

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

**ПРОЦІК МИКОЛА ГРИГОРОВИЧ**

УДК 621.9

**РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТУ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ ДЛЯ  
ВИГОТОВЛЕННЯ ТРИМАЧА АФКА 731151.047 З ДОСЛІДЖЕННЯМ  
ПРОЦЕСУ ОБРОБЛЕННЯ РІЗЬБОВИХ ОТВОРІВ**

131 «Прикладна механіка»

**Автореферат**  
дипломної роботи магістра

Тернопіль  
2019

Роботу виконано на кафедрі технології машинобудування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

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

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій та механіки  
**Шевчук Оксана Степанівна,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Захист відбудеться 24 грудня 2019 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №3 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Лук'яновича, 4, навчальний корпус №11, ауд. 19

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** У масовому та серійному виробництві для нарізання різьби мітчиками в середньовуглецевих сталях найбільше використовується генеративна схема різання. При автоматизованому виробництві різьбу в малих отворах в основному нарізають машинними мітчиками і зігнутими для гайок мітчиками. Частка інших типів мітчиків не перевищує 10%. Одним із головних параметрів процесу нарізання різьби мітчиками є крутний момент  $M$ , при дії якого відбувається деформація інструмента, зміна його форми, в наслідок чого збільшується тертя ріжучих зубів та підвищується їх зношування, при досягненні граничних значень відбувається руйнування мітчика. Існують різноманітні залежності для визначення моменту різання мітчиками. Основними параметрами цих залежностей є конструкційні параметри різьби, що нарізається, та параметри мітчика, його діаметр, кількість зубів, головний кут в плані та інші. Також момент різання безпосередньо впливає на потужність різання та енерговитрати. Тому встановлення такого взаємозв'язку експериментальним шляхом є актуальним завданням.

**Мета роботи:** розробити вдосконалену технологію виготовлення тримача АФКА 731151.047 та провести дослідження процесу оброблення різьбових отворів мітчиками.

**Об'єкт, методи та джерела дослідження.** Основним об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення тримача, процес нарізання різьби в отворах мітчиками та виробничий процес механічного цеху. Методи виконання роботи: економіко-статистичний, графічний, порівняльний, математичного моделювання; теоретико-емпіричний.

### **Отримані результати:**

- досліджено динаміку нарізання різьби мітчиком. Встановити динамічні навантажень на елементи системи інструмент-патрон-верстат під час нарізання різьби мітчиком та характер переміщення її складових;

- виведено рівняння регресії залежності крутного моменту при нарізанні різьби в заготовках із сталі 45 мітчиками від зміни трьох основних факторів: кроку різьби, діаметра мітчика та кута в плані мітчика;

– проаналізовано конструкцію та службове призначення об'єкту виробництва, виконано аналіз технологічності;

– виконано розроблення технологічного процесу виготовлення тримача АФКА 731151.047, для якого вибрано обладнання, оснащення, різальний та вимірювальний інструмент, розраховано режими різання та норми часу;

– підібрано та спроектовано необхідне технологічне оснащення;

– виконано розрахунок економічної ефективності прийнятих рішень;

– розглянуто питання застосування інформаційних технологій, охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях та екології;

– спроектовано дільницю механічного цеху для виготовлення тримача.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Розроблено реальний технологічний процес, який може бути впроваджений в умовах діючого виробництва. Підібрано обладнання та мітчики для нарізання різьби в попередньо просвердлених отворах.

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідались на II Міжнародній студентській науково-технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", Тернопіль, ТНТУ, 25-26 квітня 2019 р.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 9 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 124 арк. формату А4, графічна частина – 12 аркушів формату А1.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У вступі проведено огляд сучасного стану машинобудівної галузі промисловості та охарактеризовано основні завдання, які необхідно вирішити.

В аналітичній частині представлено класифікацію мітчиків. Встановлено, що основними конструктивними елементами мітчика є: ріжуча і калібруюча частини, кількість, профіль і напрямок канавок, кути різання, елементи різьби, комплектність, хвостова частина. Одним із головних параметрів процесу нарізання різьби мітчиками є крутий момент  $M$ , при дії якого відбувається деформація інструмента, зміна його форми, в наслідок чого збільшується тертя ріжучих зубів та підвищується їх зношування, при досягненні граничних значень відбувається руйнування мітчика. Існують різноманітні залежності для визначення моменту різання мітчиками. Основними параметрами цих залежностей є конструкційні параметри різьби, що нарізається, та параметри мітчика, його діаметр, кількість зубів, головний кут в плані та інші. Також момент різання безпосередньо впливає на потужність різання та енерговитрати. При визначенні залежностей крутного моменту використовуються експериментальні дані досліджень та регресійний аналіз одержаних результатів, при цьому в основному враховують діаметр мітчика  $d$ , крок різьби, що нарізається  $P$ , головний кут в плані  $\varphi$  та кількість зубів  $z$ . Відхилення одержаних значень крутного моменту різання мітчиком досягає 200%, що обмежує використання цих залежностей при інженерних розрахунках. Ця відмінність зумовлена використанням обмеженої кількості змінних факторів, коефіцієнти враховують тільки певні обмежені особливості процесу різання. Обмежена кількість факторів пояснюється технічними труднощами, пов'язаними із великими об'ємами проведення експериментів, вартістю матеріалів та інструментів, забезпеченням точних параметрів мітчиків.

Обґрунтовано актуальність теми роботи. Представлено висновки та задачі на дипломну роботу магістра.

В науково-дослідній частині досліджено динаміку нарізання різьби мітчиком. Одним із важливих параметрів, який впливає на точність середнього діаметру, кроку та шорсткості поверхні утвореної різьби є кут деформації мітчика в наслідок

динамічних навантажень Тому у роботі встановлено динамічні навантажень на елементи системи інструмент-патрон-верстат під час нарізання різьби мітчиком та характер переміщення її складових. Сформовано диференціальні рівняння руху системи із вимушеними крутильними коливаннями, застосовуючи рівняння Лагранжа другого роду. На основі числового розв'язку диференціальних рівнянь побудовано графічні залежності зміни: кута деформації мітчика відносно патрона в часі, швидкості деформації мітчика відносно патрона в часі, динамічного моменту на мітчику в часі, кута деформації патрона відносно шпинделя в часі. Запропоновані диференціальні рівняння та одержані числовим методом графіки дозволяють прогнозувати роботу мітчика при різних режимах роботи.

Також проведено експериментальні дослідження крутного моменту при нарізанні різьби мітчиками в заготовках із сталі 45 від зміни трьох основних факторів: кроку різьби, діаметра мітчика та кута в плані мітчика. Крутний момент вимірювався за допомогою частотного перетворювача Altivar на основі одержаних значень, що виводились на монітор комп'ютера. В результаті статистичної обробки результатів експериментів одержали рівняння регресії та побудували відповідні графічні залежності. Максимальний крутний момент нарізання різьби мітчиками отворах заготовки із сталі 45 складає 63,08 Н·м, а мінімальний – 11,65 Н·м. Збільшення кроку різьби  $P$  від 1,5 мм до 2,5 мм призводить до зростання крутного моменту в 2,25 рази. При цьому збільшення діаметра мітчика  $D$  від 12 мм до 20 мм надає приросту крутного моменту в 2,04 рази, а збільшення кута в плані мітчика  $\varphi$  від 10 до 20 градусів призводить до зростання крутного моменту в 1,27 рази.

**В технологічній частині** проведено аналіз об'єкту виробництва, його застосування, технічні вимоги до поверхонь, його технологічність. Визначено тип виробництва, вибрано оптимальний варіант виготовлення заготовки – литво під тиском. Проведено синтез технологічного маршруту обробки деталей, визначено припуски та міжопераційні розміри. Проведено вибір різального, вимірювального інструментів, технологічного оснащення та обладнання. Проведено розрахунок режимів різання та технічних норм часу.

**В конструкторській частині** виконано вибір та проектування засобів технологічного оснащення для виготовлення тримача АФКА 731151.047.

**В спеціальній частині** розглянуто можливості застосування інформаційних технологій в науково-дослідній роботі та практичній діяльності, розглянуто особливості використання систем автоматизованого проектування для вирішення технологічних задач, з допомогою відповідного програмного забезпечення спроектовано альтернативний варіант технологічного процесу.

**В проектній частині** проведено проектування виробничої дільниці для реалізації розробленого технологічного процесу, виконано: уточнення програми виробництва на дільниці, розрахунок трудомісткості і верстатомісткості виготовлення виробів на основі розроблених технологічних процесів, визначення річної потреби в технологічному обладнанні, складання зведеної відомості обладнання, визначення розмірів основних і допоміжних площ цеху та дільниці, визначення основних розмірів та вибір типу і конструкції будівлі, розроблено компонувальний плану цеху та план розміщення обладнання, проведено вибір вантажопідйомних і транспортних засобів.

**В частині «Обґрунтування економічної ефективності»** розглянуто питання організації виробництва і проведено розрахунки техніко-економічної ефективності проектних рішень.

**В частині «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** розглянуто характеристику дільниці механічної обробки деталі, що проектується з точки зору охорони праці та питання планування робіт щодо забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**В частині «Екологія»** розглянуто питання забруднення довкілля, що виникає внаслідок реалізації технологічного процесу, а також запропоновано заходи зі зменшення забруднення довкілля.

**У загальних висновках щодо дипломної роботи** описано прийняті в проекті технічні рішення і організаційно-технічні заходи, які забезпечують виконання завдання на проектування; оригінальні технічні рішення, прийняті автором в процесі роботи; технічні рішення роботи, які можуть бути впроваджені у виробництво; техніко-економічні показники та їх порівняння з базовими.

В додатках до пояснювальної записки приведено відомості специфікацій, комплект технологічної документації, розрахунки режимів різання та техніко-економічних показників.

В графічній частині приведено схеми технологічних наладок, складальні креслення засобів технологічного оснащення, план розміщення обладнання на дільниці механічної обробки, плакати науково-дослідної частини.

## **ВИСНОВКИ**

Прийняті в дипломній роботі наукові та інженерні рішення дозволили спроектувати дільницю механічної обробки тримача АФКА 731151.047 і досягти суттєвого покращення окремих показників технологічного процесу, а саме забезпечити можливість концентрації обробки, скоротити штучний час обробки деталі.

Завдяки застосування САПР ТП було синтезовано ще один варіант маршруту обробки, що в поєднанні з існуючими дозволило спроектувати оптимальний технологічний маршрут механічної обробки.

Розроблені механізовані конструкції спеціальних верстатних пристроїв на основі пневмоприводів дали змогу підвищити якість виготовлення деталі і зменшити допоміжний час на операціях. Також покращилися умови роботи виробничих робітників.

Розрахунками економічної ефективності встановлена економічна доцільність впровадження розробленого технологічного процесу механічної обробки тримача АФКА 731151.047. Очікуваний економічний ефект досягнутий завдяки впровадженню в технологічний процес агрегатних та токарних напівавтоматів замість вертикально-свердлильних, різенарізних і токарних універсальних верстатів, що дозволило скоротити штучний час обробки деталі, підвищити продуктивність праці, зменшити кількість одиниць технологічного обладнання порівняно із базовим технологічним процесом.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Процик М. Синтез відрізних різців / II Міжнародна студентська науково-технічна конференція “Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання”: 25-26 квітня 2019 р. : тези доп. – Тернопіль : вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. – С. 136.

### АНОТАЦІЯ

*Процик М.Г.* Розроблення проекту дільниці механічного цеху для виготовлення тримача АФКА 731151.047 з дослідженням процесу оброблення різьбових отворів. 131 «Прикладна механіка». - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

В дипломній роботі спроектовано дільницю механічної обробки тримача АФКА 731151.047. Розроблено технологію виготовлення деталі та спеціальні верстатні пристрої для її реалізації.

Прийняті в дипломній роботі інженерні рішення дали змогу підвищити якість виготовлення деталі і зменшити підготовчо-заклучний час на операціях, забезпечили концентрацію операцій а також скорочення затрат на виготовлення деталі. Для забезпечення безпечних умов роботи персоналу розроблено питання охорони праці і безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Наведено теоретичне узагальнення і вирішення наукової задачі, що полягає в дослідженні процесу оброблення різьбових отворів.

Правильність прийнятих рішень підтверджено обґрунтуванням економічної ефективності.

**Ключові слова:** технологія, механічна обробка, заготовка, пристрій, тримач.

### ANNOTATION

*Protsyk M.* Design development of machine shop area for the holding tool AFKA 731151.047 manufacture including the study of screw openings machining. 131 “Applied Mechanics”. - Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2019.

In diploma paper shop area for machining of the holding tool AFKA 731151.047 is designed. The technology for manufacturing a part and special machine-tool fixtures for its realization are developed.

Engineering solutions made in diploma paper provided the possibility to increase part manufacturing quality and minimize operation setting-up time, ensured operations concentration and reduction in manufacturing prime cost. To secure staff working environment the comprehensive operational health and safety issues for emergencies is developed.

Theoretical generalization and decision of scientific task, that consists in study of threaded holes tapping is resulted.

The accuracy of solutions made has been proved by economic feasibility.

**Key words:** technology, machining, workpiece, fixture, holding tool.