

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

ЛУЦІВ ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 621.91; 621.757

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ГЕОМЕТРИЧНОЇ
ТОЧНОСТІ ПЯТИКООРДИНАТНОГО БАГАТОЦІЛЬОВОГО
ВЕРСТАТУ НА ВІДХИЛЕННЯ ОБРОБЛЕНИХ ПОВЕРХОНЬ**

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 кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин
Волошин Віталій Несторович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобілів
Ляшук Олег Леонтійович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 грудня 2018 р. о 9⁰⁰ 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

а) Актуальність теми роботи.

Найбільш ефективним засобом автоматизації виготовлення в умовах дрібносерійного і серійного виробництва, особливо деталей машин, що мають складні фасонні поверхні, є використання верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Ці верстати поєднують в собі високу продуктивність спеціального автоматичного обладнання з гнучкістю універсального, що і робить їх головним технічним засобом автоматизації в умовах дрібносерійного і одиничного виробництва. Саме для цих типів виробництва, в якому випускається близько 75% всієї машинобудівної продукції, застосування верстатів з ЧПУ є найбільш ефективним, оскільки дозволяє автоматизувати процеси металообробки без попереднього виготовлення складної і трудомісткої спеціального оснащення і спеціального інструменту.

При проектуванні сучасних технологічних процесів обробки деталей складної геометричної форми (формоутворююче оснащення, корпусні деталі, лопатки турбін т ін.) все ширше використовується принцип концентрації операцій. Це робиться з метою скорочення виробничих площ та кількості використовуваного обладнання. Там, де раніше застосовували операційні верстати з максимальною диференціацією процесу обробки на окремі операції, зараз концентрують більшу кількість операцій на одному верстаті. На сьогоднішній день підвищеним попитом користуються п'ятикоординатні фрезерні верстати з ЧПК, які дозволяють у порівнянні із традиційними трикоординтними фрезерними верстатами з ЧПК збільшити кількість робочих площин обробки та забезпечити обробку всіх поверхонь за один установ. Технологічні можливості таких верстатів багато в чому визначаються структурою їх формоутворюючих систем. Тому визначення формоутворюючих можливостей п'ятикоординатних фрезерних верстатів з ЧПК виходячи із структури їх формоутворюючих систем та оцінка впливу параметрів геометричної точності їх вузлів на відхилення оброблених поверхонь є актуальною науковою задачею.

б) Мета і завдання.

Метою роботи є розробка моделі функції формоутворення, моделей різальних інструментів та моделі векторного балансу точності п'ятикоординатного багатоцільового верстату з ЧПК для оцінки впливу на точність оброблених поверхонь геометричних похибок положення його вузлів.

Для досягнення цієї мети у роботі поставлено наступні задачі:

- проаналізувати конструкції багатоцільових верстатів та їх приводів головного руху;
- провести аналіз схем формоутворення та вибрати раціональну компоновку верстата;
- вибрати та обґрунтувати вихідні дані на розробку верстатного обладнання та провести технологічний розрахунок;
- розробити конструкцію приводу головного руху з у вигляді розділеного приводу з розширювальною коробкою швидкостей;

- провести аналіз показників геометричної точності оброблених на верстаті деталей;
- провести аналіз досвіду вітчизняних та закордонних наукових шкіл в області точності металорізальних верстатів;
- охарактеризувати структуру моделі вихідної точності верстата та основні етапи варіаційного методу розрахунку його точності;
- сформулювати координатний код та розробити формоутворюючу структуру п'ятикоординатного багатоцільового верстата з ЧПК та модель функції формоутворення;
- розробити моделі різальних інструментів та модель векторного балансу точності п'ятикоординатного багатоцільового верстату з ЧПК.

с) Об'єкт, методи та джерела дослідження.

Об'єкт дослідження. П'ятикоординатний багатоцільовий верстат з ЧПК.

Предмет дослідження. Формоутворюючі можливості та векторний баланс точності п'ятикоординатного багатоцільового верстату з ЧПК.

Методи дослідження. В основу роботи покладено фундаментальні положення точності металорізальних верстатів, теорія варіаційного розрахунку точності машин та теорія матриць.

д) Наукова новизна отриманих результатів.

Запропоновано математичні моделі функції формоутворення, моделі різальних інструментів та модель векторного балансу точності п'ятикоординатного багатоцільового верстату з ЧПК для оцінки впливу на точність оброблених поверхонь геометричних похибок положення його вузлів.

е) Практичне значення отриманих результатів.

Результати проведених досліджень та інженерного розрахунку можна використати при оцінці впливу на точність оброблених поверхонь геометричних похибок положення вузлів існуючих багатоцільових верстатів з ЧПК та при проектуванні їх нових конструкцій.

ф) Апробація.

Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались на VII міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 28-29 листопада 2018 р.) і опубліковані в збірнику:

1. Збірник тез доповідей VII міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Том I. – Тернопіль, 2018.– С.56-57.

2. СТРУКТУРА РОБОТИ. Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, списку літератури (59 найменувань), 2 додатків.

Загальний обсяг тестової частини – 171 сторінка, 45 рисунків, 20 таблиць.

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.

b) Перший «АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ» присвячений аналізу конструкції базової моделі вертикального п'ятикоординатного багатоцільового верстата з ЧПК мод. 500VS та конструкцій і технічних характеристики верстатів аналогічного призначення провідних світових виробників.

Проведено аналіз приводів головного руху багатоцільових верстатів з ЧПК. В результаті налізу встановлено, що у багатоцільових верстатів з ЧПК використовуються наступні типи приводів головного руху: привід, який включає регульований двигун, пасову передачу та шпindelний вузол; прямий привід, в якому вал електродвигуна через з'єднувальну муфту безпосередньо зв'язаний із шпindelним вузлом; привід, який включає регульований двигун та шпindelну бабку із шпindelним вузлом; привід, який включає регульований двигун, розширювальну коробку швидкостей та шпindelну бабку із шпindelним вузлом. Остання структура приводу використовується у випадках вертикально-рухомої шпindelної бабки з метою зменшення її маси.

с) У другому розділі «АНАЛІЗ СХЕМ ФОРМОУТВОРЕННЯ НА ПРОЕКТОВАНОМУ ВЕРСТАТІ ТА ВИБІР ЙОГО РАЦІОНАЛЬНОЇ КОМПОНОВКИ» проведено аналіз конструктивно-технологічних властивостей деталі-представника, вибрано комплекс рухів по забезпеченню виробничого циклу на верстаті виходячи із схем формоутворення, сформовано технологічний модуль і модульний комплект, проведено аналіз базових компоновок багатоцільових верстатів. Виходячи з технічного завдання сформулюємо умови відбору компоновки верстату. Здійснено математичний відбір компоновки верстату.

d) У третьому розділі «ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ НА РОЗРОБКУ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК». проведено аналіз технічних умов на виготовлення деталі та класифікація оброблюваних поверхонь, вибрано метод отримання заготовки – литво в піщано-глинисті форми з машинним формуванням. Синтезовано технологічний маршрут обробки деталі-представника, проведено розрахунок мінімальних припусків на механічну обробку, вибрано режими різання та визначено трудомісткість виготовлення деталі-представника.

e) У четвертому розділі «ВЕРСТАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ» здійснено розрахунок і вибрано основні технічні характеристики верстата (розмірних, технологічних, кінематичних та силових). Проведено кінематичний розрахунок приводу головного руху: здійснено вибір електродвигуна приводу головного руху, визначено діапазони регулювання, знаменник ряду і числа ступенів переборної коробки швидкостей та характерних частот обертання шпинделя, побудовано структурну сітку та графік частот обертання.

Спроековано привід головного руху верстата у вигляді розділеного приводу, що складається із розширювальної автоматичної коробки швидкостей, та шпindelної бабки. Таке виконання призведе до зменшення ваги шпindelної бабки, яка рухається у вертикальному напрямку. При проектуванні приводу проведено розрахунок потужностей та моментів на

валах, проектний розрахунок валів, проектний розрахунок зубчастих передач. Також проведені автоматизовані розрахунки з використанням спеціальних пакетів прикладних програм: пасової передачі; перевірочний розрахунок валів; перевірочний розрахунок зубчастих передач; розрахунок шпиндельного вузла.

ф) У п'ятому «**НАУКОВО-ДОСЛІДНОМУ РОЗДІЛІ**» приведено перелік параметрів, що характеризують геометричну та кінематичну точність верстатів певного типу, методи їх перевірки та допустимі відхилення параметрів регламентовані відповідними стандартами. Приведені показники точності деталей, виготовлених на усіх типах верстатів: точність розмірів; точність форми оброблених поверхонь; точність взаємного розташування.

Проведено аналіз різних наукових робіт, присвячених задачі розрахунку точності технологічної оброблювальної системи, як одній із актуальних при вирішенні проблеми керування точністю, оцінки точності верстата на стадії проектування, встановленні окремих параметрів, що визнають точність обробки та ін., в яких використані різні наукові підходи. В результаті аналізу встановлено, що значна частина наукових результатів належить науковим школам професорів: В.Е. Пуша, А.С. Пронікова, В.Т. Портмана, Б.М. Базрова, М.Г. Косова. Закладені ними наукові основи геометричної точності верстатів є фундаментом сучасних напрямків досліджень. Особливу увагу приділено роботам В.Т. Портмана, в яких запропоновано варіаційний метод розрахунку точності машин, який дозволяє побудувати баланс точності верстата з врахуванням багаточисельних джерел похибок. Використання в ньому фундаментальної властивості похибок – їх дуже малої величини у порівнянні із номінальним розміром – дозволяє отримати аналітичні вирази, які пов'язують в явному вигляді вхідні і вихідні характеристики точності верстата.

Приведена структура моделі вихідної точності верстата, яка включає взаємопов'язані блоки: 1 – координатний код формоутворюючої системи; 2 – джерела похибок; 3 – функція формоутворення; 4 – похибка положення ланок формоутворюючої системи; похибки схеми формоутворення; 5 – задана (номінальна) оброблювана поверхня; 6 – баланс точності верстата; 7 – реальна оброблювана поверхня; 8 – базова поверхня; 9 – похибки форми і розташування; 10 – похибка форми. Приведено основні положення варіаційного методу розрахунку точності металорізальних верстатів.

Розглянуто формоутворюючу структуру п'ятикоординатного фрезерного верстата з ЧПК (рис.1). Координатний код формоутворюючої системи (ФС), який складається із кодів матриць переміщень і поворотів, $K = 641236$. У відповідності з викладеним описом процесу формоутворення та координатного коду ФС, функція формоутворення для ФС п'ятикоординатного фрезерного верстата з ЧПК:

$$\overline{r_0} = A_{01}^6(\psi) \cdot A_{12}^4(\theta) \cdot A_{23}^1(x) \cdot A_{34}^2(y) \cdot A_{45}^3(z) \cdot A_{56}^6(\phi) \cdot \overline{r_6}, \quad (1)$$

де $\overline{r_6} = [x_6, y_6, z_6, 1]^T$ – радіус-вектор точок різального інструменту;
 $\overline{r_0} = [x_0, y_0, z_0, 1]^T$ – радіус-вектор точок різального інструменту в системі координат заготовки; $A_{01}^6(\psi)$, $A_{56}^6(\phi)$ – матриці повороту навколо осі Z ; $A_{12}^4(\theta)$

- матриця повороту навколо осі X ; $A_{23}^1(x)$ – матриця переміщень вздовж осі X ; $A_{34}^2(y)$ – матриця переміщень вздовж осі Y ; $A_{45}^3(z)$ – матриця переміщень вздовж осі Z .

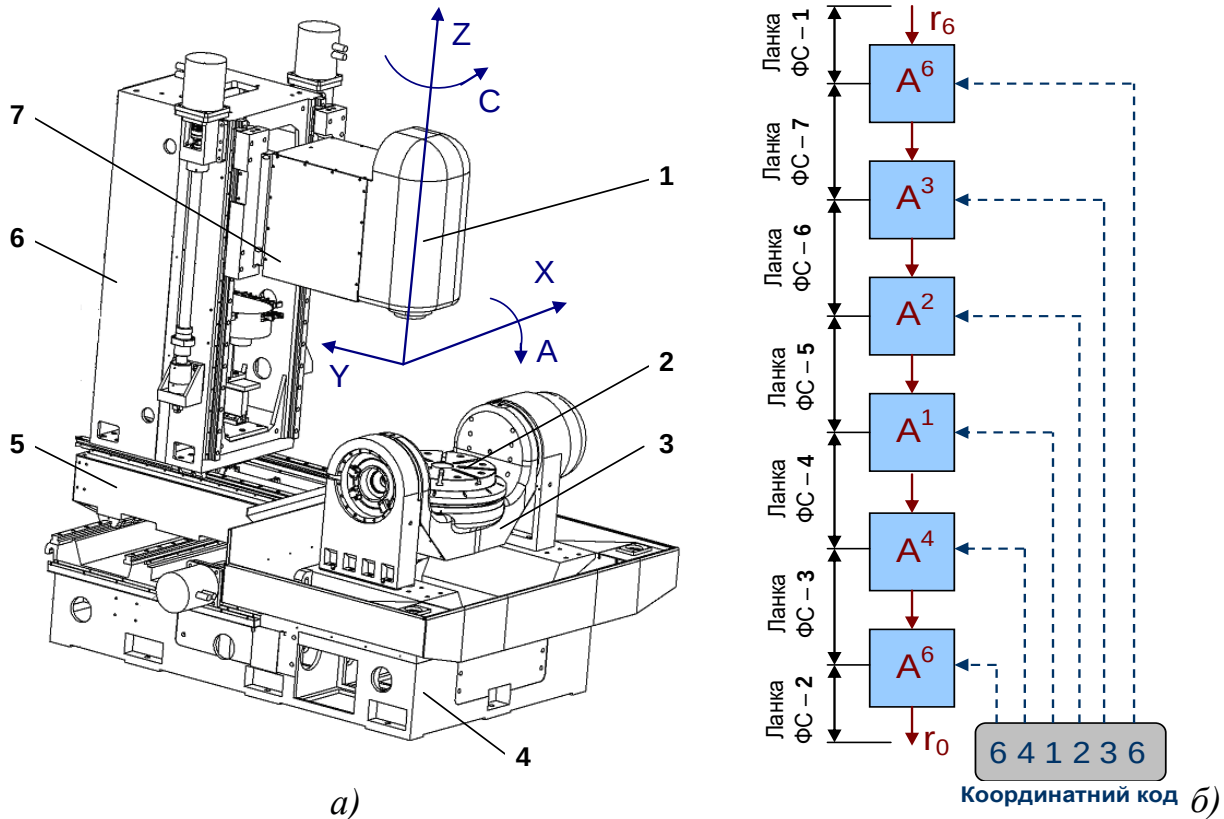


Рис.1. Основні вузли (а) та формуюча структура п'ятикоординатного багатоцільового верстата з ЧПК: 1 – шпиндель; 2 – вертикальний поворотний стіл; 3 – горизонтальний поворотний стіл; 4 – основа; 5 – поперечний стіл; 6 – рухома стійка; 7 – шпиндельна бабка

Перемноживши матриці по правилах матричного аналізу отримаємо функцію формоутворення:

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \sin \psi \sin \theta & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & -\cos \psi \sin \theta & a_{24} \\ \sin \theta \sin \varphi & \sin \theta \cos \varphi & \cos \theta & z \cos \theta + y \sin \theta \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_6 \\ y_6 \\ z_6 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

де $a_{11} = \cos \psi \cos \varphi - \sin \psi \cos \theta \sin \varphi$; $a_{12} = -\cos \psi \sin \varphi - \sin \psi \cos \theta \cos \varphi$; $a_{14} = z \sin \psi \sin \theta - y \sin \psi \cos \theta + x \cos \psi$; $a_{21} = \sin \psi \cos \varphi + \cos \psi \cos \theta \sin \varphi$; $a_{22} = -\sin \psi \sin \varphi + \cos \psi \cos \theta \cos \varphi$; $a_{24} = -z \sin \psi \sin \theta + y \cos \psi \cos \theta + x \sin \psi$.

При аналізі формуючих можливостей п'ятикоординатного багатоцільового верстата з ЧПК розроблено моделі трьох видів інструментів, що охоплюють досить широкий спектр можливих оброблюваних поверхонь, а саме: торцева фреза, циліндрична кінцева фреза; фасонна напівсферична фреза.

Розроблено модель векторного балансу точності верстата являється варіацією його функції формоутворення (1) без врахування зв'язків і похибок

різального інструменту:

$$\begin{aligned} \overline{\Delta r_0} = & (\varepsilon_0 A_{01}^6(\psi) \cdot A_{12}^4(\theta) \cdot A_{23}^1(x) \cdot A_{34}^2(y) \cdot A_{45}^3(z) \cdot A_{56}^6(\varphi) + \\ & + A_{01}^6(\psi) \cdot \varepsilon_1 \cdot A_{12}^4(\theta) \cdot A_{23}^1(x) \cdot A_{34}^2(y) \cdot A_{45}^3(z) \cdot A_{56}^6(\varphi) + \\ & + A_{01}^6(\psi) \cdot A_{12}^4(\theta) \cdot \varepsilon_2 \cdot A_{23}^1(x) \cdot A_{34}^2(y) \cdot A_{45}^3(z) \cdot A_{56}^6(\varphi) + \\ & + A_{01}^6(\psi) \cdot A_{12}^4(\theta) \cdot A_{23}^1(x) \cdot \varepsilon_3 \cdot A_{34}^2(y) \cdot A_{45}^3(z) \cdot A_{56}^6(\varphi) + \\ & + A_{01}^6(\psi) \cdot A_{12}^4(\theta) \cdot A_{23}^1(x) \cdot A_{34}^2(y) \cdot \varepsilon_4 \cdot A_{45}^3(z) \cdot A_{56}^6(\varphi) + \\ & + A_{01}^6(\psi) \cdot A_{12}^4(\theta) \cdot A_{23}^1(x) \cdot A_{34}^2(y) \cdot A_{45}^3(z) \cdot \varepsilon_5 \cdot A_{56}^6(\varphi)) \cdot \overline{r_6}, \end{aligned} \quad (3)$$

де $\varepsilon_0 \dots \varepsilon_5$ - матриці поворотів і переносів по осях координат X, Y, Z .

Підставляючи матриці варіації відповідних вузлів формоутворюючої системи п'ятикоординатного багатоцільового верстату з ЧПК у вираз (3) отримаємо векторний вираз, що встановлює залежність похибки обробки на п'ятикоординатному багатоцільовому верстаті з ЧПК від геометричної точності положення його вузлів.

г) Шостий розділ «ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ» містить комплекс необхідних економічних розрахунків, які доводять економічну ефективність прийнятих технічних рішень.

h) Сьомий розділ «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» присвячений висвітленню питань, щодо забезпечення безпечних умов праці на верстаті та аналізу дій адміністративного та виробничого персоналу у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

і) Восьмий 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 основних вузлів верстата, проаналізовано верстат аналогічного призначення, визначено напрям розробки конструкції верстатного обладнання.

2. Проведено аналіз формоутворення та розроблено структурно-кінематичну та кінематичну схему приводу головного руху верстата. Проведено визначення розмірних, технологічних, кінематичних та силових характеристик верстата.

3. На основі формоутворення поверхонь вибрано технологічний модуль та модульний комплект, вибрано умови відбору компоновок. На основі математичного методу перетину множин вибрано компоновку багатоцільового верстата вертикальної компоновки, яка описується структурною формулою $DaOXYZC_v$.

4. Проаналізовано аналіз технічних умов на виготовлення деталі, проведено класифікацію поверхонь деталі, проведено обґрунтування методу отримання заготовки, вибрано технологічні бази.

5. Проведено синтез технологічного маршруту обробки, розраховано мінімальні припуски на механічну обробку. Вибрано різальний, допоміжний та

контрольно-вимірювальний інструмент для всіх операцій технологічного процесу. Розроблено операційну технологію обробки деталі та визначено трудомісткість обробки деталі на верстаті.

6. Вибрано структуру приводу головного руху. Вибрано привідний двигун для приводу головного руху, проведено проектний розрахунок валів, пасової передачі та зубчастих коліс.

7. Розроблено конструкцію коробки швидкостей приводу головного руху верстата з пересувними блоками коліс.

8. Проведено перевірочний розрахунок валів та зубчастих коліс з використанням підпрограм автоматизованого розрахунку та проведено також розрахунок шпиндельного вузла та його елементів.

9. Приведені показники геометричної точності оброблених на верстаті деталей, якими є точність розмірів, точність форми оброблених поверхонь, точністю взаємного розташування поверхонь та точність мікрогеометрії оброблених поверхонь.

10. Проведений аналіз досвіду вітчизняних та закордонних наукових шкіл в області точності металорізальних верстатів.

11. Приведена структура моделі вихідної точності верстата та основні етапи варіаційного методу розрахунку його точності.

12. Виходячи із опису процесу формоутворення та координатного коду розроблена формоутворююча структура п'ятикоординатного багатоцільового верстата з ЧПК та модель функції формоутворення, що відображає зв'язок між координатами точок різальної кромки інструменту в системі координат різального інструменту і координатами тих самих точок в системі координат оброблюваної заготовки.

13. Приведені моделі різальних інструментів та отримано векторний баланс точності п'ятикоординатного багатоцільового верстату з ЧПК, який являється варіацією його функції формоутворення, і дає можливість оцінити вплив на точність оброблених поверхонь геометричних похибок положення його вузлів.

14. Проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень.

15. Розроблено вимоги до робочого місця, проведено розрахунок місцевого освітлення та сплановано заходи цивільного захисту на машинобудівному підприємстві у випадку надзвичайних ситуацій; проведено обґрунтування прийнятих рішень з точки зору екології та охорони навколишнього середовища.

5. ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Волошин В.Н., Луців В.В. Формоутворюючі можливості пятикоординатного фрезерного верстату з ЧПУ// Збірник тез доповідей VII міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Том I. – Тернопіль, 2018.– С. 56-57.

2. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних

верстатах: Монографія/ Упоряд. Кузнецов Ю.М.. – К.: - Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.

3. Ihor Lutsiv, Vitalij Voloshyn, Valeriy Buhovets. Shape forming system model of lathes two-carriage tool systems// Scientific journal of the Ternopil national technical university. – 2018 – №3 (91) – pp. 80-87.

4. I. Lutsiv, V. Voloshyn, V. Buhovets. Definition of component elements position errors of integrated self-adjusting equipment for turning// Technological Complexes. – 2016 – №1 (13) – pp. 98-105.

5. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.

6. Долженкова С.Б. Выявление геометрических погрешностей металлорежущих станочных систем, влияющих на точность обработки/ С.Б. Долженкова, А.Г. Ивахненко, В.В. Куц// Известия Курского государственного технического университета. – 2010. – № 2 (31). – С. 60-65.

7. Портман В.Т. Универсальный метод расчета точности механических устройств // Вестник машиностроения. – 1981. – №7. – С. 12-16.

8. Портман В.Т. Модель выходной точности станка/ В.Т. Портман, В.Г. Шустер// Вестник машиностроения. – 1983. – №9. – С. 30-33.

9. Ивахненко А.Г. Точность формообразования на гексаподах/ А.Г. Ивахненко, О.Н. Подленко// СТИН – 2007 – №9. – С. 2 – 6.

6. АНОТАЦІЇ

Луців В.В.; «Дослідження впливу параметрів геометричної точності п'ятикоординатного багатоцільового верстату на відхилення оброблених поверхонь». 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2018 р.

У дипломній роботі розглянуті питання, які пов'язані із розробкою моделі функції формоутворення, моделей різальних інструментів та моделі векторного балансу точності п'ятикоординатного багатоцільового верстату з ЧПК для оцінки впливу на точність оброблених поверхонь геометричних похибок положення його вузлів.

Вибрано структуру приводу головного руху. Вибрано привідний двигун для приводу головного руху, проведено проектний розрахунок валів, пасової передачі та зубчастих коліс. Розроблено конструкцію коробки швидкостей приводу головного руху верстата з пересувними блоками коліс. Проведено перевірочний розрахунок валів та зубчастих коліс з використанням пакетів прикладних підпрограм автоматизованого розрахунку та розрахунок шпиндельного вузла і його елементів.

Проведений аналіз досвіду вітчизняних та закордонних наукових шкіл в області точності металорізальних верстатів. Приведена структура моделі вихідної точності верстата та основні етапи варіаційного методу розрахунку його точності. Виходячи із опису процесу формоутворення та координатного коду розроблена формоутворююча структура п'ятикоординатного багатоцільового верстата з ЧПК та модель функції формоутворення. Розроблені моделі різальних інструментів та отримано векторний баланс точності

п'ятикоординатного багатоцільового верстату з ЧПК, який являється варіацією його функції формоутворення. Він дає можливість оцінити вплив на точність оброблених поверхонь геометричних похибок положення його вузлів.

Ключові слова: п'ятикоординатний багатоцільовий верстат, точність, функція формоутворення, векторний баланс точності.

Lutsiv V.V.; «Study of geometric accuracy parameters impact of a five-access multipurpose tool on the deviations of processed surfaces». 133 - Mechanical engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2018.

In the thesis the issues related to the development of the model of the form-shaping function, the models of cutting tools and the model of the vector balance of accuracy of the five-access multipurpose CNC machine are considered for the estimation of the impact on the accuracy of the machined surfaces of the geometric errors of the position of its knots.

The structure of the drive of the main movement is selected. The drive motor for the main drive was selected; the design calculation of the shafts, the gear transmission and the gear wheels was carried out. The design of the box of speeds of the drive of the main movement of the machine with mobile blocks of wheels is developed. Verified calculation of shafts and gear wheels using the packages of applied routines of automated calculation and calculation of the spindle node and its elements.

The analysis of the experience of domestic and foreign scientific schools in the field of accuracy of metal-cutting machine tools is carried out. The structure of the initial accuracy of the machine and the main stages of the variation method for calculating its accuracy are presented. Based on the description of the formation process and the coordinate code, the form-shaping function structure of the five-access multipurpose CNC machine and the model of the function of forming are developed. The models of cutting tools are developed and the vector balance accuracy of a five-access multipurpose CNC machine is obtained, which is a variation of its forming function. It gives an opportunity to estimate the influence on the accuracy of the surfaces of geometric errors in the position of its knots.

Key words: five-access multipurpose machine, precision, form-shaping function, vector balance accuracy.

