

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

**Бугасевич Богдан Олексійович**

УДК 004.645.7

**СИСТЕМА ЧИСЛОВОГО ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ  
ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА 16K20**

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Автореферат магістерської роботи  
на здобуття кваліфікації магістра з автоматизації  
та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Миколаїв – 2019

Роботу виконано в Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили.

- Керівник:** кандидат технічних наук, доцент  
**Прищепов Олег Федорович,**  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
доцент кафедри комп'ютерної інженерії
- Рецензент:** кандидат технічних наук  
**Ревнюк Павло Якович,**  
голова правління «Українського НДІ ТСМ»
- Консультант:** д-р біол. наук, професор  
**Томілін Юрій Андрійович,**  
ЧНУ ім. Петра Могили,  
професор кафедри екології Медичного інституту

Захист відбудеться « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р. о 10<sup>00</sup> на засіданні  
Державної екзаменаційної комісії в ЧНУ ім. Петра Могили, ауд. \_\_\_\_\_

З магістерською роботою можна ознайомитись на сайті ЧНУ ім. Петра Могили  
за посиланням <http://chmnu.edu.ua>

Автореферат оприлюднений « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** На сьогоднішній день об'єм металообробної продукції становить зо 30% від загального виробництва продукції. При цьому, успішність розвитку певного виробництва залежить від ефективності металорізальних верстатів. Згідно з аналізом часу перебування заготовки в цеху, в якому виробляють деталі дрібносерійного виробництва відомо, що 5% часу вона перебуває на верстаті, і зо 1,5% потрібно для зняття металу. Якщо, близько, 70% загальної кількості деталей виробляється за умов серійного й одиничного виробництва партіями до 50 штук, то основною метою для розвитку цих виробництв – є автоматизація металообробних верстатів. Зараз практично кожне підприємство, яке займається механічною обробкою, має в своєму розпорядженні верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК). Верстати з ЧПК виконують абсолютно всі ті самі функції, які виконують і звичайні верстати з ручним керуванням, проте пересування виконавчих органів даних верстатів здійснюється за допомогою електроніки.

Зараз багато що з того, що ми бачимо в навколишньому матеріальному світі, виготовлено за допомогою верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Використання можливостей електроніки та обчислювальної техніки для оптимального й ефективного керування промисловим обладнанням дало змогу підвищити продуктивність праці та якість продукції, що випускається. А при масовому виробництві – значно знизити витрати на виготовлення цієї продукції.

Верстати з ЧПК міцно увійшли до нашого життя та стали незамінними людськими помічниками у виробничій діяльності. За відсутності цих систем було би неможливо виготовляти більшість речей, які встигли стати для нас звичними у нашому повсякденному житті. Подальший розвиток систем ЧПК йде шляхом об'єднання окремих верстатів в одні цілі виробничі комплекси,

подешевшання процесу підготовки виробництва і зменшення вартості систем керування.

**Мета:** зробити аналіз токарного верстата з оперативною системою керуванням (ОСК) та підвищити продуктивність і якість деталей при обробці на токарному верстаті.

Для досягнення мети в магістерській роботі поставлені та вирішені наступні **задачі:**

- виконати аналіз літературних джерел та патентної інформації по інформаційним системам із автоматизацією;
- дослідити технології верстатів із ОСК та ЧПК, описати їхні переваги та недоліки;
- дослідити математичну модель для даного дослідження;
- виконати пошук патентної інформації пов'язаних із доповненнями до токарних верстатів та систем ЧПК;
- вивчити технологію токарних верстатів із простим керуванням та числовим програмним керуванням;
- дослідити переваги й недоліки, порівнюючи токарні верстати зі звичайним керуванням та ЧПК;
- встановити крокові двигуни на систему керування верстата;
- замінити різцетримач револьверною голівкою;
- замінити патрон для кріплення заготовки;
- встановити багатоканальний пристрій для програмного керування кроковими двигунами;
- розробити програму для внесення послідовних дій, які має виконувати верстат;
- розглянути питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**Об'єкт:** універсальний токарно-гвинторізний верстат моделі 16К20.

**Предмет:** удосконалення оперативної системи керування токарного верстата 16K20 в числове програмне керування (ЧПК).

**Використані методи:** в даній магістерській роботі використовуються методи заміни механізованої частини керування оператором, встановлюючи на її місце крокові двигуни, пневматичний патрон та револьверну головку; підключення крокових двигунів та револьверної головки до багатоканального пристрою для програмного керування кроковими двигунами, до якого надходять сигнали керування від плати мікроконтролера Arduino, на якій збережено програму виконання дій для розробки певної деталі.

**Практичне значення одержаних результатів:** отримані результати системи числового програмного керування для токарного верстата було тестовано 2019 року теоретичним шляхом. Застосування практичного метода тестування на даний момент не доступне.

**Структура та обсяг роботи.** Магістерська робота складається з анотації на двох сторінках, вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 47 найменувань, 2 додатків на 3 сторінках. Основна частина роботи становить 100 сторінок, серед яких 23 рис. та 1 табл.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми магістерської роботи, показано її зв'язок із науковою програмою, темами й планами, сформульовано завдання й мету досліджень, розглянуто розвиток технологій для металообробки, з якою метою було створено верстат з числовим програмним керуванням. Задача побудови токарних верстатів із системою числового програмного керування набувала з роками, коли збільшувався попит і при цьому потрібно було швидше виконувати роботи і коли для нових модернізованих пристроїв потрібна були потрібні деталі з більшою точністю обробки.

У **першому розділі** магістерської роботи «Система числового програмного керування для токарного верстата 16K20» було зроблено

огляд типів металорізальних верстатів за ступенем спеціалізації: верстати широкого призначення; універсальні верстати; спеціалізовані верстати; спеціальні верстати; ручні верстати; напівавтоматичні верстати; автоматичні верстати.

Розглянуто класифікацію токарних верстатів із числовим програмним керуванням. За принципом керування рухом, що визначається системою числового програмного керування (СЧПК): з контурними СЧПК; з позиційними СЧПК; з комбінованими СЧПК. За кількістю інструментів для використання: одноінструментні та багатоінструментні. Розглянуто спеціальну схему для позначення верстатів за класифікацією систем програмного керування. Розглянуто класифікацію систем пристосувань для верстатів із ЧПК: система універсально-безналагоджувальних пристосувань; система універсально-налагоджувальних пристосувань; система спеціальних налагоджувальних пристосувань; система універсально-збірних пристосувань; збірно-розбірні налагоджувальні пристосування; система нерозбірних спеціальних пристосувань.

Розглянуто характеристику токарних верстатів із числовим програмним керуванням. Показано переваги й недоліки токарних верстатів із числовим програмним керуванням у порівнянні з токарними верстатами з оперативною системою керування. Наведена класифікація токарних верстатів за основними й допоміжними ознаками: токарні напівавтомати й автомати; карусельні й лобові верстати; токарні й токарно-гвинторізні верстати; токарні копіювальні верстати; токарні затилувальні верстати; токарні револьверні верстати; верстати для обробки різьби. Показано зовнішній вигляд токарного верстата й описано його будову.

У другому розділі магістерської роботи «Система числового програмного керування для токарного верстата 16К20» проведено аналіз токарного верстата 16К20 на основі зібраних паспортних даних. Розглянуто й зроблено опис конструкцій основних деталей токарного верстата (станина,

шпиндель, передня бабка, задня бабка, фартух, коробка подач, чотирьохкулачковий патрон, різцетримач, супорт, каретка супорта, ходовий вал, поперечні салазки) та основних інструментів (прохідний різець, відрізний різець, плашка, затискний ключ). Розписано можливості організації виробництва при використанні верстатів із числовим програмним керуванням та як і де можна застосовувати, маючи програму серійного виробництва. Складено структурну блок-схему автоматизованої системи числового програмного керування для токарного верстата 16К20, яка наведена на рисунку 1.

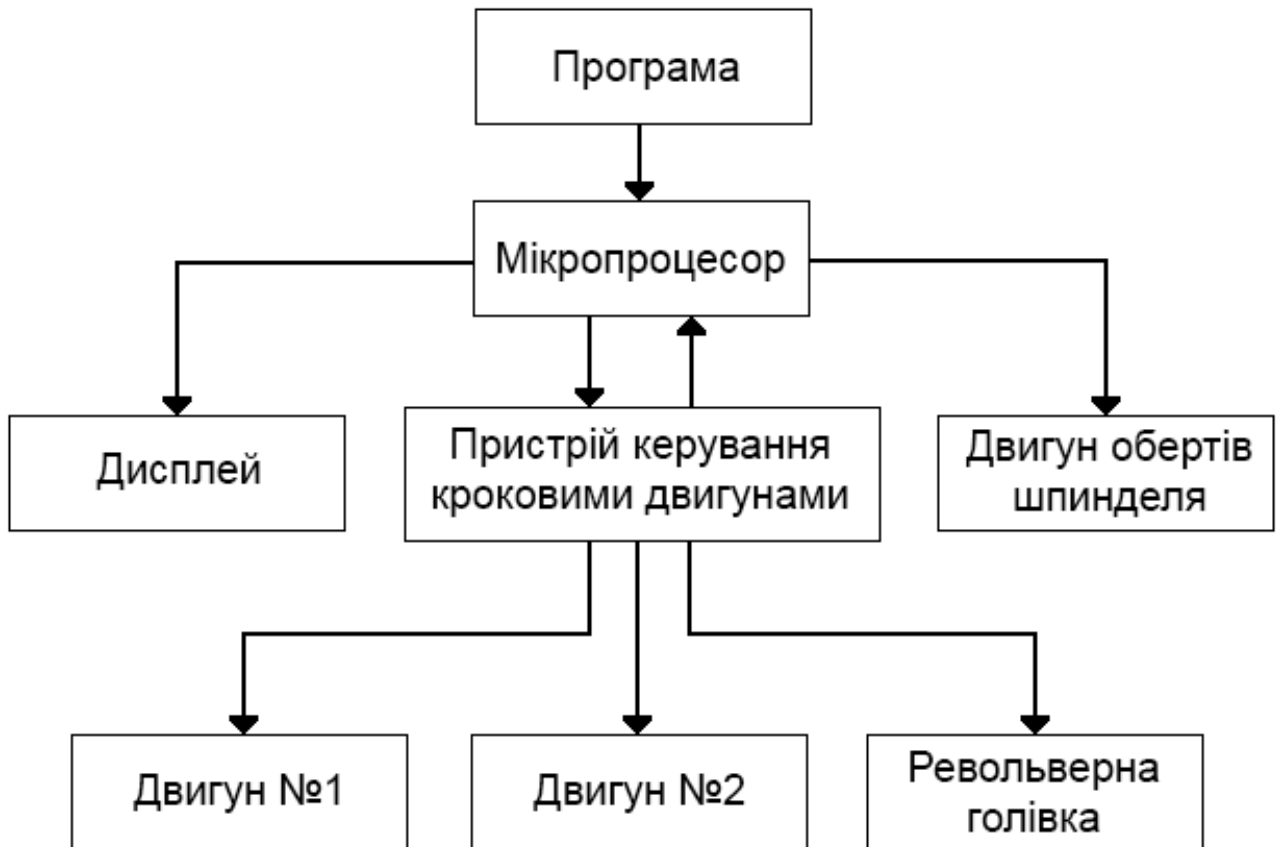


Рисунок 1. Структурна схема розробленої системи  
числового програмного керування

Розглянуто класифікацію сучасних систем числового програмного керування. В залежності від метода керування виконавчими механізмами

верстата: контурні; позиційні; універсальні. За можливостями й методом позиціонування: з відносним відліком; з абсолютним відліком. За наявністю чи відсутністю зворотного зв'язку в контурі керування: із самостійним налаштуванням («закритого» типу); розімкнені («відкритого» типу); замкнені («закритого» типу). За кількістю координатних осей (від двох до п'яти осей) та за поколінням (першого, другого та третього поколінь).

Був представлений приклад цифрового налагодження системи управління токарного верстата з числовим програмним керуванням. Також для порівнянь були переглянуті аналогічні системи числового програмного керування: SINUMERIK 840D; HEIDENHAIN; FANUC; FAGOR CNC 8035; NC-210.

У **третьому розділі** магістерської роботи «**Система числового програмного керування для токарного верстата 16K20**» описано процес проведення обробки заготовки для виготовлення певної деталі на токарному верстаті 16K20, що використовує числове програмне керування. Обґрунтовано вибір пристосувань, що дозволяють підключити до верстата розроблену програму для виготовлення певної деталі. Для розробки програми та теоретичного тестування було обрано програми Arduino 1.8.9 та Proteus 8 Professional.

На рисунку 2 представлено скріншот з програми Arduino 1.8.9, в якому показано частину розробленої прошивки для Arduino. На рисунку 3 показано скріншот з програми Proteus 8 Professional, в якому показано розроблену схему системи числового програмного керування.

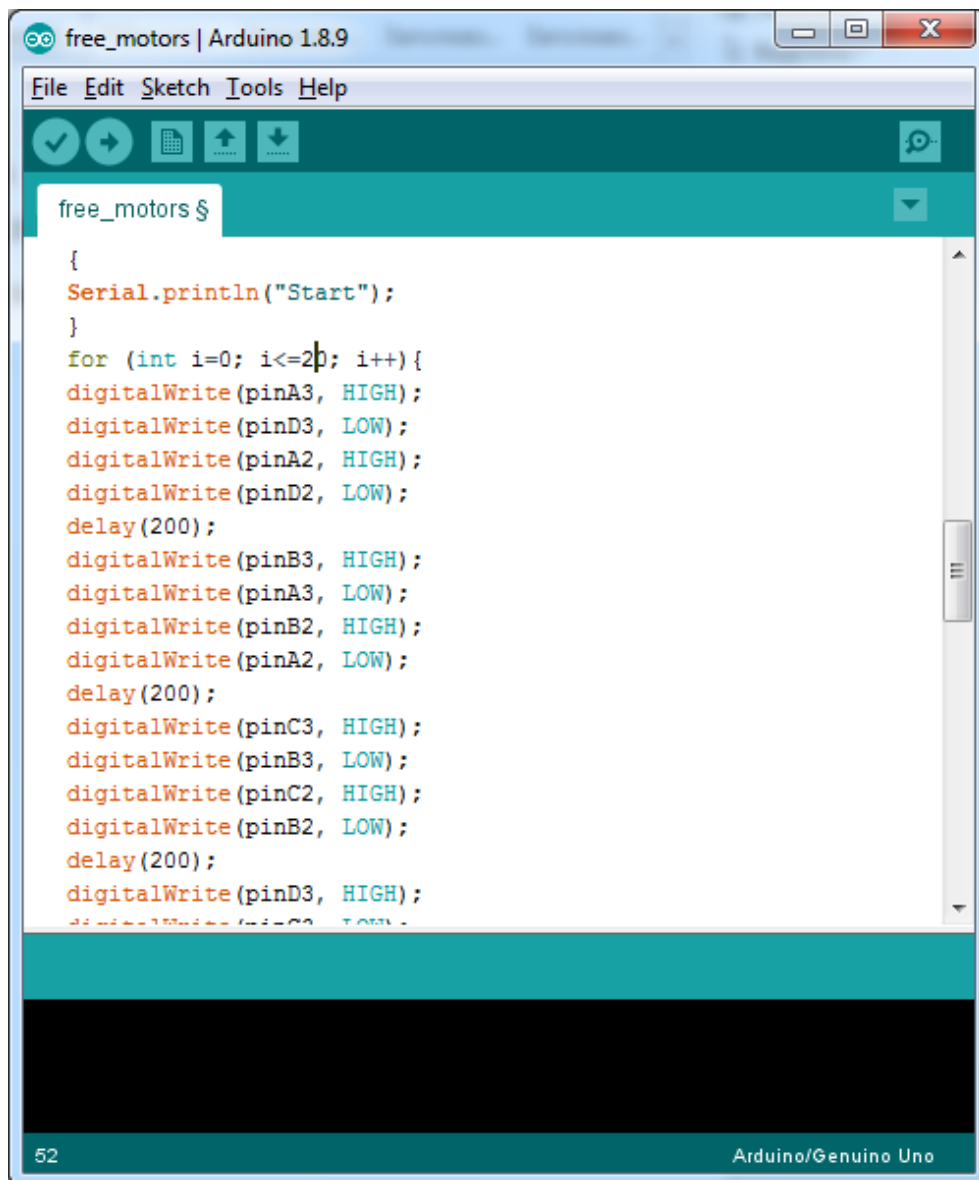
Розроблено програмне забезпечення (ПЗ) для числового програмного керування верстата 16K20.

**Перший додаток** містить у собі вписаний текст прошивки пристрою Arduino для виготовлення певної деталі. Розроблено було його у програмі Arduino 1.8.9 (Рисунок 2). **Другий додаток** демонструє роботу схеми числового програмного керування через пристрій Arduino, в якому міститься



розроблена прошивка. Її було розроблено в програмі Proteus 8 Professional (Рисунок 3).

У спеціальній частині четвертого розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» було проведено аналіз факторів виробничого середовища в приміщеннях підприємства ССЗ «Нібулон», а також визначено вплив цих факторів на здоров'я та працездатність працівників. Варто зазначити, що було визначено відповідність усіх розглянутих показників чинним санітарним нормам та виявлено, що умови праці в ССЗ «Нібулон» є оптимальними.



```
free_motors | Arduino 1.8.9
File Edit Sketch Tools Help
free_motors $
{
  Serial.println("Start");
}
for (int i=0; i<=20; i++){
  digitalWrite(pinA3, HIGH);
  digitalWrite(pinD3, LOW);
  digitalWrite(pinA2, HIGH);
  digitalWrite(pinD2, LOW);
  delay(200);
  digitalWrite(pinB3, HIGH);
  digitalWrite(pinA3, LOW);
  digitalWrite(pinB2, HIGH);
  digitalWrite(pinA2, LOW);
  delay(200);
  digitalWrite(pinC3, HIGH);
  digitalWrite(pinB3, LOW);
  digitalWrite(pinC2, HIGH);
  digitalWrite(pinB2, LOW);
  delay(200);
  digitalWrite(pinD3, HIGH);
  digitalWrite(pinC3, LOW);
  delay(200);
}
52 Arduino/Genuino Uno
```

Рисунок 2. Розроблена прошивка для Arduino

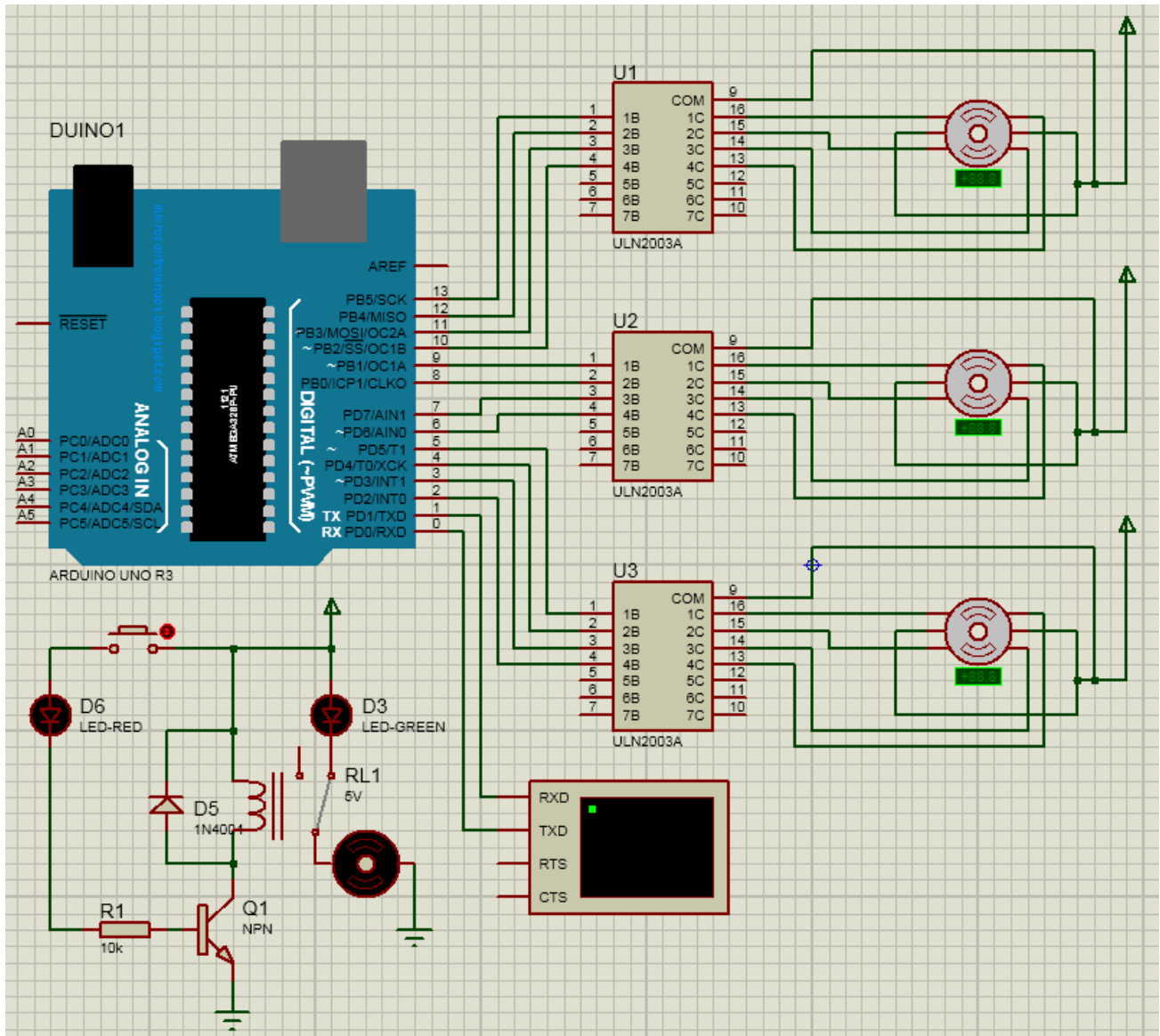


Рисунок 3. Схема програмного керування верстатом за допомогою Arduino

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи:

1. Проаналізувавши токарний верстат із оперативною системою керування було встановлено, що для серійного виробництва потрібно розробити числове програмне керування з програмою виготовлення певної деталі.

2. Розглядаючи різноманітні системи числового програмного керування для токарних верстатів вдалося розробити аналітична модель числового програмного керування для токарного верстата 16K20.

3. Розроблено ПЗ для системи числового програмного керування токарним верстатом. Створення схеми й тестування системи були виконані в Proteus 8 Professional. Розробка ПЗ була виконана в Arduino 3.3.1.

4. У спеціальній частині четвертого розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» розписано проведення аналізів факторів виробничого середовища в приміщеннях підприємств, а також визначення впливу цих факторів на здоров'я та працездатність працівників.

## АНОТАЦІЯ

**Бугаєвич Б. О.** Система ЧПК для токарного верстата 16K20. – Кваліфікаційна робота магістра зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2019.

В технологічному плані необхідно проаналізувати токарний верстат 16K20 та токарний верстат із ЧПК. Технологічно вдосконалити токарний верстат 16K20 та розробити програму керування системою ЧПК. Описати процес проведення обробки заготовки для виготовлення певної деталі на токарному верстаті 16K20, що використовує числове програмне керування.

Пояснювальна записка магістерської роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, 2 додатків та спеціальної частини з охорони праці.

У вступі визначається актуальність теми, наведені задачі, які заплановано вирішити для досягнення поставленої мети. У першому розділі проводиться аналіз сучасного стану систем пошуку теплових втрат на інженерних спорудах. У другому розділі проведено аналітичний огляд методів побудови теплових карт за допомогою зібраних температурних даних. У

третьому розділі розроблено програмне забезпечення (ПЗ) для побудови теплових карт на основі зібраних теплових вимірювань. Розробка ПЗ здійснена в Android Studio 3.3.1, програмний продукт створювався для платформи Android з версією JDK 11.0. У висновках наводяться підсумки проведеної роботи та основні переваги розробленої системи перед аналогами.

У спеціальній частині з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях проаналізовано систему заходів і засобів по запобіганню впливу на людину несприятливих факторів, які супроводжують роботу працівника ІТ-сфери.

Магістерська робота містить 100 с. (без додатків), 23 рис., 1 табл., 47 джерел посилання та 2 додатки.

**Ключові слова:** універсальний токарно-гвинторізний верстат, ЧПК, револьверна головка, дисплей, багатоканальний пристрій, програмне керування, кроковий двигун, пневматичний патрон, Arduino, Proteus.

## ABSTRACT

**Buhaievych B. O.** CNC system for lathe 16K20. – Master thesis in specialty 151 Automation and computer-integrated technologies. – Petro Mohyla Black Sea National University, 2019.

In the technological plan it is necessary to analyze the lathe 16K20 and the CNC turning machine. Technologically improve the turning machine 16K20 and develop a program for controlling the CNC system. Describe the process of processing the workpiece for the manufacture of a particular part on a turning machine 16K20, using numerical control software.

The thesis consists of an introduction, three chapters, conclusions, references, two appendices and a special chapter which covers problems of health and safety in emergency.

The introduction determines the relevance of the topic and gives the tasks that are planned to be solved for the set goal achievement. The first chapter providing an

analytical review of thermal vision and pyrometric equipment for obtaining temperature data from engineering communications. The second chapter discusses the methods of constructing thermal maps with the help of collected temperature data were conducted. It was developed software for the construction of heatmaps based on the collected thermal in the third chapter. The software was developed in the Android Studio 3.3.1, and the software was created under the Android platform version JDK 11.0. The conclusion consists of the results of the work performed and the main advantages of the developed system before the analogues.

In a special part on occupational safety and protection in emergency situations the system of measures and means for preventing the impact on the person of the adverse factors that accompany the work of the IT employee was analyzed.

Thesis contains 100 pages (without appendices), 23 figures, 1 tables, 47 references and 2 appendices.

**Keywords:** universal lathe, CNC, revolving head, display, multichannel device, program control, stepper motor, pneumatic cartridge, Arduino, Proteus.