

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

ГОЙЧАК ІВАН ІВАНОВИЧ

УДК 621.3+62-83

**«ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ
ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАГАТОШПИНДЕЛЬНИХ
ТОКАРНИХ АВТОМАТІВ»**

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
Склярів Руслан Анатолійович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: кандидат технічних наук, професор кафедри технології машинобудування
Паливода Юрій Євгенович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 грудня 2018 р. о ____ годині на засіданні екзаменаційної комісії №____ 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.

Актуальність роботи. Активне застосування комп'ютерної техніки дозволяє прогнозувати вихідні характеристики машин, їхніх окремих систем і вузлів, починаючи вже із самих ранніх стадій проектування, - з рівня прийняття концепції. Це особливо актуально для проектування металорізальних верстатів, вартість проектування яких на сьогоднішній день надзвичайно дорога та тривала процедура. Використання комп'ютерної техніки при їх проектуванні дозволяє істотно зменшити або взагалі виключити натурні дослідження й випробування, що вимагають розробки й створення експериментальних стендів і зразків. У результаті знижуються витрати на доробку конструкції й технології, на коректування технічної документації, скорочуються терміни впровадження проектованих машин.

Сучасний верстат являє собою сукупність систем з різними фізичними принципами дії: механічна система, електрична й електронна системи керування, гідравлічна, пневматична й інші. Для опису цих систем необхідно використовувати різні математичні моделі.

Особливе місце при проектуванні верстатів займають багатошпиндельні токарні автомати та напівавтомати. Зараз перед підприємствами машинобудівного профілю стоять дві протилежні задачі. Крупносерійне і масове виробництво треба наділити певною гнучкістю, зберігши при цьому всі переваги повної автоматизації, а дрібносерійне необхідно комплексно автоматизувати з таким розрахунком, щоб поряд із гнучкістю воно отримало і кращі риси масового виробництва: безперервність, ритмічність, високий темп випуску виробів, стабільність технологічних процесів.

Вирішити обидві ці задачі на єдиній основі дозволяє ідея створення БТА та БТНА з ЧПК. При цьому велика увага приділяється створенню нових верстатів на агрегатно-модульному принципі.

Саме тому тема «Використання методів математичного аналізу для дослідження силових характеристик багатошпиндельних токарних автоматів» є актуальною.

б) Мета і завдання.

Метою роботи є розробка конструкції основних виконавчих вузлів проектованого верстату та моделювання роботи його приводу.

Для досягнення мети потрібно вирішити такі основні задачі:

- здійснити аналіз конструктивно-технологічних властивостей деталі–представника;
- здійснити вибір комплексу рухів по забезпеченню механічної обробки деталі на проектованому верстаті та провести оптимізацію схем формоутворення на проектованому верстаті;
- провести аналіз типових базових компоновок верстатів та здійснити обґрунтування умов відбору компоновок і вибір можливих варіантів;
- провести технологічні розрахунки та на їх основі здійснити обґрунтування вихідних даних на розробку верстатного обладнання;

- провести вибір та обґрунтування структурно–кінематичної та кінематичної схеми верстату;
- здійснити проектування конструкції верстатного обладнання;
- здійснити автоматизовані розрахунки окремих вузлів верстатів;
- розробити модель роботи приводу верстату;
- здійснити моделювання роботи приводу верстату
- здійснити обґрунтування економічної ефективності прийнятих рішень;
- вирішити питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях;
- провести розробку питань екологічного характеру.

с) Об'єкт, методи та джерела дослідження.

Об'єкт дослідження – багатошпиндельний токарний автомат, як складна технічна система.

Предмет дослідження – електропривод багатошпиндельного токарного автомату.

Методи дослідження. Системний підхід як метод дослідження дозволяє в роботі представити об'єкт як єдине ціле. Застосовано метод морфологічного аналізу. В роботі широко використано теорію автоматичного управління. Застосовано спеціальний програмний продукт VisSim, на основі якого здійснено моделювання системи.

д) Наукова новизна отриманих результатів.

на основі розробленої структурної схеми в програмі VisSim проведено моделювання електроприводу при різних режимах навантаження. Визначено реакцію системи при різних значеннях параметра моменту інерції та при різних значеннях передаточного числа редуктора. Здійснено дослідження системи на стійкість по критерію Найквіста.

е) Практичне значення отриманих результатів.

результати проведених досліджень та інженерного розрахунку можна використати при проектуванні нових конструкцій багатошпиндельних токарних автоматів.

Апробація.

Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались на Міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (Тернопіль, 26-27 квітня 2018 року) та VII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 28–29 листоп. 2018) і опубліковані в збірниках:

Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання», 26-27 квітня 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 1. — С. 207.

Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 28–29 листоп. 2018.) в 3-х томах / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2018 – Т. 1. – 231 с. С. 66.

2. **Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 9 розділів, висновків, переліку посилань. Загальний обсяг текстової частини – 217 сторінок, 28 таблиць, 67 рисунків.

3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

а) У **Вступі** відзначено актуальність теми магістерської роботи, сформульована мета виконання роботи, а також перелічені основні завдання, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети.

б) **Перший розділ «АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ»** розкриває зміст попередньо виконаних наукових досліджень за тематикою магістерської роботи, та теоретичні засади, які покладені в основу наукового дослідження. Огляд та аналіз попередніх наукових та практичних досліджень дозволив зробити наступні висновки: сучасні методики проектування верстатів передбачають широке використання сучасної комп'ютерної техніки й ідеології CAD/CAM. При цьому доцільно застосувати моделі трьох основних типів (відбору варіантів розроблювальної конструкції на концептуальному рівні, моделі для прийняття остаточного рішення на стадії ескізного проекту та моделі призначені для оцінки надійності верстатів). При проектуванні верстатів найбільш загальним методом для дослідження і розробки структури й функцій є апарат системного аналізу. Проектування верстата слід проводити з урахуванням конкретних умов виробництва, що дозволяє максимально використовувати технологічні можливості верстата, який проектується і досягнути високих техніко-економічних показників. Доцільним є використання агрегатно-модульного принципу, який дозволяє прискорити процес конструювання нового технологічного обладнання.

При проектуванні приводу верстату його корисну потужність і необхідну потужність електродвигуна не завжди можна встановити розрахунковим шляхом з достатньою точністю, інколи її визначають дослідним шляхом або по аналогії з потужністю існуючих верстатів. При розрахунку необхідної потужності електродвигуна враховують режим його роботи, проводять розрахунки в статиці та динаміці. Аналіз розвитку використання приводів для БТА та верстатів з ЧПК показав, що в якості приводів доцільно використовувати двигуни постійного струму. Перевагу слід надавати вентильним електродвигунам, які мають покращені характеристики.

с) У **другому розділі «ОПТИМІЗАЦІЯ СХЕМ ФОРМОУТВОРЕННЯ НА ПРОЕКТОВАНОМУ ВЕРСТАТІ І ОПТИМІЗАЦІЯ ЙОГО КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ»** здійснено аналіз конструктивно-технологічних властивостей деталі «ШП-128-14», яку обробляють на досліджуваному верстаті. Розглянувши необхідні для обробки деталі схеми формоутворення можемо зробити такий висновок, що доцільним є виконання даних операцій на багатошпиндельному токарному напівавтоматі. На основі аналізу формоутворюючих рухів розроблено структурно-кінематичну схему досліджуваного верстата. З використанням методу морфологічного аналізу розроблено матрицю типових вузлів, на основі якої запропоновані нові оригінальні варіанти компоновальних схем верстатів.

д) У **третьому розділі «ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ НА РОЗРОБКУ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ.**

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК» проведено порівняльний аналіз двох варіантів технологічного процесу, здійснено вибір раціонального маршруту обробки деталі. Аналітичними та табличними методами призначено режими різання на різні операції механічної обробки. Проведені розрахунки дозволили сформулювати вихідні дані для розробки наступного розділу дипломної роботи.

е) **Четвертий розділ «ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ»** включає необхідний комплекс проектних розрахунків, які пов'язані із розробкою кінематичного ланцюга приводу головного руху багатошпиндельного токарного верстату. Проведено статичний та динамічний розрахунок приводу. В даному розділі також здійснено формування вимог до конструкції шпиндельного вузла та вибору початкових умов для його оптимізації.

ф) **П'ятий розділ «СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА»** включає розгляд питань, які пов'язані з оптимізацією параметрів шпиндельного вузла верстату з використанням спеціалізованого програмного забезпечення.

г) **Шостий розділ «НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ»** – визначені основні етапи моделювання систем електроприводу та особливості їх опису. Здійснено аналіз пакету VisSim, його основних блоків та елементів. Здійснено розрахунок основних елементів приводу верстату на основі яких проведено моделювання. Розроблено структурну схему електроприводу, на основі якої здійснено моделювання електроприводу з гальмом та тахогенератором. Всього розглянуто три різні варіанти навантаження системи. Проведено дослідження стійкості системи за критерієм Найквіста.

h) **Сьомий розділ «ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ»** містить комплекс необхідних економічних розрахунків, які доводять економічну ефективність прийнятих технічних рішень. Впровадження проектного технологічного процесу механічної обробки деталі типу «ШП-128-14» із застосуванням багатошпиндельного токарного напівавтомату дозволяє отримати економічний ефект який становить 253683,14 грн.

i) **Восьмий розділ «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ»** присвячений характеристиці ділянки з точки зору охорони праці, проведено розрахунок штучного та природного освітлення виробничої площі, а також запропоновані заходи по покращенню умов праці. Крім того вирішені питання дій населення в надзвичайних ситуаціях та досліджено вплив ультразвуку та інфразвуку на організм людини.

j) **Дев'ятий розділ «ЕКОЛОГІЯ»** містить опис негативних факторів, а саме забруднень які виникають в цеху механічної обробки при роботі обладнання. Запропоновані заходи по усуненню шкідливого впливу верстата на навколишнє середовище.

4. ВИСНОВКИ

1. При створенні об'єктів нової техніки найбільш ефективним є багатоцільовий підхід, який передбачає здійснення ряду процедур, а саме необхідність створення, науково-технічне дослідження, конструювання, технологічна підготовка виробництва, виготовлення дослідних зрізів та освоєння виробництва.

2. При проектуванні верстатів слід застосовувати апарат системного аналізу. Актуальними є дослідження на різних концептуальних рівнях, від системи в цілому, до окремого вузла.

3. Розроблено оптимальний технологічний процес обробки деталі «ШП-128-14». При цьому в технологічному процесі використовується високопродуктивне технологічне обладнання. Для розробленого технологічного процесу аналітичними та табличними методами призначено режими різання, здійснено нормування технологічного процесу.

4. Здійснено обґрунтування та вибір компоновки багатошпиндельного токарного напівавтомату з використанням методу морфологічного аналізу. Запропоновано декілька варіантів конструювань верстатів.

5. Аналізуючи деталь-представник, матеріал, з якого вона виготовлена, і технічні умови на виготовлення, проведено розгляд можливих варіантів формоутворення, на основі яких здійснено побудову структурно-кінематичної та кінематичної схеми верстата.

6. При виборі електродвигуна для приводу верстату спочатку виконують статичний розрахунок, в результаті якого визначають необхідний статичний момент двигуна, по якому попередньо вибирають двигун. Потім при динамічному розрахунку встановлюють необхідний максимальний момент двигуна, а обраний двигун перевіряється по максимально допустимому моменту. При цьому враховуються всі інерційні маси й статичні навантаження від сил різання та тертя.

7. Здійснено розрахунок приводу БТА. При цьому проведені статичні та динамічні розрахунки. Визначено величину часу розгону розподільчого валу від 0 до 600 об/хв., він становить 0,099 с. За цей проміжок часу двигун виходить в усталений режим роботи приводу.

8. Проведено розрахунок шпиндельного вузла верстату, вибрано його опори, визначено жорсткість шпиндельного вузла з використанням спеціалізованого пакету прикладних програм.

9. При моделюванні в програмі VisSim, використовуються моделі типових ланок, при цьому складання системи рівнянь, що описує об'єкт, здійснюється автоматично.

10. Розроблено структурну схему електроприводу, розраховані всі коефіцієнти які потрібні для моделювання системи.

11. На основі розробленої структурної схеми в програмі VisSim проведено моделювання електроприводу при різних режимах навантаження. Було досліджено реакцію системи при різних значеннях параметра моменту інерції та при різних значеннях передаточного числа редуктора i . Досліджено систему на стійкість по критерію Найквіста.

12. Впровадження проектного технологічного процесу механічної обробки деталі «ШП-128-14» із застосуванням розробленого верстата дозволяє скоротити на деяких операціях кількість металорізальних верстатів з 5 до 2 одиниць, та чисельність працюючих. Економічний ефект від впровадження нового верстата становитиме 253683,14 грн.

13. Дано характеристику ділянки з точки зору охорони праці, проведено розрахунок штучного та природного освітлення виробничої площі, а також розроблені заходи по покращенню умов праці при роботі на верстаті.

14. Здійснено опис дій населення при надзвичайних ситуаціях. Досліджено вплив ультразвуку та інфразвуку на організм людини.

15. Запропоновані заходи для очистки МОР та повітря на ділянці на якій виготовляється деталь «ШП-128-14».

5. ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Гойчак І.І. Етапи машинного моделювання при проектуванні приводів металорізальних верстатів / Гойчак І.І. // Збірник тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 28–29 листоп. 2018.) в 3-х томах / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2018 – Т. 1. – 231 с. — С. 66.

2. Гойчак І.І. Особливості розрахунку робочого простору компоновки верстата з механізмами паралельної структури / Гойчак І. І. // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 26-27 квітня 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 1. — С. 207.

3. Дослідження перехідних процесів електропривода металорізального верстата з використанням інформаційних технологій / Скляр Р., Шанайда В., Савчук М. // Вісник ТНТУ. — 2011. — Том 16. — № 1. — С.117-125.

4. Эффективность применения высокомоментных двигателей в станкостроении / Э.Г. Королев, А.И. Волкомирский, А.М. Лебедев и др. - М: Машиностроение, 1981.— 176 с.

5. Клиначев Н. В. Моделирование систем в программе VisSim / Н.В. Клиначев. – 2001.

6. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов: Учебник для вузов.- М.: Машиностроение, 1990.- 320 с.

7. Скляр Р.А. Прогнозування розвитку технічних систем. / Кузнєцов Ю.М., Скляр Р.А. - К.: ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗИС», 2004. - 323 с.

6. АНОТАЦІЇ

Гойчак І.І. «Використання методів математичного аналізу для дослідження силових характеристик багатошпиндельних токарних автоматів». Дипломна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за напрямом 133 – Галузеве машинобудування. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВм-61.: Тернопіль, 2018.

Метою роботи є розробка конструкції основних виконавчих вузлів проектного верстату та моделювання роботи його приводу.

В дипломній роботі магістра розглянуто основні способи формоутворення обробки поверхонь деталі типу «ШП-128-14» та розроблено технологічний процес її виготовлення. Здійснено конструювання виконавчих вузлів верстату. Проведено моделювання приводу проектного верстату.

Вирішені питання техніко-економічного обґрунтування прийнятих технічних рішень. Також розкриті питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, екології.

Ключові слова: багатошпindelний токарний автомат, верстат, моделювання, розрахунок, VisSim.

Hoichak I.I. «Use of methods of mathematical analysis for the investigation of force characteristics of multi spindle lathes». Thesis work for obtaining the educational qualification of Master degree of specialty 133 - Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2018.

The purpose of work is development of design of the main executive knots of the designed machine and modeling of work of its occasion. In the thesis of the master the main modes of shaping of surfaces of detail like "ShP-128-14" are considered and technological process of its production is developed. The designs of the gearbox and machine tool spindle unit are developed. Done technical and economic feasibility of technical solutions. Thesis work includes issues related to the industrial safety, human ecology and the safety of human life.

Keywords: multi spindle turning automatic machine, machine, modeling, calculation, VisSim.