

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

САГАЙДАК БОГДАН СТЕПАНОВИЧ

УДК 621.9

**ОПТИМІЗАЦІЙНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ
НА ТОКАРНОМУ ВЕРСТАТІ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ КОМПОНОВКИ**

133 «Галузеве машинобудування»

Автореферат
дипломної роботи магістра

Тернопіль 2019

Роботу виконано на кафедрі конструювання верстатів, інструментів та машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: доктор технічних наук, професор, професор кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин
Луців Ігор Володимирович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв
Савків Володимир Богданович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 24 грудня 2019 р. на засіданні екзаменаційної комісії №11 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.

Дуже важливою задачею, яку розв'язують при проектуванні технологічних процесів виготовлення деталей у машинобудуванні, є досягнення якомога меншої собівартості механічної обробки за умови забезпечення якісних показників оброблених деталей – як їх форми поверхня, так і поверхневого шару. При цьому зниження собівартості можна досягнути, якщо вибрати раціональні режими різання. В цьому плані оптимізаційні дослідження режимів різання, які забезпечують вимоги до якості обробленої поверхні при виконанні заданих умов обробки є актуальним завданням.

Основним завданням дипломної роботи є вирішення проблеми оптимізації: технологічного забезпечення токарної обробки деталі обертання типу «вал» та її конструкторського аспекту - верстатно-інструментального забезпечення цього процесу.

В дипломній роботі необхідно дослідити фактори, що обмежують досягнення найкращих характеристик токарної обробки, показати закономірності їх зміни в процесі різання і запропонувати вирішення оптимізаційної задачі визначення раціональних режимів різання при чорновому точінні з врахуванням зміни динамічного характеру процесу різання..

б) Мета і завдання.

Метою даного дослідження є забезпечення підвищення ефективності токарної обробки на верстатах горизонтальної компоновки на основі оптимізації режимів процесу різання

Для досягнення цієї мети у роботі необхідно вирішити такі задачі:

- аналіз існуючих методів і засобів оптимізації процесу токарної обробки;
- встановлення закономірностей між техніко-економічними характеристиками і елементами режиму процесу різання та сукупної послідовності внутрішніх незалежних параметрів процесу різання;
- побудова математичної моделі оптимізації елементів режиму різання при чорновій токарній обробці та аналітико-геометричний розв'язок оптимізаційної задачі з врахуванням вібростійкості процесу різання;
- оптимізаційний комп'ютерний розрахунок жорсткісних характеристик шпиндельного вузла як складової частини токарного верстату горизонтальної компоновки;
- технологічний та кінематичний розрахунки приводу;
- аналіз та проектування конструкції верстатного обладнання;
- техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень.

с) Об'єкт, методи та джерела дослідження.

Об'єкт дослідження. Процеси токарної обробки на верстатах горизонтальної компоновки і їх вплив на техніко-економічні показники процесу різання.

Предмет дослідження. Регульовані параметри режимів обробки на

токарних верстатах горизонтальної компоновки .

Методи дослідження. В основу роботи покладено методи оптимізації в машинобудуванні; метод лінійного програмування.

d) Наукова новизна отриманих результатів:

- На основі встановлення закономірностей між техніко-економічними характеристиками і елементами режиму процесу різання визначений основний оціночний критерій оптимальності.
- Для побудованої математичної моделі оптимізації елементів режиму різання при чорновій токарній обробці розроблений аналітико-геометричний розв'язок оптимізаційної задачі з врахуванням вібростійкості процесу різання за так званими критичними точками, що виключає повний перебір варіантів і графічну побудову всієї допустимої області.

e) Практичне значення отриманих результатів.

- На основі аналізу різних підходів запропоновано модернізовану структуру і методику оптимізаційних досліджень при проектуванні технологічних процесів.
- Розроблені компоновка, структурно-кінематична схема та привід головного руху токарного верстату горизонтальної компоновки.

f) Апробація.

Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались на VIII міжнародній науково-технічній конференції молодих учених і студентів 27-28 листопада 2019 року (Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2019 р.) і опубліковані в збірнику:

Збірник тез доповідей VIII міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і студентів 27-28 листопада 2019 року. В 3-х т. Том I: ТНТУ, 2019, с.113-114.

2. СТРУКТУРА РОБОТИ

Робота складається зі вступу, 10 розділів, висновків, списку літератури (36 найменувань), 3 додатки.

Загальний обсяг текстової частини – 145 сторінок, 20 таблиць, 25 рисунків.

3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

а) У **Вступі** охарактеризована актуальність дослідження на основі існуючих завдань машинобудівної галузі з точки зору вирішення проблеми досягнення мінімізації собівартості механічної обробки за умови забезпечення якісних показників оброблених деталей, а також визначені укрупнені завдання, що повинні бути розв'язані в роботі магістра.

б) **Перший розділ "АНАЛІТИЧНИЙ"** містить завдання, які повинні бути вирішені в дипломній роботі, розкриває зміст інформаційного дослідження щодо попередніх наукових розробок за тематикою оптимізації технічних об'єктів. Окрема увага приділена дослідженням вибору критеріїв

оптимізації при механічній обробці матеріалів, вибору оптимальних режимів різання при точінні, а також методичним засадам, які покладені в основу планованого дослідження.

с) У другому розділі **"ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ"** на основі аналізу деталі-представника, визначені організаційна форма виробництва, вибрано заготовку і запропоновано технологічний маршрут та проведені необхідні технологічні розрахунки, вибрані припуски, розраховані режими різання та проведене нормування часу.

д) У третьому розділі **"СХЕМИ ФОРМОУТВОРЕННЯ І КОМПОНУВАЛЬНІ СХЕМИ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ КОМПОНОВКИ, ЇХ ОПТИМІЗАЦІЯ"** проведено необхідний комплекс аналітичних обґрунтувань можливих схем формоутворення поверхонь при токарній обробці вибраного типу, які пов'язані із розробкою кінематичного ланцюга приводу головного руху верстата, здійснені формалізовані умови структурного відбору для токарного верстату горизонтальної компоновки, а також обґрунтована оптимальна схема компоновки верстату.

е) Четвертий розділ стосується **ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙНОГО РІШЕННЯ ВИКОНАВЧОГО ВУЗЛА ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ**. Він включає кінематичний розрахунок верстату і розробку його кінематичної схеми, а також вибору двигунів верстату горизонтальної компоновки.

ф) У п'ятому **"НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОМУ"** розділі проведено оптимізаційне дослідження режимів токарного оброблення. При цьому представлені економічні і технічні передумови оптимізаційного дослідження, визначено мету і завдання наукових досліджень в рамках магістерської роботи, проведено аналіз попередніх досліджень та запропоновано математичну модель оптимізації елементів режиму різання при чорновій токарній обробці. Основна увага приділена аналітико-геометричному розв'язку оптимізаційної задачі, а також перевірці системи на вібростійкість проти автоколивань і наведені конкретні дані таких розрахунків.

г) Шостий **"СПЕЦІАЛЬНИЙ"** розділ присвячений автоматизованому розрахунку шпindelного вузла токарного верстату горизонтальної компоновки з використанням пакету програм САПР КОМПАС.

h) Сьомий розділ охоплює питання **техніко-економічного обґрунтування** інженерних рішень, пов'язаних із впровадженням оптимізаційного дослідження при технологічних розрахунках.

і) **Восьмий і дев'ятий розділи "ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ"** присвячений висвітленню питань, щодо забезпечення охорони праці на виробництві, захисту електродвигунів та розробці засобів вентиляції та організації охорони праці, а також з точки зору цивільного захисту у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

ж) Десятий розділ " ЕКОЛОГІЯ" містить обґрунтування екологічних заходів та опис негативних факторів при забрудненні у механічних цехах на виробництві.

4. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

4.1. В дипломній роботі проведено розроблення технологічного процесу типової деталі-представника, яким обрано вал-тихохідний. При такому проектуванні проведено також пошук оптимізаційного характеру, як виду заготовки, так і маршрутною, а також операційної технології.

4.2. Для випадку токарного оброблення був проведений пошук найкращих схем формоутворення обраної деталі, а також формалізовані правила оптимізаційного відбору раціонального компоувального рішення для верстату горизонтальної композиції.

4.3. Проведений оптимізаційний відбір раціональних структурних сіток і на їх основі запропонований загальний підхід до розробки кінематичної схеми в цілому

4.4. На основі поставленої мети проведення наукових досліджень розглянуто результати попередніх досліджень і поставлені чіткі задачі щодо дослідження. Показано, що найкраще використовувати в якості оцінки при чорновому обробленні деталей, зокрема точінні, функцію мети продуктивності різання, яка базується на використанні як найбільшої кількості чисел обертів шпинделя і поздовжньої подачі

4.5. Побудована математична модель, яка передбачає оптимізацію режимів обробки при чорновому точінні. При цьому були задіяні як аналітичний підхід до розв'язку, так і його графічна інтерпретація, і що важливо – у лінеаризованій постановці.

4.6. За рахунок супутнього аналізу досягнутий спрощений (в основному аналітичного) розв'язок задачі, причому для кінцевої оцінки оптимізаційного рішення задіяний метод аналізу динамічної стійкості обробляючої системи, який дозволяє перевірити достатність оптимізаційних параметрів для забезпечення протидії автоколиванням.

4.7. Дослідження підтверджені економічним розрахунками, а також розробленими заходами охорони праці, екології і безпеки життєдіяльності.

5. ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Аверьянов, О.И. Модульный принцип построения станков с ЧПУ / О.И. Аверьянов. – М.: Машиностроение, 1987. – 345с.
2. Кузнєцов Ю.М. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах/ Ю.М. Кузнєцов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин [Текст] - К.: - Тернопіль: Тернограф, 2011. -692с.
3. Луців І.В. Багатолезове адаптивне оснащення: техніко-економічні показники//Вісник ЖДТУ. - Житомир: ЖДТУ, 2001, 316, с. 52-59
4. Луців І.В. Теорія технічних систем /Ю.М.Кузнєцов, Ю.К.Новосьолов, І.В.Луців – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 246 с.

5. Шанайда В.В. Пакет MathCAD в инженерних розрахунках/ Шанайда В.В. – Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2001. – 163 с.
6. Врагов Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков: (Основы компонентики)/ Врагов Ю.Д. –М: Машиностроение, 1978. – 208 с.
7. Пуш В.Э. Металлорежущие станки./ Пуш В.Э.- М.: Машиностроение, 1986. - 526с.
8. Расчет деталей и узлов металлорежущих станков с использованием ЭВМ/ С.А.Дубиняк, С.Г.Нагорняк, И.В.Луцив, И.Д.Дубецкий :Киев УМК ВО, 1989. – 152 с.
9. Анельчик, Д.Є. Система різання: фізичні основи і оптимізація /Д.Є. Анельчик, С.В. Швець, І.В. Луців, І.Д. Дубецький. Під ред. І.В. Луціва. – Одеса-Тернопіль: вид-во ТДТУ, 2000. – 145с.
- 10.Якобс, Г.Ю. Оптимизация резания. Параметризация способов обработки резанием с использованием технологической оптимизации /Г.Ю. Якобс, Э. Якоб, Д. Кохан. – М.: Машиностроение, 1981. – 279с.
- 11.Кузнецов Ю. Н., Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки: монография/ Ю.Н. Кузнецов, О.И. Драчев, И.В. Луцив И.В., Шевченко А.В., Волошин В.Н.. – Старый Оскол: ТНТУ, 2014. – 480 с.
12. Старков, В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве /В.К. Старков. – М.: Машиностроение, 1989. – 296с.
- 13.Луців, І.В. Аналіз частотними методами динамічної стійкості багатолезової самоналагоджувальної обробки / І.В. Луців //Вісник Тернопільського державного університету, 1999, т.4, №1, с.97-103.
- 14.Луців І.В. Процедура оптимізаційного дослідження режимів токарного оброблення при проектуванні технологічних процесів / І.В. Луців, Б.С. Сагайдак//Збірник тез доповідей VIII міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і студентів 27-28 листопада 2019 року. В 3-х т. Том I: ТНТУ, 2019, с.113-114 .

6. АНОТАЦІЇ

Сагайдак Б.С.; "Оптимізаційне дослідження режимів обробки на токарному верстаті горизонтальної компоновки ". 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2019 р.

У дипломній роботі магістра розглянуті результати оптимізаційних досліджень режимів обробки на токарному верстаті горизонтальної компоновки. Метою роботи є забезпечення підвищення ефективності токарної обробки на верстатах горизонтальної компоновки на основі оптимізації режимів процесу різання. В дипломній роботі проаналізовані технологічні та конструкторські задачі для різних досліджень оптимізаційного характеру. На основі технологічних розрахунків був проведений пошук найкращих схем формоутворення обраної деталі, формалізовані правила оптимізаційного відбору раціонального

компонувального рішення для верстату горизонтальної композиції, а також розроблена конструкція шпindelного вузла коробки швидкостей. Відповідно до викладеної мети дослідження показано, що найкраще використовувати в якості оцінки при чорновому точінні деталей функцію мети продуктивності різання, яка базується на використанні максимальної кількості чисел обертів шпindelю і поздовжньої подачі. В роботі побудована математична модель, яка передбачає оптимізацію режимів обробки при чорновому точінні. Для кінцевої оцінки оптимізаційного рішення задіяний метод аналізу динамічної стійкості обробної системи, який дозволяє перевірити достатність оптимізаційних параметрів для забезпечення протидії автоколиванням. Конструкторсько-технологічні розробки супроводжуються техніко-економічним обґрунтування інженерних рішень та комп'ютерними розрахунками. В дипломній роботі розроблені необхідні заходи з охорони праці, безпеки життєдіяльності та екології.

Ключові слова: оптимізація, верстат, токарна обробка, параметри, чорнове точіння, компоновка.

Sahaydak B.S.; "Optimization research of cutting conditions in horizontal design lathe machining" 133 – Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2019.

The Master Diploma Paper deals with optimization research results of cutting conditions in horizontal design lathe machining. The investigation goal lies in providing of turning machining effectiveness increasing on lathes of horizontal design structure on the base of cutting process conditions optimization. The Diploma paper deals with the analysis of manufacturing and design problems for various research of optimization character. Taking into account the technological calculations the best shape forming schemes search of the chosen work piece was determined as well as the optimization rules were formalized for the rational design structure decision of horizontal composition lathe and in this way the design of the speed box spindle unit was developed. According to the declared investigation goal it is shown that the goal function of cutting productivity is best to be used as an estimation quality of the work parts rough turning. Such goal function is based on using of the number of spindle revolutions and longitudinal feed maximum magnitudes. The Diploma paper presents the developed mathematical model providing cutting conditions optimization in rough turning. The method of machining system dynamical stability analysis is used for the finishing estimation of the optimization decision. This method allows checking the sufficiency of optimization parameters to provide the resistance to self-oscillations. The design and technological work is follow with the technical and economic discussion of engineering decisions and IT calculations. The diploma paper also deals with development of the necessary labor protection and life safety measures as well as decisions meeting the ecology requirements.

Key words: optimization, machine tool, turning machining, parameters, rough turning, design structure.