

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

**ГУБИЧ ІГОР ВАСИЛЬОВИЧ**

УДК 621.9.04

*«Дослідження кінематики процесу відрізання деталей  
фрезоточінням»*

*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:** 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 24 грудня 2019 р. о 11<sup>00</sup> 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. В1

# 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

## а) Актуальність теми роботи.

**Актуальність роботи.** Верстатобудування – базова галузь машинобудування. Парк металообробного обладнання вимагає виробничо-технічного та економічного потенціалу. Верстати, машини і оснащення, які виготовляються верстатобудуванням, складає приблизно 60% активної частини промислово-виробничих фондів машинобудування.

Недооцінка необхідності випереджувального розвитку верстатобудування веде до низького рівня продуктивності праці, незадовільної якості продукції, дефіциту кваліфікованої робочої сили, повільних темпів оновлення продукції та її високої вартості.

На даний час значна частина продукції металообробки виготовляється з прокату. Обробка при цьому проводиться на токарних автоматах, токарно-револьверних верстатах. На верстатах токарної групи кінцевою і обов'язковою операцією є відрізання готової деталі від пруткових або трубних заготовок. Цей процес переважно є лімітуючим по швидкості різання і тому призводить до зниження продуктивності обробки на верстатах. При відрізанні прокату на токарних верстатах завжди присутній його кутовий поворот навколо центру затискного патрону шпинделя під впливом моментів сил різання, що є причиною затирання по боковій поверхні різального інструменту і, як наслідок, його поломки.

Комплексне вирішення проблем зменшення відходів металу та енергозатрат при різанні дозволить підвищити ефективність та продуктивність обробки на токарно-револьверних верстатах та автоматах. Тому пошук та дослідження нових ефективних схем і пристроїв відрізання деталей із пруткових заготовок є актуальною науковою та технічною задачею.

Саме тому тема «Дослідження кінематики процесу відрізання деталей фрезоточінням» є **актуальною**.

## б) Мета і завдання.

Метою роботи є розробка конструкції пристрою для відрізки прутка фрезой на токарно-револьверному автоматі та дослідження процесу фрезоточіння.

Для досягнення мети потрібно вирішити такі основні задачі:

- для деталі «втулка різева» здійснити аналіз її конструктивно-технологічних властивостей;
- з врахуванням особливостей деталі «втулка різева» провести вибір необхідних для її обробки формуютьорюючих рухів;
- на основі аналізу формуютьорюючих рухів, які необхідно забезпечити для обробки деталі «втулка різева» здійснити обґрунтування умов відбору компонуваньних схем верстату;
- здійснити технологічні розрахунки стосовно оброблюваної деталі «втулка різева», на основі отриманих результатів сформуванати вихідні дані на розробку конструкції верстатного обладнання та фрезерно відрізного пристрою;
- розробити структурно–кінематичну та кінематичну схему верстату для обробки деталі представника;

- провести проектування конструкції верстатного обладнання;
- здійснити автоматизовані розрахунки стосовно розроблюваних вузлів;
- здійснити дослідження процесу відрізання деталей фрезоточінням;
- визначити економічну ефективність прийнятих проектно-конструкторських рішень;
- здійснити комплекс заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, вирішити питання екологічного характеру.

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

*Об'єкт дослідження* – токарно-револьверний верстат.

*Предмет дослідження* – процес відрізання деталей фрезоточінням на токарно-револьверному автоматі.

**д) Наукова новизна отриманих результатів.**

Отримані залежності які дозволяють описати траєкторію відносного руху ріжучої кромки зуба фрези при зустрічному та попутному різанні. Визначено значення максимальної товщини зрізуваного шару для одного зуба та одночасному різанні кількома зубцями.

**е) Практичне значення отриманих результатів.**

результати проведених досліджень та інженерного розрахунку можна використати при розробці та проектуванні технологічних процесів, які передбачають обробку деталей на токарних автоматах в масовому та крупносерійному виробництвах.

**Апробація.**

Результати досліджень за тематикою магістерської роботи доповідались на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 28–29 листоп. 2019) і опубліковані в збірнику:

Аналіз методів поділу прутків на штучні заготовки // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – Т. 2. – 270 с. — С. 76-77.

**2. Структура роботи.** Магістерська робота складається із вступу, дев'яти розділів і основних висновків, розміщених на 118 сторінках, 48 рисунків та 13 таблиць на 29 сторінках, списку літературних джерел з 47 найменувань на 4 сторінках і 3 додатків на 16 сторінках, всього 138 сторінок.

**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. Здійснено аналіз робіт які присвячені опису відомих способів поділу прокату на штучні заготовки. Також розглянуті методи та способи відрізки прутково-трубних заготовок на токарних автоматах.

с) У другому розділі **«ОПТИМІЗАЦІЯ СХЕМ ФОРМОУТВОРЕННЯ НА ПРОЕКТОВАНОМУ ВЕРСТАТІ І ОПТИМІЗАЦІЯ ЙОГО КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ»** здійснено аналіз конструктивно-технологічних властивостей деталі *«втулка різева»*, яку обробляють на досліджуваному верстаті. Розглянуті основні типи модулів які необхідні для реалізації обробки деталі на верстаті. Розроблено структурно-кінематичну схему верстата.

d) 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 сформуванати вихідні дані для розробки проектування конструкції верстатного обладнання.

e) Четвертий розділ **«ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ»** здійснено кінематичний розрахунок приводу головного руху верстату. З використанням засобів САПРу здійснено силовий розрахунок приводу верстату. Розроблено конструкцію відрізного пристрою, проведено розрахунок його основних вузлів.

f) П'ятий розділ **«СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА»** включає розгляд питань, які пов'язані з автоматизованим розрахунком черв'ячної передачі яка є складовою частиною фрезерного відрізного пристрою.

g) Шостий розділ **«НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ»** - проведено дослідження кінематики процесу відрізання деталей фрезоточінням. Розглянуті особливості схем попутного і зустрічного відрізання деталей за допомогою фрези. Виведені аналітичні залежності траєкторії руху ріжучої кромки зуба фрези для двох розглядуваних варіантів. Також отримані аналітичним способом вирази, що дозволяють розрахувати товщину зрізаного шару при різних схемах відрізання деталей за допомогою фрези.

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 *«втулка різева»* із застосуванням розробленого відрізного пристрою, який встановлюється на токарно-револьверному автоматі, дозволяє отримати економічний ефект який становить 303716 грн.

h) Восьмий розділ **«ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ»** присвячений організації робочого місця та розрахунку гумових демпфуючих пристроїв, які використовуються для зменшення вібрацій та коливань при роботі даного верстату. Крім того вирішені питання організації структури цивільного захисту промислового об'єкту верстатобудівного профілю виробництва.

і) **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**

В результаті виконання роботи нами отримано результати:

1. Проведено патентно-інформаційні дослідження, які показали, що одним із шляхів економії металу на токарних автоматах є скорочення його витрат в стружку при відрізанні деталей та підрізанні їх торців. Це може бути досягнуто впровадженням відрізних пристроїв з обертовим багатолезовим або абразивним інструментом.

2. В якості верстата на базі якого проведено проектування – токарно-револьверний автомат мод. 1Б140. Даний верстат призначений для обробки зовнішніх, циліндричних, конічних, фасонних та торцевих поверхонь, нарізання внутрішніх і зовнішніх різь, прорізання канавок, розточування, свердління, зенкування, розвертування та ін.

3. На основі аналізу формоутворення встановлено, що для забезпечення вищевказаних операцій необхідні такі рухи:  $\Phi_v(O_1)$  – обертовий рух шпинделя;  $\Phi_S(P_2)$  – поступовий рух вздовж осі шпинделя;  $\Phi_S(P_3)$  – поступовий рух перпендикулярний осі шпинделя.

4. Метод отримання заготовки деталі представника, що обробляється на проектованому верстаті – сортовий прокат. Матеріал заготовки: Сталь 40Х або Сталь 45. Мінімальна частота обертання шпинделя 160 об/хв., максимальна – 2500 об/хв. Мінімальна швидкість подачі 0,06 мм/об. при відрізанні, максимальна – 1,5 мм/об. при нарізанні різьби. Максимальна потужність, що необхідна для різання 5,12 кВт при чорновому точінні.

5. Головний рух шпинделя здійснюється від двигуна постійного струму  $N=7,0$  кВт,  $n=1440$  об/хв. через клинопасову передачу. Рух подачі супортів здійснюється через розподільчі вали від трифазного асинхронного двигуна за допомогою кулачків які знаходяться на ньому.

7. Здійснено аналіз кінематики процесу відрізання деталей фрезоточінням. Отримані залежності які дозволяють описати траєкторію відносного руху ріжучої кромки зуба фрези при зустрічному та попутному різанні. Визначено значення максимальної товщини зрізаного шару для одного зуба та одночасному різанні кількома зубцями.

8. Впровадження проектованого технологічного процесу механічної обробки деталі представника із застосуванням розробленого верстата дозволяє скоротити кількість металорізальних верстатів, чисельність працюючих зменшиться, а отже, і зменшиться площа ділянки.

9. Запропонований відрізний пристрій дозволяє скоротити час відрізки деталі, та зменшити відхід матеріалу. При відрізанні економиться до 7,5% матеріалу.

10. Проведено розрахунок площі робочої зони верстату, вона становить 17,92 м, а також визначено геометричні параметри віброізолюючої подушки.

11. Визначено економічну ефективність прийнятих проектно-конструкторських рішень, яка становить  $E = 303716$  грн.

12. Розглянуті питання охорони навколишнього середовища, безпеки життєдіяльності та цивільної оборони.

## 5. ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Губич І.В. Склярів Р.А., Аналіз методів поділу прутків на штучні заготовки // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – Т. 2. – 270 с. — С. 76-77.

2. Відрізання прутків і труб: теорія і практика: монографія / Ю.М. Кузнецов, С.В. Чикін, Р.І. Мачуга; під. ред. Ю.М. Кузнецова.- К.: ТОВ «Гнозіс», 2008.- 333 с.

3. Кузнецов Ю.М., Склярів Р.А. під заг. ред. Кузнецова Ю.М., Прогнозування розвитку технічних систем. (Гриф МОН Рекомендовано лист №14/18.2-2057 від 16 вересня 2004р). К.: ТОВ “ЗМОК” – ПП “ГНОЗИС”, 2004. - 323 с.

4. Методичні рекомендації по курсовому та дипломному проектуванні МРВ / С.А. Дубиняк, С.Г. Нагорняк, І.Д. Дубецький - Тернопіль: 1981. - 62 с.

5. Кривий П.Д., Шарик М.В., Сотник І.П. Трудомісткість конструювання та виготовлення металорізальних і деревообробних верстатів. - Тернопіль: - ТДТУ, 2005.-128с.

## 6. АНОТАЦІЇ

Губич І.В. Дослідження кінематики процесу відрізання деталей фрезоточінням // 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.: ТНТУ, 2019.

Метою роботи є розробка конструкції пристрою для відрізки прутка фрезою на токарно-револьверному автоматі та дослідження процесу фрезоточіння.

В дипломній роботі розглянуто конструктивні та технологічні особливості токарно-револьверних верстатів, проведено патентно-інформаційні дослідження відрізних пристроїв. Розроблено технологічний процес виготовлення деталі «втулка різева». Здійснено конструювання виконавчих вузлів верстату. Розглянуті питання визначення траєкторії фрези при фрезоточінні, визначена максимальна товщина зрізуваного шару для одного та кількох зубів. Вирішені питання техніко-економічного обґрунтування прийнятих технічних рішень. Також розкриті питання охорони праці та екології, безпеки життєдіяльності людини.

Ключові слова: токарно-револьверний автомат, фрезоточіння, фрезерний відрізний пристрій.

Hubych I.V. «Study of kinematics of parts cutting off by turn-milling». Thesis work for obtaining the educational qualification of Master degree of specialty 133 - Industrial machinery engineering; Ternopol Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopol, 2019.

This work has the purpose of designing a device for cutting a bar a milling cutter on a revolver machine, and also to study the process of milling.

The thesis deals with the structural and technological features of machine tools, conducted patent-information studies of cutting devices. The technological process of manufacturing the part "sleeve" has been developed. The machine units have been constructed. The questions of determination of a trajectory of a mill at milling are considered. The maximum thickness of the cut layer for one and several teeth is determined. The economic justification for the new technical solutions is contained in this document. Also the issues of labor protection and ecology, safety of human life are revealed.

Keywords: turning and revolving machine, milling cutter, milling cutting device.