung// Maschinenmarkt. – 2008. – №19. – s. 42 – 44.
14. Stephenson David A., Agapiou John S. Metal cutting theory and practice. – New York: CRC Press, 2006. – 914 s.
15. Leopold J., Schmidt G. Bewertung von HSC-Spannfuttern// Werkstattstechnik. – 2001. – №9 (91). – s. 556 – 564.
16. Die richtige Auswahl des Werkzeughalters erschließt Qualitäts- und Kostenpotenziale// Maschinenmarkt. – 2007. – №36. – s. 180 – 183.
17. Zigeltrum F. Formschlüssiges Schrumpffutter sorgt für sichere Werkzeugspannung// Maschinenmarkt. – 2008. – №19. – s. 42 – 44.

## 6. АНОТАЦІЇ

Кульчицький П.О.; «Дослідження інструментальних патронів для закріплення кінцевого інструменту способом термічних деформацій». 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 основних вузлів та механізмів верстатів аналогічного призначення, аналізу схем формоутворення, вибору формоутворюючих рухів та вибору координатної компоновки багатопільового верстата. Вибрано структуру приводу головного руху багатопільового верстата з ЧПК, що являє собою прямий привід у вигляді мехатронного вузла, який поєднує в собі привідний та робочий органи. Розроблено конструкцію та проведено розрахунок жорсткості шпиндельного вузла верстата, проведено його динамічний розрахунок. Приведено характеристику високошвидкісної обробки, її переваги в порівнянні із іншими

видами обробки. Проведено аналіз систем затиску інструментальних патронів у шпинделі верстата металорізальних верстатів для високошвидкісної обробки та аналіз конструкцій інструментальних патронів з термозатиском. Здійснено порівняння гідравлічних, цангових та термозатискних інструментальних патронів по крутному моменту, що передається, податливості системи «патрон-інструмент» та стійкості інструменту. На основі методики розрахунку з'єднаних циліндрів виведені залежності для визначення статичних силових характеристик від конструктивних параметрів інструментальних патронів з тепловою посадкою інструменту. Проведено дослідження впливу конструктивних параметрів та матеріалу хвостовика інструменту на величину контактного тиску у з'єднанні інструментального патрона і хвостовика інструменту та величину крутного моменту, який передається на інструмент.

Ключові слова: високошвидкісна обробка, інструментальний затискний патрон, термозатиск, моторшпиндель, контактний тиск, крутний момент

Kulchyzkii P.O.; "Research toolholder to clamping the end tool thermal deformation method" 8.05050301 - metal-cutting machine tools and systems; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2017.

In the thesis work addressed issues related to the analysis of the main components and mechanisms of similar tools, analysis schemes forming, formative choice movement and choice of layout coordinate multi-machine. Your structure over the main motion, machines centr, which is a direct drive as a mechatronic unit which combines drive and working bodies. The design and calculation of spindle rigidity host machine, held its dynamic calculation. Powered characteristics of high-speed machining, its advantages compared with other forms of treatment. The analysis of clamping tool rounds of machine spindle machine tools for high-speed processing and analysis thermal tool designs rounds. Comparison hydraulic, collet and thermal tool rounds in torque transmitted compliance system "socket tool" and tool life. Based on the method of calculation connected cylinders depending derived to determine the static strength characteristics of the design parameters of instrumental rounds of thermal planting tool. The influence of design parameters and material tool shank by the amount of contact pressure in connection tool holder and tool shank and amount of torque to the instrument.

Key words: HSC, toolholder, thermal clamping, motorspindle, contact pressure, torque