

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

МАЦЮРАК АНДРІЙ ОЛЕГОВИЧ

УДК 621.9

**Дослідження похибок при затиску і обробці деталей циліндричної форми з
використанням самоналагоджувального оснащення**

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 кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин
Луців Ігор Володимирович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: доктор технічних наук, професор кафедри технології і обладнання зварювального виробництва
Пулька Чеслав Вікторович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 27 травня 2019 р. о 12.00 годині 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. 4-101.

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

а) Актуальність теми роботи.

Значна питома вага у трудомісткості виготовлення деталей машин припадає на токарну обробку. Процес лезової токарної обробки супроводжується пружними деформаціями та вібраціями, які чинять шкідливий вплив на шорсткість поверхні, розмірну точність, стійкість інструменту і довговічність верстату. У порівнянні з однолезовою обробкою багатолезове різання є одним із ефективних і високопродуктивних методів зменшення макро і мікро похибок обробки та неприпустимих коливань при різанні. Одним із методів мінімізації основних похибок, які можуть виникнути на різних стадіях реалізації технологічного процесу, є застосування комплексного самоналагоджувального оснащення, складовими якого є самоналагоджувальне багатолезове оснащення та відповідні затискні пристрої. Ці складові є підланками таких важливих формоутворюючих ланок технологічної оброблювальної системи для токарної обробки, як шпиндельний вузол та супортна група, що безпосередньо приймають участь у формоутворенні поверхонь. Тому їх похибки повинні враховуватися в загальному балансі точності цієї технологічної оброблювальної системи.

Таким чином дослідження і встановлення основних засобів зменшення і компенсації похибок при обробці на токарних верстатах деталей типу тіл обертання є актуальним завданням.

б) Мета і завдання.

Мета роботи: дослідження і встановлення основних засобів зменшення і компенсації похибок при обробці на токарних верстатах деталей типу тіл обертання.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- провести аналіз раніше виконаних досліджень
- визначити напрями та методи вирішення задачі комп'ютерного моделювання вузлів верстату;
- провести аналіз схем формоутворення для забезпечення процесу механічної обробки;
- провести кінематичний аналіз приводу головного руху верстата;
- імовірісно-статистичний метод визначення сили різання при точінні;
- запропонувати методи визначення похибок положення складових комплексного самоналагоджувального оснащення для токарної обробки;
- провести обчислення макропохибок багатолезової обробки поверхонь обертання.

с) Об'єкт, методи та джерела дослідження.

Об'єкт дослідження – процеси механічної обробки на токарних верстатах із застосуванням багатолезового оснащення.

д) Предмет дослідження – макропохибки багатолезового токарного обладнання та їх складові при обробці поверхонь обертання.

Методи дослідження. базуються на теорії теорії технічних систем, опорі матеріалів, методах розрахунку деталей машин, теорії точності технічних систем, точністному аналізі в технології машинобудуванні.

е) Наукова новизна отриманих результатів.

Проведено оцінку впливу узагальнених похибок при затиску і обробці з використанням самоналагоджувального оснащення на вихідну точність оброблюваних циліндричних поверхонь консольно закріплених деталей з використанням варіаційного методу розрахунку точності машин.

f) Практичне значення отриманих результатів.

Результати проведених досліджень та інженерного розрахунку доцільно використати для усунення джерел похибок у верстатах.

g) Апробація.

Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались на: «Актуальні задачі сучасних технологій» зб. Тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих -учених та студентів, (Тернопіль, 28-29 листоп. 2018) та «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво.» Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 31 жовтня – 02 листопада 2018 року і опубліковані в збірниках:

Мацюрак А. О. Імовірнісний підхід до визначення впливу подачі на положення площини зсуву при точінні / П. Д. Кривий, В. В. Крупа, А. О. Мацюрак // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво“, 31 жовтня – 02 листопада 2018 року. — Краматорськ. : ДДМА, 2018. — 200 с.

Мацюрак А. О. Дослідження формоутворюючих факторів при паралельній токарній обробці двосупортними системами / І. В. Луців, В. Н. Волошин, І. Р. Петrenchко, А. О. Мацюрак // Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково – технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 28 – 29 листопада 2018 року. – Т. : ТНТУ, 2018. Том I, 232 ст.

Мацюрак А. О. Імовірнісний підхід до визначення довжини заготовки у вигляді карточки для згортних втулок / А. О. Мацюрак // Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково – технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 28 – 29 листопада 2018 року. – Т. : ТНТУ, 2018. Том I, 232 ст.

2. **Структура роботи.** Робота складається із вступу, 9 розділів, висновків, списку літератури (43 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 226 сторінок, 35 таблиць, 60 рисунків.

3. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

а) У **Вступі** означено актуальність теми магістерської роботи, визначено мету роботи, а також сформульовано завдання, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети та комплексного наповнення дипломної роботи магістра.

б) **Перший «АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ»** описує попередньо проведені наукові теоретичні та практичні дослідження за дослідною тематикою магістерської роботи. Подано опис конструкцій і класифікацію токарних верстатів і надано їх технічні характеристики.

с) У **другому розділі «ОПТИМІЗАЦІЯ СХЕМ ФОРМОУТВОРЕННЯ НА ПРОЕКТОВАНОМУ ВЕРСТАТІ І ОПТИМІЗАЦІЯ ЙОГО КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ»** проведено аналіз конструкторсько-технологічних особливостей однієї із деталей, яку обробляють на досліджуваному верстаті, проведені технологічні розрахунки, здійснено аналіз формоутворюючих схем, які реалізуються на цьому верстаті при виготовленні

цієї деталі. Сформовано структурно-кінематичну схему досліджуваного верстата. Приділено увагу аналізу компоновок верстатного обладнання подібного типу. Обґрунтовано обрання найбільш раціонального варіанту компоновки верстата для обраного типу верстатного обладнання.

d) У третьому розділі **«ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ НА РОЗРОБКУ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК»** здійснено комплекс технологічних розрахунків щодо аналізу точності механічної обробки при раціональному підборі системи базування деталі та оптимального проектування раціонального варіанту технологічного процесу механічної обробки деталі-представника. Розраховано режими різання на різні операції механічної обробки, які є вихідними даними для розробки наступного розділу дипломної роботи.

e) Четвертий розділ **«ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ»** включає необхідний комплекс проектних розрахунків, які пов'язані із розробкою кінематичного ланцюга приводу головного руху верстата, детальним проектним розрахунком елементів конструкції коробки швидкостей верстата.

f) У п'ятому розділі **«НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ»** проведено дослідження імовірісно-статистичного методу визначення сили різання при точінні; визначення похибок положення складових комплексного самоналагоджувального оснащення для токарної обробки; обчислення макропохибок багатолезової обробки поверхонь обертання.

g) Шостий розділ **«СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ (комп'ютерні розрахунки та автоматизоване проектування)»** містить дані про проектування вузла верстата та його розрахунку.

h) Сьомий розділ **«ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ»** містить алгоритм економічних розрахунків, які доводять економічну ефективність прийнятих технічних впроваджень.

i) Восьмий розділ **«ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ»** містить інструкцію з охорони праці при роботі на верстатах. А підрозділ безпека в надзвичайних ситуаціях, описує рекомендації при виникненні надзвичайних ситуацій.

j) Дев'ятий розділ **«ЕКОЛОГІЯ»** описує актуальність охорони навколишнього середовища, забруднення довкілля, яке виникає внаслідок реалізації дипломного проекту та заходи по зменшенню забруднення.

4. ВИСНОВКИ

- Здійснений огляд і аналіз існуючих методів визначення сили різання при точінні, показав що існуючі залежності не враховують стохастичності певних елементів процесів різання, тим самим не забезпечують достовірності отриманих даних.
- Розроблений імовірісно-статистичний метод визначення силових характеристик сили різання при точінні, на основі якого встановлено що максимальні значення цих характеристик відповідно на 29% більші ніж значення характеристик визначених за традиційною формулою.

- Запропоновано аналітичні моделі для визначення елементів матриць узагальнених похибок, які виникають в результаті деформаційних зміщень заготовки у затискному пристрої, та деформаційних зміщень різцевих блоків самоналагоджувального інструментального оснащення для токарної обробки.
- Проведено оцінку впливу цих узагальнених похибок на вихідну точність оброблюваних циліндричних поверхонь консольно закріплених деталей з використанням варіаційного методу розрахунку точності машин.
- Отримані залежності для визначення малих лінійних зміщень і кутів повороту, викликаних поперечним заклинюванням заготовки в затискному патроні та малих лінійних зміщень, викликаних деформаціями різцевих блоків під дією складових сил різання. На їх основі визначені відхилення радіуса циліндричної поверхні деталі по куту повороту. За результатами моделювання встановлено постійність відхилення радіуса циліндричної поверхні деталі по довжині у певних кутових положеннях затискного пристрою, що свідчить про доцільність застосування багатолезового самоналагоджувального оснащення.

5. ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н. (2011) – Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія. – К.: – Тернопіль: Терно-граф.– 692 с.
2. Луців І., Волошин В., Буховець В. – (2015) – Комплексне самоналагоджувальне оснащення для токарної обробки// Тези доповідей 12-го міжнародного симпозіуму українських інженерів-механіків у Львові. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД. – С.88-89.
3. Решетов Д.Н. (1986) – Точность металлорежущих станков. – М.: Машиностроение.– 336 с.
4. Луців І.В., Волошин В.Н., Буховець В.М. (2016) – Модель оцінки впливу похибок складових самоналагоджувального оснащення на вихідну точність токарного верстата// Збірник наукових праць V Всеукраїнської науково-технічної конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні». – Львів.– С. 72-74.
5. Воронин Ю.В. Изменение формы внутренней цилиндрической поверхности бронзовой втулки при запрессовке в корпус // Известие вузов. Машиностроение, 1969. – с. 165-
6. Воронцов А. Л. Разработка новой теории резания. Математическое описание образования стружки разных видов, пульсации силы резания и параметров контакта обработанной поверхности заготовки с задней поверхностью резца / А. Л. Воронцов, Н. М. Султан-Заде, А. Ю. Албагачиев // Вестник машиностроения. – 2008. – №7. – С. 56-61.
7. Вплив випадковості подачі на висоту мікронерівностей поверхні при її точінні або розточуванні / [П. Кривий, Н. Тимошенко, М. Шарик, В. Крупа] // Львів: Машинознавство, 2013. – №9-10 (195-196). – С. 76-83

8. Кобельник В.Р. Кривий П.Д. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердлильних верстатів, наприкладі моделі 2Н118 // Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наукових праць. Житомир : ЖДТУ, 2010 . – Вип. 8.- С. 99-108
9. Мацюрак А. О. Імовірнісний підхід до визначення впливу подачі на положення площини зсуву при точінні / П. Д. Кривий, В. В. Крупа, А. О. Мацюрак // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво“, 31 жовтня – 02 листопада 2018 року. — Краматорськ. : ДДМА, 2018. — 200 с.
10. Мацюрак А. О. Дослідження формоутворюючих факторів при паралельній токарній обробці двосупортними системами / І. В. Луців, В. Н. Волошин, І. Р. Петречко, А. О. Мацюрак // Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково – технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 28 – 29 листопада 2018 року. – Т. : ТНТУ, 2018. Том I, 232 ст.
11. Мацюрак А. О. Імовірнісний підхід до визначення довжини заготовки у вигляді карточки для згортних втулок / А. О. Мацюрак // Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково – технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 28 – 29 листопада 2018 року. – Т. : ТНТУ, 2018. Том I, 232 ст.

6. АНОТАЦІЇ

Мацюрак А. О. Дослідження похибок при затиску і обробці деталей циліндричної форми з використанням самоналагоджувального оснащення. 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2019 р.

У дипломній роботі розглянуті питання, які пов'язані з похибками при затиску і обробці з використанням самоналагоджувального обладнання. Проведення теоретичних досліджень базується на імовірнісно-статистичному методі визначення сили різання при точінні. Проводимо визначення похибок положення складових комплексного самоналагоджувального оснащення для токарної обробки та обчислення макропохибок багатолезової обробки поверхонь обертання. Проведено оцінку впливу узагальнених похибок при затиску і обробці з використанням самоналагоджувального оснащення на вихідну точність оброблюваних циліндричних поверхонь консольно закріплених деталей з використанням варіаційного методу розрахунку точності машин.

Ключові слова: точність, самоналагоджувальне оснащення, затискний пристрій, аналітична модель, деформаційні зміщення.

Matsiurak A. O. Study of errors at cylindrical parts clamping and machining due to use of self-regulated equipment. 133 – Sectoral engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2019.

In the thesis the issues, which are connected with errors during clamping and machining of self-adjusting equipment are considered. Theoretical research is based on a probabilistic-statistical method for determining the cutting force when sharpening; determination of the errors of the components of integrated self-adjusting equipment for turning processing; calculation of macroscopic distortions of multilayered surface rotation processing. An overview and analysis of existing methods of determining the cutting force at pinching has been carried out, showing that existing dependencies do not take into account the stochasticity of certain elements of cutting processes, thus failing to ensure the reliability of the data obtained.

Keywords: accuracy; self-adjusting equipment; clamping device; analytic model; deformation displacements.