

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

**КАРОВСЬКА ОКСАНА ВАСИЛІВНА**

УДК 621.95

**ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНОГО  
ВЕРСТАТУ МОДЕЛІ 2Н118 З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
РЕГУЛЮВАННЯ ПОДАЧІ**

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття вищої освіти ступеня «магістр» за спеціальністю  
133 «Галузеве машинобудування»

Тернопіль - 2018

Дипломна робота на правах рукопису.

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, професор кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин  
**Кривий Петро Дмитрович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, професор кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин  
Заслужений винахідник України

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування  
**Дичковський Михайло Григорович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 грудня 2018 р. о 13 годині на засіданні екзаменаційної комісії №10 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №4, ауд. 101.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** На підприємствах машинобудування та народно-господарського комплексу України свердлильні роботи складають 10 – 30%, а за закордонними даними – близько 40% від загальної трудомісткості механічної обробки.

Існуючий теоретико-експериментальний підхід до вивчення процесу свердління отворів спіральними свердлами супроводжується значними труднощами, пов'язаними з певними особливостями процесу різання при свердлінні, а саме: змінністю швидкості різання, переднього і заднього кутів та неоднорідністю пластичної деформації зрізуваного шару вздовж головної різальної кромки (ГРК); складністю доступу мастильно-охолоджувальних рідин до ГРК; відносно невисокою міцністю сверدل малих діаметрів на поздовжній згин; процесом скобління перемичкою свердла оброблюваного матеріалу; високочастотними крутильними коливаннями свердла.

Що стосується процесу свердління наскрізних отворів, зокрема певних його особливостей, то це питання в науковій літературі висвітлено набагато вужче. Із вітчизняних і закордонних джерел відомо, що при свердлінні наскрізних отворів при виході інструмента із тіла заготовки можуть мати місце два суттєві негативні фактори: ймовірність руйнування інструмента та утворення задирок. Одним із рекомендованих способів зменшення впливу цих негативних явищ є зменшення подачі як по всій глибині свердління наскрізного отвору, так і на етапі виходу інструмента з тіла заготовки.

Частково питання свердління наскрізних отворів із забезпеченням зменшення подачі на етапі виходу інструмента з тіла заготовки розглянуто в плані створення реальних кінематичних схем свердління і технологічного оснащення для їх реалізації. Проте це остаточно не вирішує комплексу питань, що виникають при свердлінні наскрізних отворів із забезпеченням регулювання подачі.

У зв'язку з цим дослідження процесу свердління наскрізних отворів шляхом регулювання подачі особливо на виході інструмента з тіла заготовки з метою забезпечення підвищення ефективності обробки є, безперечно, актуальною задачею.

**Мета роботи:** підвищення ефективності свердління наскрізних отворів шляхом забезпечення регулювання подачі на етапах вривання та виходу інструмента з тіла заготовки.

**Об'єкт, методи та джерела дослідження.** Основними об'єктами дослідження є процес свердління наскрізних отворів. Методи виконання роботи: економіко-статистичний, графічний, порівняльний, математичне моделювання; теоретико-емпіричний. Джерела дослідження: базовий технологічний процес, посібники та підручники з теорії та практики, електронні ресурси, довідкова література.

### **Отримані результати:**

1. Запропоновано математичну модель залежності зміни характеру подачі від діаметра свердла із врахуванням технічних обмежень, а саме: міцності свердла на поздовжній згин і кручення; пластичної міцності матеріалу інструменту та міцності механізму подач ВСВ.

2. На основі експериментальних досліджень встановлено відсутність пропорційних закономірностей зміни приведеної до шпинделя жорсткості кінематичних ланцюгів механізму подач ВСВ моделей 2Н118, 2Н125, 2Н135 відносно осьових зусиль, створюваних при певних діаметрах свердл та відповідних співвідношеннях подач і частот обертання шпинделя.

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

Розроблено удосконалена конструкція механізму подач і спеціального свердлильного патрона, що забезпечує зменшення подач свердла при виході його із тіла заготовки, що може бути впроваджений на виробництві.

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідались на XVIII Міжнародній науково-практичній конференції «Машинобудування очима молодих. Прогресивні ідеї – наука – виробництво» (31.10.18 – 02.11.18 м. Краматорськ, 2018р.)

**Публікації:** Кобельник В.Р., Крупа В.В., Каровська О.В., Тимошенко Н.М. Використання методу ітерацій для дослідження точності подач металорізальних верстатів. Матеріали XVIII Міжнародній науково-практичній конференції «Машинобудування очима молодих. Прогресивні ідеї – наука – виробництво», с.78-80.

- **Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 152 аркушів формату А4, графічна частина – 13 аркушів формату А1.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

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

**В першому розділі** «Аналітичний розділ.Огляд і аналіз літературних джерел з проблеми регулювання подач при свердлінні наскрізних отворів» розглянуто механізми подачі шпинделя свердильного верстату [А.с. 1426707 ССРСР], [А.с. 1212708 ССРСР], пристрої для свердління наскрізних отворів, [А.с. 14200796 ССРСР]; [А.с. 1491624 ССРСР]; [А.с. 1831411 ССРСР]; [А.с. 975238 ССРСР];

**В другому розділі** «Теоретико- експериментальний метод визначення силових характеристик процесу різання при свердлінні» Аналіз значень осьового зусилля  $P_o$  та крутного моменту  $M_{кр}$  при свердлінні наскрізних отворів отриманих за різними літературними джерелами; Методика експериментального дослідження впливу діаметра свердла на осьове зусилля  $P_o$  при свердлінні наскрізних отворів;

**В третьому розділі** «Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьову силу та крутний момент при свердлінні наскрізних отворів. Технологічний розрахунок» розроблено спосіб визначення головного заднього кута  $\alpha$  спірального циліндричного свердла; Пристрій для контролю головного заднього кута; проведено експериментальні значення головного заднього кута  $\alpha$  та їх аналіз; проведено методику дослідження впливу головного заднього кута  $\alpha$  на осьове зусилля  $P_o$ .

**В четвертому розділі** «Науково-дослідний розділ. Нові конструкції механізмів подач вертикально– свердлильних верстатів» розглянуто механізм подачі

вертикально – свердлильного верстата та методику вибору електромагнітної муфти для удосконаленого механізму подач свердлильного верстата. Механізм подач вертикально – свердлильного верстата; Механізм подач із вбудованим пружним елементом

**В п'ятому розділі** «Економічна ефективність зміни подачі при свердлінні наскрізних отворів» запропонована методика визначення основного часу для випадку зміни подачі при виході свердла із тіла заготовки; отримані залежності для визначення збільшеної кількості просвердлених отворів при заданій кількості свердл. Економічна ефективність визначена як сума складових отриманих при економії електроенергії, при зменшенні кількості свердл, при збільшенні продуктивності праці.

**В шостому розділі** «САПР» здійснено розрахунок грубих похибок значень головного заднього кута за критерієм Греббса.

**Сьомий розділ** «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» присвячений висвітленню заходів по охороні праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**У восьмому розділі** «Екологія» висвітлено актуальність екологічної проблеми та основні джерела забруднення довкілля що створені вертикально-свердлильними верстатами, а також запропоновано заходи щодо зменшення забруднення довкілля, які створюють вертикально-свердлильні верстати.

В додатках до пояснювальної записки наведено відомості специфікацій.

В графічній частині представлено креслення коробки подач, механізму з пружним елементом, контрольного елементу, удосконаленого механізму подач. Представлено графіки зміни значень ГЗК та ГРК, гісторами значень осьового зусилля, полігони ліві та праві і теоретичні криві розподілу значень ГЗК та ГРК, графік залежності кількості отворів, графік залежності збільшення кількості отворів, схеми експериментальної установки.

## ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі магістра проведено аналіз і огляд літературних джерел щодо проблем регулювання подач, аналіз значень осьового зусилля при свердлінні наскрізних отворів отриманих за різними літературними джерелами. В дипломній роботі магістра здійснено розрахунок методики експериментального дослідження впливу діаметра свердла на осьове зусилля  $P_o$  при свердлінні наскрізних отворів; Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьову силу та крутний момент при свердлінні наскрізних отворів; спосіб визначення головного заднього кута  $\alpha$  спірального циліндричного свердла; експериментальних значень головного заднього кута  $\alpha$  та їх аналіз.

Розроблено пристрій для контролю головного заднього кута  $\alpha$  та нові конструкції механізмів подач вертикально – свердлильних верстатів (механізм подачі вертикально – свердлильного верстата, механізм подач із вбудованим пружним елементом).

Проведено розрахунок та статистичний аналіз експериментальних даних значень головного заднього кута свердла, в точках розміщених на головній ріжучій

кромці, подані полігони та теоретичні криві розподілу значень головного заднього кута свердла. Здійснено розрахунок та підбір електромагнітної муфти для механізму подачі.

Приведена економічна ефективність зміни подачі при свердлінні наскрізних отворів; приведені заходи щодо: зменшення забруднення екології при механічній обробці, безпеки при роботі із верстатом, розраховано місцеве і штучне освітлення; а також приведені засоби для безпеки виробничого обладнання

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматическое сверлильное устройство. А.с.831411 СССР, МКП В23 В47/00/ Нагорняк С.Г., Кривый П.Д. (СССР) – №2696642/25-08; заявлено 13.12.78; опубл. 23.05.81., бюл.№19 – 4с
2. Барановский А.М. Режимы резания металлов. Справочник. Изд. 3-е перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 408с.
3. Берсегянц Р.О., Межуев Б.Н. Учебное пособие к лабораторным работам по курсу „Резание металлов”. – М.: ВЗПИ, 1975. – 126 с.
4. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
5. Борисов Б.Я. Лабораторный практикум по резанию металлов. — М-К.: Госнаучтехиздат, 1963.— с. 12 – 13
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
7. Виноградов А.А., Сытник Б.В. Определение рабочего переднего угла главного лезвия спирального сверла // Технология и автоматизация производства. К.: Техніка, Вып. 30. – 1982, – С. 16 – 22.
8. Вульф А.М. Резание металлов. Изд. 2-е. – Л.: Машиностроение, 1973. — 496 с.
9. Грановский Г.И., Грановский Г.И. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с.
10. Долматовский Г.А. Справочник технолога по обработке металлов резанием. Изд. 3-е перераб. и доп. – М.: Машгиз, 1962. – 1236 с.
11. Егоров С.В., Червяков А.Г. Резание конструкционных метереалов и режущий инструмент. Лабораторный практикум. Учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. — М.: Высш. школа, 1975. — с. 34 – 35
12. Колкер Я.Д. Математический анализ точности механической обработки деталей. – К.: Техніка, 1976. – 200 с.
13. Кочерги . А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков М.: Машиностроение 1991 – 567с
14. Механизм подачи шпинделя сверлильного станка. А.с. 1212708 СССР, МКП В23 В47/00/ Кузьмин Н.И., Нагорняк С.Г., Кривый П.Д. (СССР) - №3728754/25-08; заявлено 27.02.84; опубл. 23.02.86, бюл.№7 – 3с
15. Механизм подачи шпинделя сверлильного станка. А.с. 1426707 СССР, МКП В23 В47/04/Нагорняк С.Г., Кривый П.Д., Кузьмин Н.И. (СССР) - №4219902/31-08; заявлено 30.03.87; опубл. 30.09.88, бюл.№36 – 6с

- 16.Металлорежущие инструменты: Учебник для вузов / Сахаров Г.Н., Арбузов О.Б., Боровой Ю.Л. и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с
- 17.Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть I. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-розточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. Изд. 2-е, М.: Машиностроение, 1974. – 406 с.
- 18.Попов С.А., Дибнер Л.Б., Каменкович А.С. Заточка режущего инструмента. Учебн. пособие для проф.-техн. училищ. – М.: Высш. школа, 1970. – 320 с.
- 19.Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. – К.: Вища школа, 1974. – 400 с.
- 20.Справочник технолога-машиностроителя. В. 2-х т. Т. 2 / Под ред.. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
- 21.Справочник технолога-машиностроителя. – Т2/Под ред. Кована В.М. – Узд 2, испр. и доп. – М.: Машгиз. – 1963. – 912с
- 22.Справочник металлиста. В 5-и т. Т. 3. / Под ред.. А.Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1977. – 748 с.
- 23.Технология машиностроения. Под общей редакцией проф. Картавова С.А. – Киев: Техника. – 1965. – 528с
- 24.Третьяков И.П., Аршинов В.А., Киселев Н.Ф., Синопальников В.А. Лабораторные работы по курсу “Резание металлов”. — М.: Машиностроение, 1965. — с. 79 – 82.)
- 25.Устройство для сверления сквозных отверстий. А.с. 1491624 СССР, МКП В23 В47/00/ Нагорняк С.Г., Кузьмин Н.И., Кривый П.Д. (СССР) – №4279167/31-08; заявлено 07.07.87; опубл. 07.07.89, бюл.№25. – 4с
- 26.Устройство для сверления сквозных отверстий. А.с. 140076 СССР, МКП В23 В47/00/ Нагорняк С.Г., Кузьмин Н.И., Кривый П.Д. (СССР) – №4279167/31-08; заявлено 07.07.87; опубл. 07.07.89, бюл.№25. – 4с
- 27.Устройство для сверления отверстий малого диаметра. А.с. 975238 СССР, МКП В23 В47/00/ Кузьмин Н.И., Кривый П.Д., Сопрончук В.Н. (СССР)– №3326065/25-08;заявлено07.08.84;опубл.23.11.82,бюл.№43– 2с
- 28.Филиппов Г.В. Режущий инструмент. – Л.: Машиностроение, 1981. – 392 с.
- 29.Филоненко С.Н. Резание металлов. – К.: Вища школа, 1974. – 400 с.
- 30.Цветков Э.И. Основы теории статистических измерений. – Л.: Энергия. Ленинград. отд-ние, 1979. – 288 с
- 31.Прейс Г. А. Технология конструкционных материалов – К.: Высшая школа, 1991. – 391с.
- 32.Каталог. Нормы предельно допустимых концентраций вредных примесей в атмосферном воздухе: В 2 ч. - К.: МОЗ Украины, Украинский Центр Государственного санитарно-эпидемиологического контроля, 1996. - Ч. 1. - 23 с.; Ч. 2. - 24 с.
- 33.Ertunc H.M., Loparo K.A. A Decision fusion algorithm for tool wear condition monitoring in Drilling // International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2001, vol.41. – p 1347-1362

## АНОТАЦІЯ

Каровська О.В. Обґрунтування модернізації вертикально-свердлильного верстату моделі 2Н118 з метою забезпечення регулювання подачі

Дипломна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Дипломна робота присвячена вирішенню науково-технічного завдання, яке полягає у підвищенні ефективності процесу свердління наскрізних отворів шляхом забезпечення регулювання подачі при врзанні та виході інструмента із тіла заготовки.

Запропоновано нові конструкції механізму подач з використанням електромагнітної муфти і методики її вибору. Розроблено методи для визначення впливу подачі, глибини різання на осьове зусилля в процесі свердління. Розроблено конструкції механізму подач та пристроїв для свердління наскрізних отворів з регулювання подач.

**Ключові слова:** свердління, наскрізний отвір, регулювання, ефективність, головний задній кут, контроль геометричних параметрів.

## ANNOTATION

Karovska O. Substantiation of modernization of vertical drilling machine 2H118 aimed at feed control providing.

Abstract of the thesis for master's degree: speciality 133 "Industrial Machinery Engineering" — Ternopil Ivan Puluj National Technical University. — Ternopil: 2018.

The thesis deals with solving of the important scientific and engineering problem that regards to the performance improving of the open-end hole drilling process by providing feed control when tool penetrating and exit out of the work piece body.

The methods to evaluate the influence of feed, depth of cut on the axial force in the drilling process. The experiments are performed to investigate the vertical drilling machine tools kinematic accuracy and rigidity as well as cutting layer transformation in the process of drilling. The designs of feed mechanism and open-end hole drilling equipment are developed and the methodic to determine the efficiency of the open-end hole drilling by feed control is given.

*Key words:* drilling, open-end hole, feed control, efficiency, main rear corner, control of geometric parameters.