

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, РОБОТОТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ МОНІТОРИНГУ
ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Шутко В. М.
« ____ » _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 171 «ЕЛЕКТРОНІКА»
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ
«ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ»

**Тема: «Бездротовий пульт ручного управління для фрезерного станка з
числовим програмним керуванням»**

Виконавець
студент групи ЕС-238М _____ Лисецький Анатолій Анатолійович

Керівник
к.т.н., доцент _____ Морозова Ірина Володимирівна

Консультант розділу
«Охорона праці» _____ Козлітін Олексій Олександрович

Консультант розділу
«Охорона навколишнього середовища» _____ Радомська Маргарита Мирославівна

Нормоконтролер _____ Сініцин Р.Б.

КИЇВ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий інститут аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра _____ електроніки _____

Спеціальність, ОПП: 171«Електроніка», _____

«Електронні системи» _____

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Шутко В. М.

«___» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи студента

Лисецького Анатолія Анатолійовича

1. Тема дипломної роботи : « Бездротовий пульт ручного управління для фрезерного станка з числовим програмним керуванням» затверджена наказом ректора від «09» вересня 2022 р. № 1351/ ст
2. Термін виконання роботи: з 05.09.2022 р. по 30.11.2022 р.
3. Вихідні дані до роботи: теоретичний матеріал бездротових пультів ручного управління для фрезерних станків з числовим програмним керуванням Зміст пояснювальної записки: 1. Числове програмне керування – загальні відомості; 2. Огляд плат керування фрезерних станків з ЧПК та пультів; 3. Проектування та програмування бездротового пульта ручного управління для фрезерного станка з ЧПК; 4. Охорона праці; 5. Охорона навколишнього середовища.
4. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: схеми, рисунки, таблиці, презентація

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Вступ	05.09.2022р.	
2.	Обробка матеріалів за темою дипломної роботи. Інтернет-ресурси, підручники.	12.09.2022- 25.09.2022р.	
3.	Вивчення бездротових пультів ручного управління для фрезерних станків з числовим програмним керуванням.	26.09.2022р.- 09.10.22р.	
4.	Проектування апаратної частини. Написання програмного забезпечення. Надання інструкцій щодо налагодження	10.10.2022р.- 31.10.2022р.	
5.	Подання на кафедру. Усунення недоліків. Оформлення пояснювальної записки. Написання додаткових розділів.	01.11.2022р.- 10.11.2022р.	
6.	Електронна версія доповіді, ілюстративний матеріал доповіді.	11.11.2022р.- 14.11.2022р.	

7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці			
Охорона навколишнього середовища			

8. Дата видачі завдання: 05 вересня 2022 року

Керівник дипломної роботи _____

Морозова І.В.

Завдання прийняв до виконання _____

Лисецький А.А.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: «Бездротовий пульт ручного управління для фрезерного станка з числовим програмним керуванням» містить: 71 сторінок, 44 рисунків, 2 таблиці, 10 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – Бездротовий пульт ручного управління для фрезерного станка з ЧПК

Мета роботи – проектування та програмування бездротового пульта ручного управління для фрезерного станка з ЧПК.

Предмет дослідження – застосування бездротового пульта ручного управління для фрезерного станка з ЧПК

Спроекований бездротовий пульт ручного управління для фрезерного станка з ЧПК

Матеріали дипломної роботи рекомендується використовувати при проведенні наукових досліджень, у навчальному процесі та в практичній діяльності при викладанні дисциплін.

Ключові слова: БЕЗДРОТОВИЙ ПУЛЬТ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ДАТЧИК, МОДУЛЬ, ARDUINO, ARDUINONANO, BLUETOOTH, ЧИСЛОВЕ ПРОГРАМНЕ КЕРУВАННЯ, ATMEGA328P, LCD 2004

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ЧПК – числове програмне керування

LCD – Liquid-crystal display, рідкокристалічний дисплей

АКБ – аккумуляторна батарея

БС – блок-схема

ПК – персональний комп'ютер

I2C – Inter-Integrated Circuit, послідовна асиметрична шина

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ЧИСЛОВЕ ПРОГРАМНЕ КЕРУВАННЯ – ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	5
1.1 Історія виникнення ЧПК.....	5
1.2 Фрезерні станки з ЧПК.....	7
1.3. Лазерні станки з ЧПК.....	10
1.4 Токарні верстати з ЧПК.....	15
1.5. 3D принтер.....	17
Висновок до розділу.....	19
РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ПЛАТ КЕРУВАННЯ ФРЕЗЕРНИХ СТАНКІВ З ЧПК ТА ПУЛЬТІВ.....	21
2.1 Узагальнений принцип роботи електроніки фрезерних станків з ЧПК.....	21
2.2. Інтерфейсна плата Arduino UNO + CNC Shield.....	23
2.3 Інтерфейсна плата Mach3.....	25
2.4 Інтерфейсна плата NC Studio.....	30
Висновок до розділу.....	35
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ БЕЗДРОТОВОГО ПУЛЬТА РУЧНОГО УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА З ЧПК.....	36
3.1 Схема побудови пристрою.....	36
3.1.1 Вибір плати керування.....	36
3.1.2 Вибір Bluetooth модуля.....	38
3.1.3 Вибір дисплею.....	39
3.1.4 Клавіатура.....	40

3.1.5 Акумулятор.....	42
3.1.6 Зарядний модуль для акумуляторної батареї.....	43
3.2 Побудова пульта.....	44
3.3 Розробка програмного забезпечення пульта.....	48
Висновок до розділу.....	52
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	53
4.1. Опис робочого місця та умов праці інженера	53
4.2. Перелік шкідливих та небезпечних чинників, що діють на інженера електронних систем.....	54
4.3. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів.....	54
4.3.1. Аналіз чинника недостатньої освітленості.....	54
4.3.2. Аналіз чинника електробезпеки.....	55
4.4. Пожежна безпека.....	56
Висновок до розділу.....	59
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	60
5.1. Захист від електромагнітних полів.....	60
5.2. Біологічна дія електромагнітного поля.....	60
5.3. Захист людини від електромагнітного поля.....	62
5.4. Гранично допустимі величини електромагнітної енергії.....	65
5.5. Вимоги до розміщення об'єктів, випромінюючих в навколишнє середовище електромагнітну енергію радіохвиль.....	66
5.6. Розрахунки.....	68
Висновок до розділу.....	71

ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73

ВСТУП

Розвиток технології машинобудування має здійснювати перехід до масового застосування високоефективних систем машин та технологічних процесів, що забезпечують комплексну механізацію та автоматизацію виробництва, технічне переобладнання його основних галузей.

Підвищення ефективності виробництва має здійснюватися шляхом його автоматизації та механізації, оснащення високопродуктивними верстатами з ЧПК, промисловими роботами. Розвитку прогресивних техпроцесів сприяє конструювання сучасних верстатних систем підвищеної якості та насамперед точності. У машинобудуванні точність особливо важлива підвищення експлуатаційних якостей машини. Призначення необхідної точності - відповідальне завдання конструкторів, та її технологічне забезпечення при найменших витратах - основне завдання технолога.

Кілька десятиліть тому автоматизація орієнтувалася на виробництва, що випускають великі кількості однакових деталей. Сьогодні стала можливою автоматизація виробництва виробів, що виготовляються у відносно невеликих розмірах. Технологічне обладнання, що забезпечує необхідну точність при високій продуктивності, оснащене системами ЧПК, автоматичним затискним оснащенням та системами зміни заготовок та інструменту.

Швидкість виробництва залежить не тільки від рівня автоматизації, класу верстату, а й від процесів які паралельно виконує людина: підготовка до роботи, обслуговування, калібрування, заміна заготовок. Тобто ті процеси які дуже важко автоматизувати, або автоматизація являється неможливою. В такому випадку повинні використовуватися пристрої, які зможуть полегшити працю людини при роботі зі станками з ЧПК.

Одним із таких пристроїв являються бездротові пульти ручного управління, які допомагають оператору швидше взаємодіяти зі станком з ЧПК, проводити налагоджувальні роботи з максимально можливим візуальним контактом, без жорсткої прив'язки до робочого місця. На ринку існує багато подібних систем, але всі вони наділені певними недоліками, які можуть навпаки тільки сповільнити

роботу в певних процесах. Саме тому на ринку потрібен пристрій, який буде позбавлений недоліків, і спростить використання і роботу з фрезерними станками з числовим програмним керуванням.

РОЗДІЛ 1.

ЧИСЛОВЕ ПРОГРАМНЕ КЕРУВАННЯ – ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Історія виникнення ЧПК

В сучасному світі дуже важко уявити будь-який завод, фабрику чи маленьке промислове виробництво без автоматизованого обладнання, яке швидко, точно, якісно виконує поставлену перед ним задачу. Таке обладнання пришвидшує випуск готової продукції і мінімізує ручну працю людини на виробничій лінії. Але щоб машина виконувала свою роботу без участі людини, потрібно її автоматизувати та «пояснити» що вона повинна робити. В цьому випадку на допомогу приходить числове програмне керування.

Числове програмне керування (скор. ЧПК; англ. computer numerical control - область техніки, пов'язана із застосуванням цифрових обчислювальних пристроїв для керування виробничими процесами.

Змінювані програми, нанесені на перфокарти за допомогою двійкового коду, використовувалися вже в жаккардовому ткацькому верстаті, створеному в 1804 році. На перфокартах було закодовано два можливі положення виконавчого механізму — опускаючи чи піднімаючи човник, можна було програмувати прості одноколірні візерунки.

У ХІХ столітті були розроблені механічні виконавчі пристрої на основі кулачкового механізму, схожі на використовувані в механічному піаніно. Хоча вони дозволяли плавно варіювати параметри руху інструментів, процес створення алгоритму обробки і вимагав створення повнорозмірних моделей деталі.

Винахідником першого верстата з електронним числовим управлінням (англ. Numerical Control, NC) є Джон Персонс (John T. Parsons), який працював інженером у компанії свого батька Parsons Inc., що випускала наприкінці Другої світової війни пропелери для гелікоптерів. Він вперше запропонував використовувати для обробки пропелерів верстат, що працює за програмою, що вводиться з перфокарт. Як привід вперше використовувалися крокові шукачі.

1949 року ВПС США профінансували Parsons Inc. розробку верстата для контурного фрезерування складних за формою деталей авіаційної техніки. Проте компанія не змогла самостійно виконати роботи та звернулася за допомогою до лабораторії сервомеханіки Массачусетського технологічного інституту (MIT). Співпраця Parsons Inc. з MIT тривало до 1950 року. У тому році MIT придбав компанію з виробництва фрезерних верстатів Hydro-Tel і відмовився від співпраці з Parsons Inc., уклавши самостійний контракт із ВПС на створення фрезерного верстата з програмним керуванням.

У вересні 1952 року верстат був вперше продемонстрований публіці - про нього було надруковано статтю в журналі Scientific American. Верстат керувався за допомогою перфострічки.

Перший верстат із ЧПУ відрізнявся особливою складністю і не міг бути використаний у виробничих умовах. Перший серійний пристрій ЧПУ створено компанією Bendix Corp. 1954 року і з наступного року почало встановлюватися на верстатах. Широке впровадження верстатів із ЧПУ йшло повільно. Підприємці з недовірою ставилися до нової техніки. Міністерство оборони США змушене було власним коштом виготовити 120 верстатів з ЧПУ, щоб передати їх в оренду приватним компаніям.

Числове програмне управління також притаманно систем управління сучасними промисловими роботами.

Абревіатура «ЧПК» відповідає двом англомовним - NC і CNC, - що відображає еволюцію розвитку систем керування.

Системи типу NC (англ. Numerical control), що з'явилися першими, передбачали використання жорстко заданих схем управління обробкою - наприклад, завдання програми за допомогою штекерів або перемикачів, зберігання програм на зовнішніх носіях. Будь-яких пристроїв оперативного зберігання даних, керуючих процесорів не передбачалося.

Більш сучасні системи ЧПК, які називаються CNC (англ. Computer numerical control), — системи управління, що дозволяють використовувати для модифікації

існуючих/написання нових програм програмні засоби. Базою для побудови CNC є сучасний (мікро)контролер або (мікро)процесор:

1. мікроконтролер
2. контролер із програмованою логікою
3. керуючий комп'ютер з урахуванням мікропроцесора

Існує багато видів станків з ЧПК. Їх використовують для обробки різних матеріалів. Класифікують їх за типом обробки, матеріалами, які вони можуть оброблювати, а також устаткуванням, яке на них встановлено. Можна виділити декілька найбільш популярних і найбільш поширених в індустрії видів станків з ЧПК:

1. Фрезерні
2. Лазерні
3. Токарні
4. 3D принтери

1.2 Фрезерні станки з ЧПК

Фрезерний верстат з ЧПК - апарат, що дозволяє швидко і якісно виготовити будь-які заготовки зі складними формами з будь-яких твердих матеріалів - деревини, металів, пластику та ін. Обладнання з ЧПК значно полегшує процес обробки виробів, знижуючи потребу в ручній праці до мінімуму.

Такий верстат може виконувати такі функції:

- Фрезерування.
- Точення за заданими параметрами.
- Розточування деталей.
- Зенкерування.
- Шліфування.
- Нанесення гравіювання.

Фрезерний верстат – це обладнання, яке здійснює гравіювання за допомогою контакту із заготовлею за допомогою різних фрез. Гравіювання відбувається шляхом

зняття невеликого шару матеріал з поверхні заготовлі. Дане обладнання забезпечує двовимірне гравіювання зображень та об'ємних малюнків.

Фрезерне обладнання використовується в таких галузях:

- меблеве виробництво;
- сувеніри;
- рекламні агенції;
- моделювання;
- декоративне гравіювання у ювелірній справі.

Фрезерно-гравірувальні верстати застосовують для гравіювання наступних типів матеріалів:

- дерево, вироби з деревини;
- фанера;
- пластик, карбонат;
- ПВХ, пінопласт;
- оргскло, акрил;
- камінь;
- м'який та твердий метал, сплави.



Рис. 1.1 Фрезерний станок з ЧПК

Комп'ютерні програми, розроблені для верстатів, повністю управляють процесом – від контролю за рухами обробного шпинделя до включення або вимкнення системи охолодження у разі потреби.

Фрезерний верстат з ЧПК має такі конструктивні особливості:

- Наявність станини, яка призначена для кріплення всіх механічних вузлів та систем пристрою.
- Робочий стіл, на який можна кріпити заготовку
- Пульти керування. Кріпиться на спеціальному кронштейні та в більшості верстатів може бути переміщений у найбільш зручне для оператора місце.
- Шпиндель. Ця деталь необхідна для забезпечення якісного затиску фрези та надання йому обертання.
- Портал, де закріплений шпиндель. Може переміщатися у різних напрямках в залежності від кількості осей у станка
- Магазин інструментів. Зміна фрез відбувається за командою софту, що управляє.

Блок керування верстатом – це серце пристроїв з ЧПК. Саме за допомогою цього вузла здійснюється все керування пристроєм. Функції керуючого блоку:

- Читання та обробка інструкцій, які вводить оператор.
- Розшифрування кодів.
- Інтерполяція (може бути лінійною, круговою чи спіральною). Потрібна для створення руху осей верстата.
- Передача команд з керування осями.
- Отримання та обробка сигналів зворотного зв'язку про положення та швидкості осей.
- Керування додатковими функціями – увімкнення та вимкнення охолоджувальної системи пристрою, зміна ріжучого інструменту, шпинделя тощо.



Рис. 1.2 Стійка управління фрезерним станком з ЧПК

Системи керування можуть бути двох типів:

- Закритими, тобто такими, що мають власні алгоритми та цикли роботи, про специфіку яких виробники не поширюють інформацію. Virізняются підвищеною надійністю.
- Відкритими. Програмне забезпечення таких пристроїв багато в чому повторює програму, встановлену на будь-який персональний комп'ютер. Їх перевагами є доступність і невелика вартість електронних компонентів, більшу частину яких можна знайти в будь-якому комп'ютерному магазині.

1.3. Лазерні станки з ЧПК

Лазерний верстат – це обладнання, що генерує стабільний промінь високої температури, який падає на поверхню оброблюваної заготовки малою світловою плямою з високою концентрацією енергії. У точці падіння лазер випалює матеріал і,

залежно від налаштувань пристрою, знімає з нього верхній шар або створює наскрізний різ.

Конструкція лазерного верстату:

- Координатний стіл
- Оптика
- Лазерна лампа
- Допоміжні пристрої
- Керуюча система

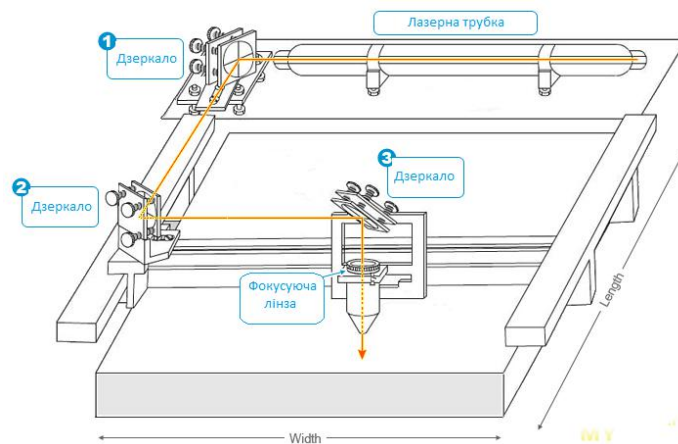


Рис. 1.3 Схема роботи оптики лазерного станка

Їх набору опцій буде достатньо, щоб розпочати невелику підприємницьку справу. У наступних сферах діяльності вони застосовуються:

- рекламне агентство, маркетинг;
- текстильна промисловість;
- сувенірне виробництво.

На граверах CO2 обробляють матеріали:

- шкіра;
- текстиль;
- дерево, деревна продукція;
- папір, картон та паперові вироби;
- пластик.

За принципом формування та транспортування променя верстати, які широко використовуються на виробництві, поділяються на три групи: CO₂-лазери, твердотільні та оптоволоконні лазери.

CO₂-лазери — пристрої, призначені для обробки всіх типів матеріалів, крім металів (з деякими з них промінь може взаємодіяти за умови нанесення на поверхню термопасти, але це скоріше виключення).



Рис. 1.4 Лазерний станок CO₂ з ЧПК

Формування лазерного потоку відбувається у герметичній скляній трубці з кількома відсіками. Об'єм основного заповнений сумішшю газів, яка чутлива до впливу електроімпульсів. Сама трубка з'єднана з високовольтним блоком розпалювання, що подає розряди і таким чином активує газ. Прийшовши в збуджену форму газове середовище починає випускати лазерні частинки, які поступово виходять із трубки стабільним потоком і потрапляють у дзеркало, що відображає, розташоване перед виходом. Цей рефлектор є першим із чотирьох лінз, що входять до оптичної системи газових лазерів. Цей комплекс призначений передачі потоку від трубки до поверхні матеріалу. Правильно налаштовані дзеркала відбивають промінь без втрат у потужності та швидкості. Останній рефлектор, що є увігнутою або опуклою лінзою, розміщений безпосередньо над робочою зоною і служить для фокусування лазера на площині в точку необхідного діаметра.

Твердотільний лазер видає досить довгі хвилі здатні гравіювати чисті метали, у тому числі каміння, шкіру або пластмаси, а також надзвичайно міцні сталеві вироби. Найчастіше дані верстати використовуються для маркування та гравіювання металевих деталей, панелей та інших типів об'єктів.

Верстат з твердотілим лазером, що має достатню потужність для роботи з металевими виробами та камінням, використовують їх у:

- великі та середні підприємства;
- підприємства у сфері ритуальних послуг з декоративної обробки каміння.

Такий тип верстатів застосовується для:

- маркування виробів із металів та інших сплавів;
- гравіювання металевих виробів;
- гравіювання кам'яних плит;
- виготовлення статуй та стел.



Рис. 1.5 Твердотілий лазерний станок з ЧПК

Оптоволоконні лазери - в першу чергу призначені для роботи з усією металевою групою матеріалів. Застосовуються також для гравіювання скла, каменю та різання двосторонніх пластиків.

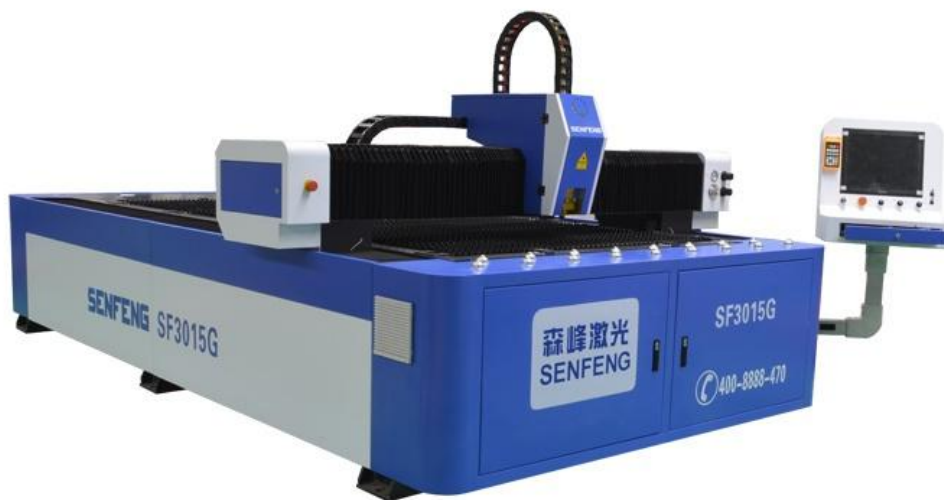


Рис. 1.6 Оптоволоконний лазерний станок з ЧПК

Лазерний потік утворюється в кабелі, довжина якого може сягати кількох десятків метрів. Серцевина троса виконана з прозорого кварцового волокна малого діаметра (близько 400-600 мкм) з покриттям, що легує. Навколо активного волокна розташована оболонка з хвилеводів накачування. Енергія, необхідна для початку процесу випромінювання лазерних частинок, надходить у хвилеводи та серцевину від зовнішніх джерел – діодних ламп, встановлених на корпусі верстата. Для посилення швидкості фотонів, їх потужності і підвищення інших якісних характеристик на кінцях волокна роблять насічки, змінюючи таким чином здатність матеріалу, що відображає, і перетворюючи його краї в оптичні резонатори.

Один з кінців кабелю розташований безпосередньо над лінзою, що фокусує. Потік, що виривається з волокна, потрапляє прямо на неї і звужується до потрібного розміру. Сама лінза встановлена в лазерній головці, що закріплена над робочим столом на рухомій каретці.

Подальша робота верстатів лазерного різання подібна до обох типів пристроїв. Керуюча програма, створена у графічному редакторі або системі тривимірного моделювання, завантажується на пам'ять верстата. Дані з неї зчитує контролер ЧПУ,

який перетворює цифрові коди на імпульси, що віддають команди кроковим двигунам або сервоприводам. Двигуни, у свою чергу, переміщують інструментальний портал, на якому закріплено головку з лазерним випромінювачем. У міру виконання команд від першої до останньої промінь пересувається по поверхні матеріалу, крок за кроком формуючи зображення або контур різку, що точно повторює комп'ютерну модель.

1.4 Токарні верстати з ЧПК

Токарні верстати з ЧПК застосовують при виготовленні виробів з циліндричними, сферичними та конічними поверхнями, використовуючи при цьому обробку точенням, а також операції із застосуванням свердлів, мітчиків, зенкерів та розгортки.

Точення є основним видом токарних робіт і має такі різновиди:

- зовнішнє обточування;
- внутрішня розточування;
- підрізування торців;
- прорізання канавок;
- відрізка.

Багатофункціональні токарні центри мають додатковий шпиндель фрезерний, який дозволяє виконувати всі види фрезерних робіт. Основні групи виробів, що виготовляються токаркою – це вали, втулки, плоскі тіла обертання, частини корпусів, фланці редукторів та ексцентрики.



Рис. 1.7 Токарний станок з ЧПК

Для великосерійного виготовлення простих деталей застосовують пруткові автомати чи спеціалізовані установки. А основне призначення токарних верстатів із програмним управлінням — одиничне та дрібносерійне виробництва виробів підвищеної складності.

Конструктивні особливості:

Станина – це зварена або лита конструкція для розміщення всіх інших механізмів. Вона встановлюється на віброопори або кріпиться анкерними болтами до бетонної підлоги цеху. На станині монтується передня бабка та горизонтальні напрямні.

Передня бабка – всередині неї знаходиться головний привід, коробка швидкостей та шпиндель. Для затискання заготовки використовується кулачковий патрон або планшайба, які кріплять на кінець шпинделя.

Задня бабка – розташована на поздовжніх напрямних перед передньою бабкою. Призначена для фіксації другого кінця заготовок або закріплення інструменту для роботи з циліндричними та конічними отворами.

Супорт – для позиціонування різця або поворотної інструментальної головки. До його складу входять каретка, поперечні санки, верхні санки, різцетримач і механізм, що забезпечує переміщення цих пристроїв.

Керування станком відбувається з спеціального пульта, в який попередньо повинна бути завантажена управляюча програма. На цьому пульті можна вибрати інструмент, визначити параметри закріпленої заготовки, підкорегувати параметри обробки.



Рис. 1.8 Пульта керування токарного станка

1.5. 3D принтер

3D-принтери все ширше використовуються як альтернатива традиційним методам промислового виробництва. За своєю конструкцією такі принтери нагадують офісні пристрої для друку паперових документів, тільки з додаванням третього вимірювання. На них можна роздрукувати об'єкти різних габаритів, технічних характеристик і призначення. Процес друку по ряду параметрів виходить набагато менш витратним і ефективнішим, ніж традиційне виробництво.

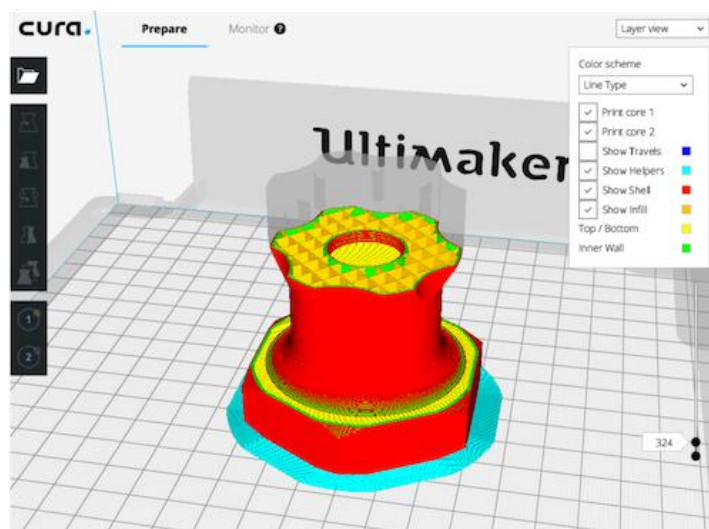


Рис. 1.9 Інтерфейс програми-слайсера

Керування процесом друку здійснюється через комп'ютер, на який завантажують 3d-модель майбутнього виробу. Саме на комп'ютері відбувається моделювання виробів, задаються їх габарити, форми та технічні параметри.

Завдання принтера полягає в тому, щоб перетворити ескіз з комп'ютера на матеріальний відчутний об'єкт. Незалежно від моделі пристрою та конкретної технології друку створення виробу відбувається пошарово. Робота здійснюється швидкими темпами і позбавлена негативного впливу людського фактора - там, де око або рука майстра могли б допустити похибку, принтер максимально точно відтворить отриманий від комп'ютера ескіз.



Рис. 1.10 3D принтер

Робота 3d-принтера по пластику полягає в тому, що витратні матеріали плавляться до рідкої консистенції. Витратний матеріал, тобто пластик, подається в пристрій у форматі литої трубки і розігрівається за допомогою екструдера (цим терміном фахівці позначають друкувальну головку принтера). Потім пластик розплавленої консистенції подається у потрібні місця через нижню частину екструдера.

Пристрої для друку по пластику набагато частіше використовуються в домашніх умовах або на підприємствах малого бізнесу, ніж для друку по металу. З

їх допомогою зручно виготовляти сувенірну продукцію, елементи інтер'єру, різноманітних макети, прототипи одягу та взуття.

Ця методика цінується за високу якість готової продукції та великі можливості її кастомізації, екологічність виробництва та мінімальну кількість відходів, різноманітність матеріалів та гранично швидке прототипування.

Усі моделі 3d-принтерів оснащені такими елементами:

- екструдером (тобто друкувальною головкою);
- робочою поверхнею, де безпосередньо відбувається друк;
- лінійним мотором, що приводить рухомі частини пристрою в рух;
- фіксаторами, які контролюють рух рухомих частин;
- рамою;
- картезіанським роботом, що пересувається по трьох осях координат.

Найбільш популярними технологіями 3d-друку є:

- FDM. Передбачає пошарове вирощування виробів із розплавленої пластикової нитки. Має великий потенціал виробництва товарів повсякденного споживання.

- SLA (стереолітографія). Базується на обробці фотополімерів лазерним промінням. Користується попитом у стоматології, науці та мистецтві.

- DLP. Цифрова обробка світлом відрізняється від SLA тим, що шари штампуються відразу по всій своїй площі, що прискорює процес друку.

- SLS. При селективному лазерному спіканні гранули сплавляються воедино під впливом лазера. Ця методика є зручною для створення об'єктів зі складною геометрією.

- Polyjet. Припускає вплив УФ-променів на полімери. Оптимальна для створення об'єктів із бездоганно гладкою поверхнею.

Висновок до розділу

За всю свою коротку історію існування верстати з ЧПК стали незамінним помічником для людей на фабриках, заводах, і навіть в малому бізнесі. Подібне

обладнання значно пришвидшило випуск готової продукції завдяки автоматизуванню більшості рутинних процесів. Також за часи розвитку ЧПК значно піднялась якість готової продукції, якої неможливо було досягнути при користуванні таким обладнанням вручну.

В даному розділі описана історія виникнення та розвитку ЧПК. Також були перелічені найпопулярніші види верстатів з ЧПК, та описано в яких цілях вони можуть застосовуватися

РОЗДІЛ 2

ОГЛЯД ПЛАТ КЕРУВАННЯ ФРЕЗЕРНИХ СТАНКІВ З ЧПК ТА ПУЛЬТІВ

2.1 Узагальнений принцип роботи електроніки фрезерних станків з ЧПК

Всі фрезерні станки з ЧПК мають подібну блок схему та загальний алгоритм роботи. На рис. 2.1 зображена блок схема на якій базуються всі фрезерні станки з ЧПК. В залежності від потреб, поставлених задач та особливостей конструкції механіки ця блок схема може доповнюватися додатковими модулями.

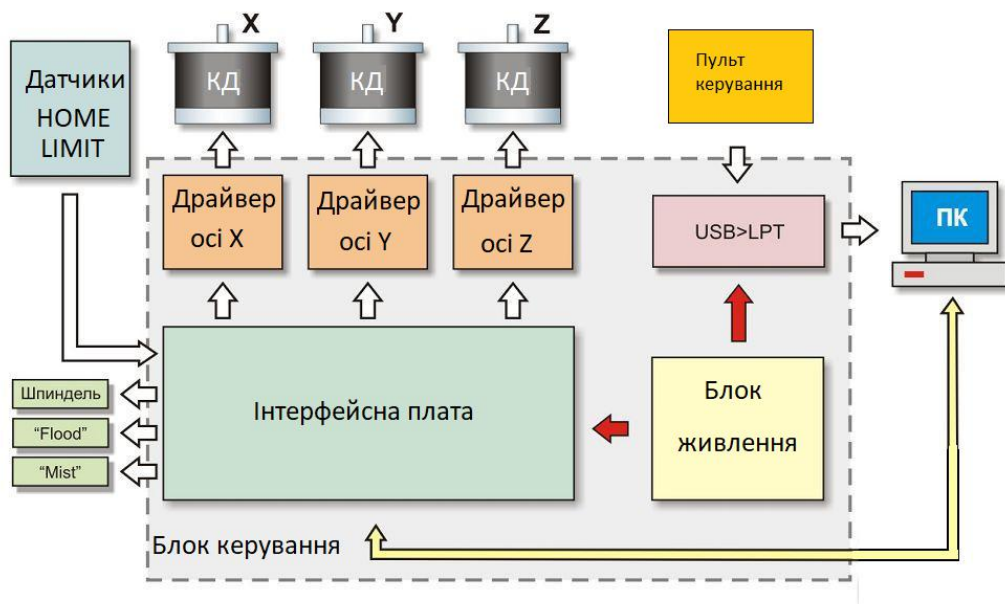


Рис. 2.1 Блок схема фрезерного станка з ЧПК

Основним мозком керування фрезерного станка з ЧПУ являється блок керування. В серці блоку керування лежить інтерфейсна плата. Саме вона виконує головну роботу по обробці даних і надання готової інформації на наступні модулі. З ПК на інтерфейсну плату приходять команди у форматі G-code. З рис 2.1 видно, що інформацію інтерфейсній платі може надавати не тільки ПК, а і пульт керування. Існує багато типів пультів керування, і в кожного з них різні призначення та функціонал. Пульт не може повноцінно замінити ПК з спеціалізованим софтом, а слугує як додатковий пристрій задля більш зручного користування станком. Існує можливість використовувати фрезерний станок з ЧПК без ПК, а тільки з

підключеним пультом керування. Але управляюча програма в форматі G-code повинна бути попередньо складена на ПК

```
3621 G00 Z55.000
3622 G00 Z55.000
3623 G01F50
3624 G01F25
3625 G00 X81.617 Y91.022
3626 G00 Z55.000
3627 G00 X81.617 Y91.022
3628 G00 Z35.000
3629 G01 X81.617 Y91.022
3630 G01 Z10.000
3631 G01 X81.614 Y90.725
3632 G01 Z10.000
3633 G01 X81.610 Y90.355 Z10.000
3634 G01 X81.606 Y89.989 Z10.000
3635 G01 X81.602 Y89.625 Z10.000
3636 G01 X81.598 Y89.266 Z10.000
3637 G01 X81.596 Y89.087 Z10.000
3638 G01 X81.594 Y88.910 Z10.000
3639 G01 X81.593 Y88.733 Z10.000
3640 G01 X81.591 Y88.558 Z10.000
3641 G01 X81.589 Y88.384 Z10.000
```

Рис. 2.2 Приклад G-code

В G командах прописано по яким координатам повинен переміщатися станок та з якою швидкістю. Плата оброблює ці команди і з певною частотою посилає точну кількість імпульсів на драйвери крокових двигунів, щоб ті в свою чергу здійснювали переміщення механіки станка по вісям. Драйверів крокових двигунів може бути різна кількість. Не рідко фрезерні станки комплектуються декількома кроковими двигунами на одну вісь задля унеможливлення перекосу механіки по одній із осей, а також якщо елементи механіки, які рухають крокові двигуни, мають зовелику вагу. Кількість двигунів та драйверів ще залежить від кількості вісей, по яким може відбуватися обробка.

Інтерфейсна плата також керує частотою обертів шпинделя. Інформація про оберти також приходить з ПК у вигляді G команди. Додатково плата може фіксувати непередбачену зупинку шпинделя та його перегрів. І в разі потреби може зупинити роботу всього станка.

Для того щоб інтерфейсна плата знала робочу зону станка, на його механіці встановлені кінцеві датчики HOME та LIMIT. Датчики HOME потрібні для того, щоб визначити початкову точку обробки. Від цієї точки можна встановити відносні координати, якщо обробка повинна починатися не від «механічного нуля». Датчики LIMIT призначені для аварійного обмеження роботи по максимальним точкам

робочої зони. Вони встановлюються не завжди, а тільки для страхування тому, що робочу зону станка можна визначити програмно відносно датчиків HOME.

На сьогоднішній день можна виділити декілька найбільш поширених інтерфейсних плат, такі як:

- Arduino UNO + CNC Shield
- Mach3
- NC Studio

Перша із списку плата зазвичай застосовується на фрезерних станках хоббійного типу. Всі інші плати відносяться до типу професіональних та промислових плат.

2.2. Інтерфейсна плата Arduino UNO + CNC Shield

Arduino UNO – це плата в основі якої лежить мікроконтроллер сімейства ATmega. Сама плата може використовуватися в різноманітних цілях та проектах. Обладнавши її модулем CNC Shield можна перетворити її на повноцінну інтерфейсну плату для фрезерного станка з ЧПК. Плюсом такої збірки є простота користування, гнучкість прошивки та відкритий код.

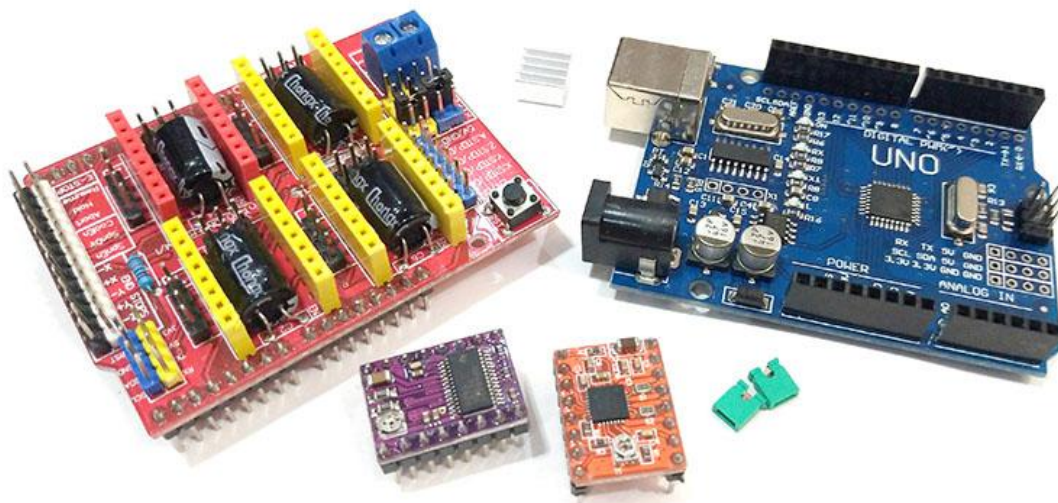


Рис. 2.3 Інтерфейсна плата Arduino UNO та CNC Shield

Характеристики комплекту:

- сумісний з прошивкою GRBL та стандартним G-кодом;

- кількість осей: до 4 (X, Y, Z, A);
- до 6-ти кінцевих вимикачів;
- керування шпинделем (включення, напрям обертання, охолодження) або іншим виконавчим пристроєм;
- драйвери крокових двигунів: A4988, DRV8825 або аналогічні;
- інтерфейси: UART, I2C
- Напруга живлення: 12 ... 36В;
- розміри – 65×55×20 мм;
- вага - 32 г.

З характеристик видно що дана плата підтримує прошивку GRBL. Grbl - це стандартизована бібліотека для завантаження в різні контролери. Після завантаження програми та складання всіх складових стандартизованої електричної схеми, можна налаштовувати програму управління діями CNC-верстата на комп'ютері. Налаштування зводиться до підстроювання фізичних параметрів вашого верстата та крокових двигунів. Це, наприклад, приведення кроків двигунів до відстані переміщення каретки верстата по кожній осі в міліметрах. Так само в подібній програмі можна повернути і прогнати двигуни по всіх осях окремо, щоб підлаштувати механіку. В якості програми управління на ПК можна використовувати Universal G Code Sender. Дана програма оснащена базовим функціоналом (переміщення по осям, визначення координат, виконання управляючої програми). Ця програма не наділена професійними інструментами та не може виконувати складні та вузькоспеціалізовані задачі, а служить тільки для візуалізації та передачі G-code команд.

Через особливості конструкції і специфіку роботи дану плату неможливо обладнати пультом керування. Вона може приймати команди виключно через USB порт від ПК.

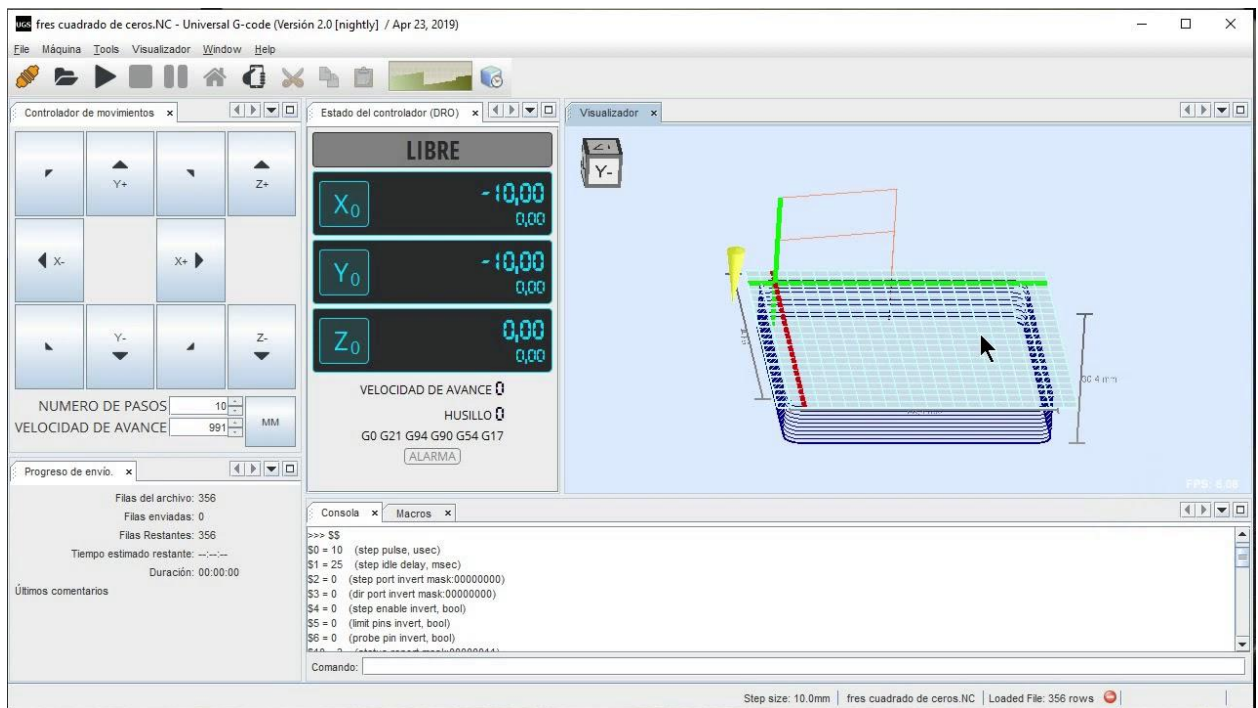


Рис. 2.4 Інтерфейс Universal G Code Sender

2.3 Інтерфейсна плата Mach3

Інтерфейсна плата Mach3 використовується в більш професійних фрезерних станках з ЧПУ, і може бути обладнана різними типами драйверів крокових двигунів. На відмінну від плати Arduino UNO, вона спілкується з ПК через LPT порт, що дає більш стабільну та надійну роботу.

Інтерфейсна плата Mach3 дозволяє підключити до п'яти драйверів управління кроковими або серво двигунами до ПК, оснащеного портом LPT. Вона розподіляє сигнали від LPT порту на клеми плати, таким чином, полегшуючи підключення драйверів.

Основні характеристики:

- Повна підтримка програми MACH3, LinuxCNC і інших комп'ютерних програм призначених для управління верстатом за допомогою паралельного LPT порту.
- Підтримує до 5-ти осей управління.
- Наявність роздільного живлення цифрової частини (від USB або зовнішнього джерела +5В) і периферійних пристроїв (від зовнішнього джерела +12-24В), для захисту комп'ютера.

- Широкий діапазон вхідної напруги для живлення периферійних пристроїв від +12 до +24В, анти-реверсна функція.
- Оптоізоляція усіх вхідних сигналів для захисту комп'ютера.
- Наявність реле для управління шпинделем. Вихідний порт P17.
- Оптоізований вихід аналогового перетворювача з напругою 0 - 10В для управління швидкістю обертання шпинделя. Вихідний порт P1.
- Наявність 17 портів, які можуть працювати з оптоізованими входами драйверів управління кроковими або серво-двигунами.
- Вихідний порт P1 можна використати як вихід ШИМ (PWM) для управління з шпинделем з оптоізованим входом.
- Можна підключати в схеми із загальним катодом або загальним анодом і напругою сигналу до +5 В.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення цифрової частини: 5В
- Максимальний споживаний струм цифрової частини: 500мА
- Напруга живлення периферії: 12-24В
- Комутаційна здатність реле: 8А / 25V AC
- Клас захисту: IP20
- Вага: 63г
- Зовнішні габарити: 70x90x20 мм

В комплекті з даною платою виробник постачає спеціалізоване програмне забезпечення для обміну інформацією із платою. Даний софт має широкий функціонал, тонке налаштування робочого процесу, а також можливість коригування параметрів станка. Mach3 дозволяє відправляти на плату базові G команди без попередньої підготовки в сторонньому ПЗ. Також даний комплекс має можливість продовжувати роботу після непередбачуваних ситуацій, такі як: відключення електропостачання; пошкодження ріжучого інструменту і продовження роботи після його заміни; втрата зв'язку ПК з інтерфейсною платою

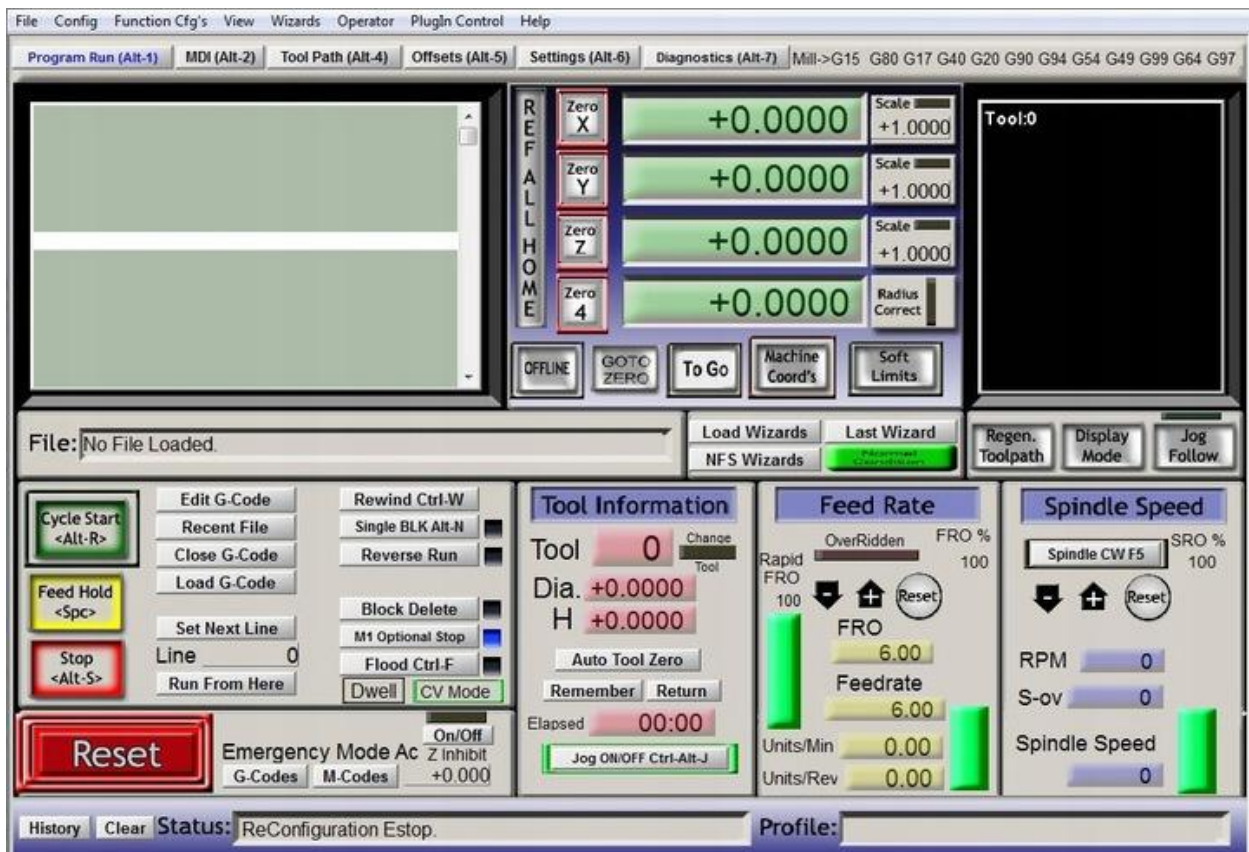


Рис. 2.5 Інтерфейс MACH3

Дана інтерфейсна плата може доукомплектуватись декількома типами пультів керування. Вони відрізняються інтерфейсом підключення, функціоналом та ціною. Можна виділити декілька популярних моделей пультів:

- RMPG14
- Machifit
- LNB04

Пульт RMPG14 підключається безпосередньо до інтерфейсної плати Mach3 і може керувати станком без ПК. По своїй суті даний пульт виступає генератором імпульсів для крокових двигунів. З функціоналу даний пульт має 2 перемикача які відповідають за вибрану вісь переміщення та множник кроків, і енкодер, яким можна регулювати кількість кроків, на яку повинен переміститися станок по вибраній осі. Даний пульт призначений лише для холостого переміщення по осям і безпосередню участь в роботі не бере. Даний пульт не має зворотного зв'язку, тому він не відображає на яких координатах в даний момент знаходиться робочий інструмент.



Рис. 2.6 Пульт PMPG14

Пульт Machifit має трохи більший функціонал. На відмінну від попереднього пульта, він має USB інтерфейс і підключається до комп'ютера. Замість енодера даний пульт має джойстик, який відповідає одразу за декілька функцій: вибір площини переміщення; задання швидкості переміщення в залежності від кута нахилу джойстика; напрямок переміщення. Також Machifit має можливість вмикати та вимикати шпиндель і регулювати його оберти. З додаткових функцій даний пульт вміє запускати попередньо завантажену управляючу програму, коригувати швидкість обробки та має кнопку аварійної зупинки.



Рис. 2.7 Пульт Machifit

Пульт Machifit також немає зворотного зв'язку, і не може відображати робочі координати чи іншу корисну інформацію в ході роботи.

Пульт LHB04 вважається більш професійним, та має широкий функціонал. Має інтерфейс USB та підключається до ПК. Він оснащений дисплеєм та має зворотній зв'язок з ПК. На цьому пульті доступні такі функції:

- Переміщення по осям
- Вибір кроку переміщення
- Відображення механічних координат
- Відображення робочих координат
- Запуск/зупинка управляючої програми
- Керування шпинделем
- Задання відносного нуля
- 5 кнопок для запису макросів
- Кнопка аварійної зупинки

Недоліком даного пульта можна вважати те, що він має дротовий інтерфейс, і зона його використання обмежена довжиною кабелю.



Рис. 2.8 Пульт LHB04

2.4 Інтерфейсна плата NC Studio

Система управління NC-Studio являє собою комплект плати управління, шнура передачі даних і плати розв'язки. Плата встановлюється в слот PCI комп'ютера (на материнські плати розмірів ATX та miniATX). До плати розв'язки безпосередньо підключаються драйвери двигунів, всі датчики, та частотний перетворювач для шпинделя.

Технічні характеристики:

- Інтерфейс підключення до комп'ютера: PCI
- Наявність опторозв'язки: присутній
- Кількість осей управління: 3-6
- Кількість датчиків, що підключаються: 3-6
- Частота STEP: до 47000 Гц
- Наявність екрану: немає
- Сумісність із версіями NC-Studio: v5.4.49, v5.5.55/60
- Вага: 405 г



Рис. 2.9 Інтерфейсна плата NC-Studio

Разом з інтерфейсною платою виробник постачає власне програмне забезпечення для роботи з платою

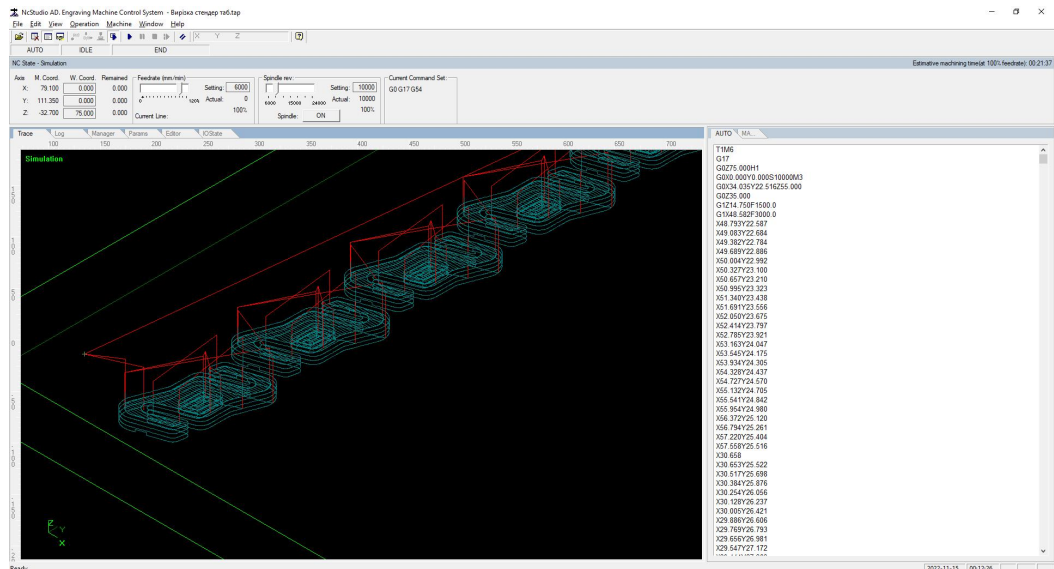


Рис. 2.10 Інтерфейс програми NC-Studio

Особливості NC-Studio:

- Зрозумілий інтерфейс
- Зручна графічна оболонка
- Можливість віртуальної симуляції керуючої програми та точний прорахунок часу виконання зданої керуючої програми
- Сумісність з Solid Works, Type 3, ArtCam і т. п.
- Захист від несанкціонованої зміни налаштувань
- Можливість відновити роботу з останньої точки при аварійній ситуації чи відключенні мережі
- Редагування G-code
- Зміна параметрів обробки в ході виконання керуючої програми

Програмне забезпечення NC-Studio має такі мінімальні системні вимоги:

- Операційна система: Windows XP (SP2);
- Процесор: Intel 2 ГГц або аналогічний Athlon X2;
- Оперативна пам'ять: 1 ГБ;
- Жорсткий диск: 10 ГБ вільного місця;
- Відеокарта: з відеопам'яттю 128 МБ;
- Привід: DVD

Так як плата NC Studio є невід'ємною частиною ПК, і не може бути автономною, пульти керування також підключаються до ПК і безпосередньо взаємодіють з програмним забезпеченням плати, а не з апаратною частиною.

В більшості випадків пульти керування мають бездротовий інтерфейс. На ринку можна виділити декілька основних моделей пультив керування:

- WHB02
- ShuttlePro

Пульт WHB02 відноситься до бюджетної лінійки пультив. Ця модель сумісна з контролерами, що працюють із програмою NCStudio 5.x.x та 8.x.x. WHB02 дозволяє керувати 3 осями верстата. За допомогою функцій запуску, зупинки та обробки живлення можна регулювати зупинку шпинделя. Підтримує до 64 пристроїв в одному приміщенні. Дальність зв'язку становить 60 м (пряма видимість). На тильній стороні корпусу знаходяться 4 прогумовані ніжки та магніт, який дозволяє монтувати пристрій на вертикальні металеві поверхні. Живлення пульта – 2 батарейки AAA.

Особливості:

- Автоматичне перемикання частоти при шумі Функція пуску / паузи
- Функція регулювання руху по осях X, Y, Z
- Функція тонкого налаштування осей X, Y, Z
- Функція очищення даних осей X, Y, Z
- Функція плаваючого інструменту
- Функція увімкнення / вимкнення шпинделя

Технічні характеристики:

- Виробник: Chengdu Xinhecheng Technology Co.,Ltd.
- Модель: WHB02
- Тип: бездротовий
- Кількість осей управління: 3
- Живлення: 2 батареї AAA
- Смуги частот: ISM, 443MHZ RF TX

- потужність: 10 DB
- Чутливість приймача: -98 DB
- Кількість функціональних кнопок: 31
- Дальність зв'язку: 60 м (пряма видимість) :
- Сумісний з NCStudio 5.x.x та 8.x.x
- Габаритні розміри: 145x76x24 мм
- Вага: 145 г



Рис. 2.11 Пульт WHB02

ShuttlePro - бездротовий пульт для верстата з ЧПУ, що працює під управлінням програми NC Studio. Пульт використовує частоту 2.4 ГГц (64 канали з кроком в 1 МГц), і працює по заводській протоколу, що передбачає роботу в сильно зашумленому середовищі. Вбудовані алгоритми дозволяють адаптивно змінювати несучу частоту, щоб уникнути роботи в одному діапазоні з іншим бездротовим обладнанням. Пульт підключається до ПК як HID-сумісний пристрій і імітує натискання відповідних клавіш і кнопок в NC Studio, при цьому сигнали пульта передаються безпосередньо в NC Studio незалежно від активної програми

Технічні характеристики:

- Дальність дії: 40 м
- Живлення: 1.5-3 В (елементи АА, 2 шт)
- Споживання струму пультом: трохи більше 2мА
- Сумісні версії NC Studio: Nc Studio 5.xx, Nc Studio 8.xx
- Швидке перемикання X, Y, Z, A, швидкість шпинделя, Feed rate
- Колесо РГІ: 50 імп/оборот
- Середня тривалість роботи до зміни батарей 2 міс. (Для елементів 2000мАч)



Рис.2.12 Пульт ShuttlePro

Даний пульт оснащений дисплеєм для відображення поточної інформації щодо стану верстату. З рис 2.12 видно, що пульт може відображати механічні координати та робочі координати верстату. На рисунку зображена можливість візуально контролювати зміну параметрів шпинделя та робочої подачі інструменту, що дозволяє оператору точно розуміти які параметри виставлені на даний момент, без необхідності звертатися до ПК.



Рис. 2.13 Додаткове меню пульта ShuttlePro

Недоліком даного пульта можна вважати те, що він сумісний тільки з інтерфейсними платами NC Studio, і не може працювати з платами від інших виробників.

Висновок до розділу

Прогрес не стоїть на місці. З кожним днем все обладнання яке використовується в промисловості значно покращується, вдосконалюється, та доповнюється додатковими функціями та можливостями. На сьогоднішній день існує велика кількість інтерфейсних плат на яких базується числове програмне керування станками з ЧПК. Вони відрізняються ціною політикою, функціоналом, можливостями, а також можуть застосовуватися в різних галузях відповідно до потреб.

Звісно, використання бездротових пультів для інтерфейсних плат значно полегшує та пришвидшує роботу з фрезерними станками. Але більшість пультів керування мають дротовий інтерфейс підключення. З цього випливає основний недолік їх використання. А якщо дрот короткий ніж відстань від ПК до фрезерного станка, взагалі втрачається сенс його використання.

На ринку існують бездротові пульти керування, але вони заточені виключно під керування лише станками які обладнані певними платами. Ці пульти не універсальні. Це і є їх основним недоліком

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ БЕЗДРОТОВОГО ПУЛЬТА РУЧНОГО УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА З ЧПК

3.1 Схема побудови пристрою

Для того щоб реалізувати бездротовий пульт ручного управління для фрезерного станка з ЧПК потрібно визнати які задачі він повинен виконувати, а саме:

- Бути універсальним для багатьох інтерфейсних плат
- Мати бездротовий зв'язок з ПК по протоколу Bluetooth
- Повинен бути обладнаний дисплеєм для візуального контролю за параметрами станка оператором
- Мати достатньо кнопок для реалізації всіх необхідних функцій керування станком

Опираючись на вказані вимоги можна скласти блок схему показану на рис 3.1

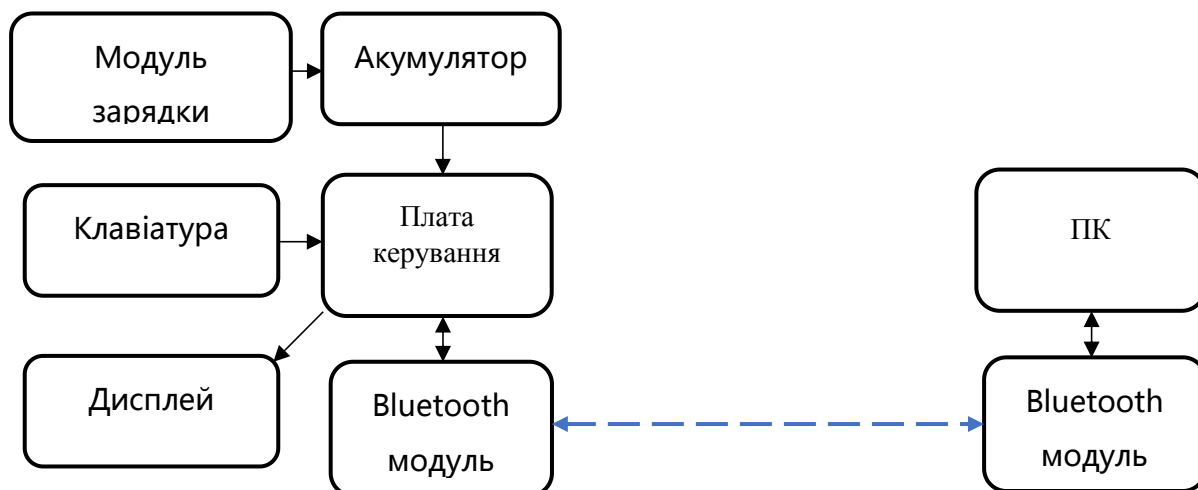


Рис. 3.1 Блок схема бездротового пульта

3.1.1 Вибір плати керування

Даний пульт не буде виконувати складних прорахунків, тому для пульта ідеально підійде плата сімейства Arduino. При побудові пульта важливу роль відіграють його габарити. Тому при виборі плати також потрібно вибирати найбільш

компактну. Найбільш компактною платою з сімейства Arduino є плата Arduino Nano v3.

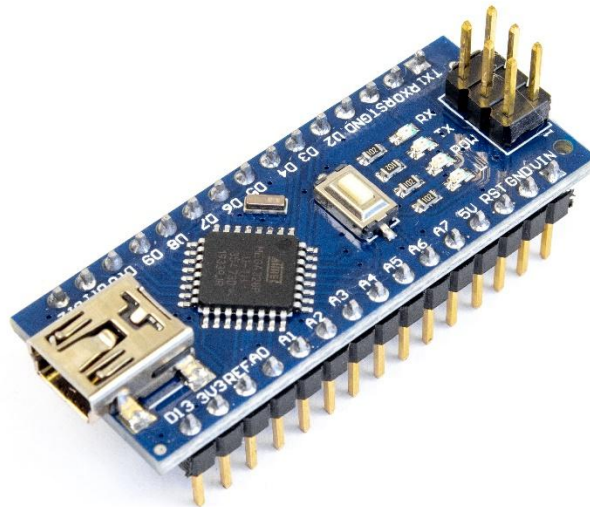


Рис. 3.2 Arduino Nano v3

Технічні характеристики:

- Мікроконтролер: ATmega328P;
- Споживання мікроконтроллера : 3 мА
- Робоча напруга: 5В;
- Тактова частота: 16МГц;
- Вхідна напруга живлення: 5-12В;
- Цифрові входи/виходи: 14 (6 з яких ШІМ);
- Аналогові входи: 6;
- Максимальний струм одного виходу: 40мА;
- Максимальний струм одного виходу: (3.3В): 50мА;
- Інтерфейси: I2C/TWI, SPI, UART, PWM;
- USB-перетворювач: CH340G;
- Flash-пам'ять: 32Кб;
- Оперативна пам'ять (SRAM): 2Кб;
- EEPROM-пам'ять: 1Кб;
- Розмір: 44.6x17.8x7мм;
- Вага: 6г.

Дана плата має достатню кількість виходів на борту для підключення модулів Bluetooth, клавіатури та дисплею. Об'єму Flash-пам'яті достатньо для того щоб вмістити прошивку.

3.1.2 Вибір Bluetooth модуля.

На ринку представлено велика кількість Bluetooth модулів для плат Arduino. Але всі вони побудовані на базі чіпу BC417. Найбільш поширеними модулями на ринку є модулі HC-03, HC-04, HC-05, HC-06. Дані модулі мало чим відрізняються. В основному вони відрізняються лише ревізіями та виправленими помилками в роботі самих модулів. Більш ранні моделі могли втрачати зв'язок з відповідним модулем через недосконале програмне забезпечення самого модуля. Тому при виборі модуля потрібно обирати найбільш свіжий, для того щоб робота пульта була більш стабільною, та не викликала незручностей його використання. Найсвіжішим модулем з даної лінійки є модуль HC-06

Технічні характеристики модуля HC-06

- Чутливість -84 дБ
- Потужність передавача +4дБм
- Низьке енергоспоживання
- UART інтерфейс із програмованою швидкістю
- Вбудована антена
- Тип модуляції GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying)
- Швидкість передачі асинхронному режимі 2.1Mbps(Max) / 160 kbps
- Швидкість передачі у синхронному режимі 1Mbps/1Mbps
- Живлення 3.3...6В 5мА
- Робоча температура -20 - +70 ° С
- Розміри 37мм x 15мм x 3мм

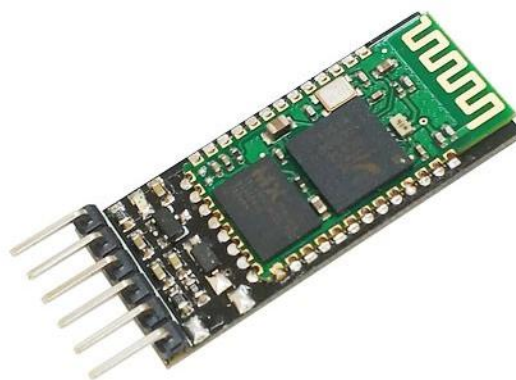


Рис. 3.3 Bluetooth модуль HC-06

3.1.3 Вибір дисплею

Для плат Arduino існують 2 види дисплеїв: графічні та символні. Бездротовий пульт повинен показувати лише текстову інформацію, тому задля економії оперативної пам'яті та обчислювальної потужності контролера потрібно вибирати символний дисплей. Також немало важливим фактором при виборі дисплею являється кількість інформації, яку потрібно відобразити, і кількість інформації, яку може відобразити сам дисплей. Для даного пульта ідеально підійде символний дисплей LCD 2004 I2C.

Характеристики:

- чіп конвертера I2C: PCF8574A
- кількість символів в рядку: 20
- кількість рядків: 4
- підтримка кирилиці: відсутня.
- колір фону - синій, колір символів - білий
- контраст налаштовується підлаштовним резистором зі зворотного боку

плати

- живлення: 5В 10мА
- розміри точки: 0.55 x 0.55 мм
- крок точки: 0.60 x 0.60 мм
- розміри символу: 2.96 x 4.75 мм
- розміри: 98 x 60 x 20 мм

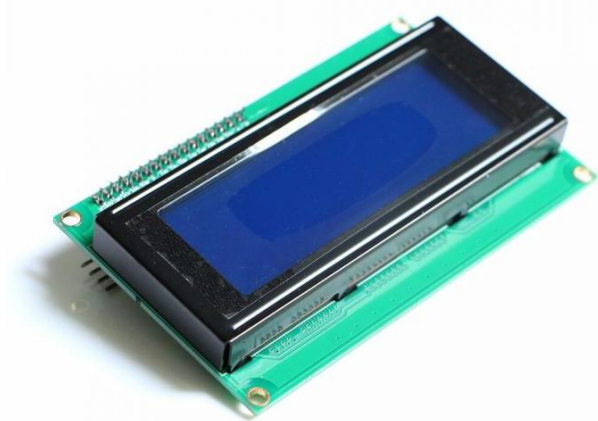


Рис. 3.4 LCD 2004 I2C

Даний дисплей облаштований конвертером I2C PCF8574A, що надає змогу зекономити кількість виводів плати Arduino. При стандартному підключення LCD дисплею використовується 6 виводів плати Arduino. При підключенні через конвертер I2C використовується лише 2 виводи, що спрощує спосіб підключення та підвищує швидкодію самого контролера.



Рис. 3.5 Конвертер PCF8574A

3.1.4 Клавіатура.

Даний пульт повинен вміщати достатню кількість кнопок для того щоб реалізувати велику кількість функцій так як:

- Переміщення по осям
- Вибір кроку переміщення

- Запуск/зупинка управляючої програми
- Керування шпинделем
- Задання відносного нуля
- Кнопки для запису макросів
- Кнопка аварійної зупинки

Для реалізації всіх функцій на борту пульта повинно бути не менше 16 кнопок. Якщо використовувати окремі кнопки, то їх монтаж та підключення буде дуже складним. Також кількості виводів контролеру не вистачить для їх підключення. Для таких цілей доцільніше використовувати матричні клавіатури. Існує 2 види матричних клавіатур: мембранні та механічні. Механічні клавіатури з своєю конструкцією дуже габаритні, що не дає змоги використовувати їх в подібних девайсах. Більш раціонально використовувати мембранні матричні клавіатури. Для даного пульта підійде мембранна клавіатура на 16 кнопок.



Рис. 3.6 Мембранна матрична клавіатура

Дана клавіатура виконана в форматі 4x4 кнопки та підключається шлейфом з 8 дротів до плати Arduino.

Технічні параметри модуля:

- Розміри: 68×77×0,8 мм
- Робоча напруга: до 12 В
- Опір ізоляції: >100 МОм

- Опір контактів: <200 Ом
- Ресурс: 1 мільйон натискань
- Робоча температура: від 0 до +70 градусів.
- Допустима вологість: 90%-95%, 240 годин
- Вага: 10 г

Її вистачить для реалізації всіх функцій, і завдяки своїм габаритам вона не займе багато місця. Ресурсу кнопок повинно вистачити на декілька десятків років активної експлуатації.

3.1.5 Акумулятор

Для того щоб пульт був автономним, він повинен бути обладнаний акумулятором. Даний девайс повинен витримувати декілька днів активної експлуатації без додаткового підживлення. Для вибору потужності АКБ, потрібно провести розрахунок споживання всієї схеми. Провести розрахунок потужності P можна за допомогою формули:

$$P = IU \quad (3.1)$$

де I – сила струму; U – напруга.

Arduino Nano живиться від напруги в 5 Вольт з силою струму 3мА, тому:

$$P = 5B \times 0.003A = 0.015 \text{ Wam/год} \quad (3.2)$$

Bluetooth модуль живиться від напруги в 5 Вольт з силою струму 5мА, тому:

$$P = 5B \times 0.005A = 0.025 \text{ Wam/год} \quad (3.3)$$

Дисплей живиться від напруги в 5 Вольт з силою струму 10мА, тому:

$$P = 5B \times 0.01A = 0.05 \text{ Wam/год} \quad (3.4)$$

Вцілому схема споживає:

$$P_{\text{заг}} = P_1 + P_2 + P_3 = 0.015 + 0.025 + 0.05 = 0.09 \text{ Wam/год} \quad (3.5)$$

де P_1 - потужність Arduino Nano; P_2 – потужність Bluetooth модуля; P_3 – потужність дисплея.

З розрахунку на тиждень безперервної роботи пульт використає:

$$0.09 \text{ Wam/год} \times 168 \text{ год} = 15,12 \text{ Wam} \quad (3.6)$$

Тому номінальна ємність акумулятора повинна бути більшою ніж 15,12 для забезпечення даної автономності. На сьогоднішній день найбільш поширеними акумуляторами є Li-ion акумулятори. Вони по відношенню ємність, габарити, ціна найвигідніші на ринку. Номінальна напруга Li-ion акумуляторів 3,7 Вольт. Тому для того щоб забезпечити потужність 15,12 Ват, потрібно щоб ємність акумулятора була не менше ніж 4А/год. Найбільш поширеними та легкодоступними на ринку є акумулятори типорозміру 18650. Для пульта було обрано збірку з двох паралельно підключених акумуляторі 18650 ємністю 2,2 А/год.



Рис. 3.7 АКБ Samsung ICR18650

3.1.6 Зарядний модуль для акумуляторної батареї

При виборі зарядного пристрою для АКБ потрібно враховувати такі фактори, як ємність акумуляторної батареї, струм заряду, напруга заряду. Ємність даної акумуляторної батареї становить 4,4 А/год. Для швидкої зарядки модуль повинен видавати мінімум 2 А/год на акумулятор. Враховуючи той факт що всі модулі пульта живляться від 5 Вольт, а акумуляторна батарея має напругу 3,7 Вольт, зарядний пристрій також має перетворювати напругу акумулятора в напругу живлення компонентів.

Для живлення та зарядки пульта підійде зарядний модуль TP4056. Він має широкий діапазон вхідних та вихідних напруг, що дасть змогу ідеально підлаштувати його під висунуті потреби. Вихідна напруга на даному модулі регулюється пермінним резистором VOUT.

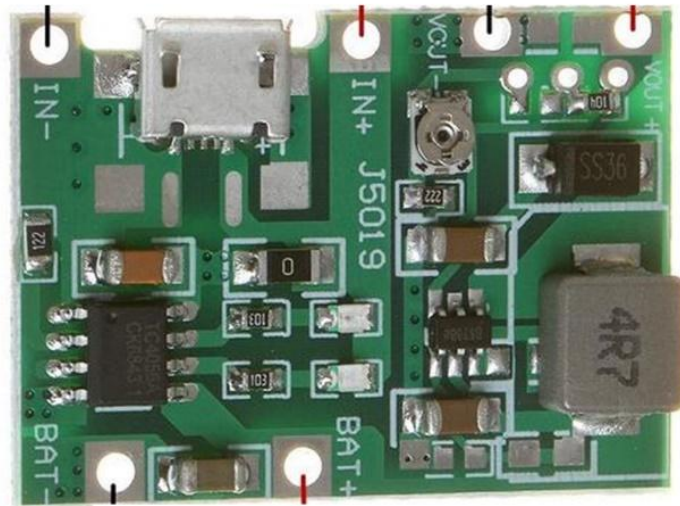


Рис. 3.8 Зарядний модуль TP4056

Технічні характеристики:

- Чіп: TP4056
- Роз'єм: micro USB
- Вхідна напруга: 4,5 - 8 В
- Вихідна напруга: 4,3-27 В
- Струм заряду: 2 А
- Струм розряду: до 2 А короткочасно (5В - 1,4А, 9В - 0,8А, 12В - 0,6А)
- Напруга вимикання заряду: 4,2 В
- Індикація: червоний та синій світлодіоди

Вихідна напруга на даному модулі регулюється пермінним резистором VOUT.

3.2 Побудова пульта

Для правильного з'єднання всіх комплектуючих потрібно звертатися до схем розпіновки всіх модулів.

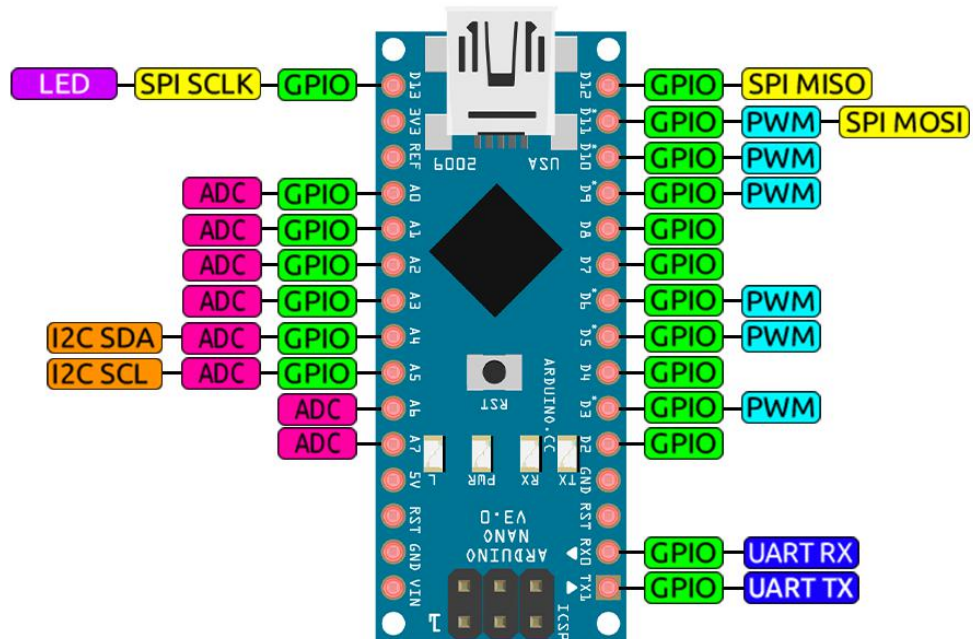


Рис. 3.9 Розпіновка виходів плати Arduino Nano

З рис 3.9 видно що в плати Arduino Nano є тільки один порт I2C, який реалізований на виходах A4 та A5, та один порт UART, який реалізований на виходах RX та TX. До порту I2C буде підключений дисплей, а до порту UART буде підключений модуль Bluetooth.

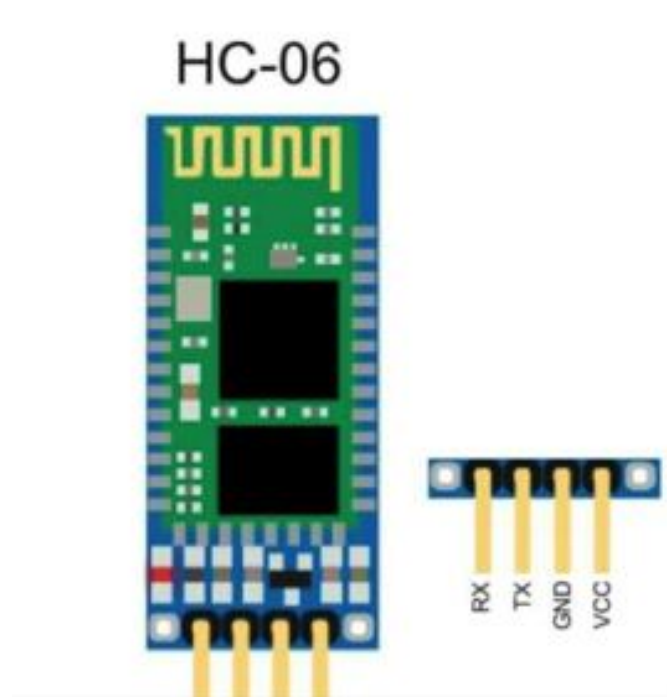


Рис. 3.10 Розпіновка виходів модуля HC-06



Рис. 3.11 Розпіновка виходів LCD 2004 I2C

Всі інші виходи можна використовувати для підключення матричної клавіатури. Для зручності монтажу краще використовувати виводи які знаходяться підряд один за одним. Живлення самої плати позначено VIN та GND, що означає +5 Вольт та Земля відповідно. Від виходів +5V та GND можна живити зовнішні модулі.

Схема підключення модуля Bluetooth показана на рис 3.12 .

Підключення пінів Bluetooth модуля до плати Arduino:

RX – TX

TX – RX

GND – GND

VCC – +5V

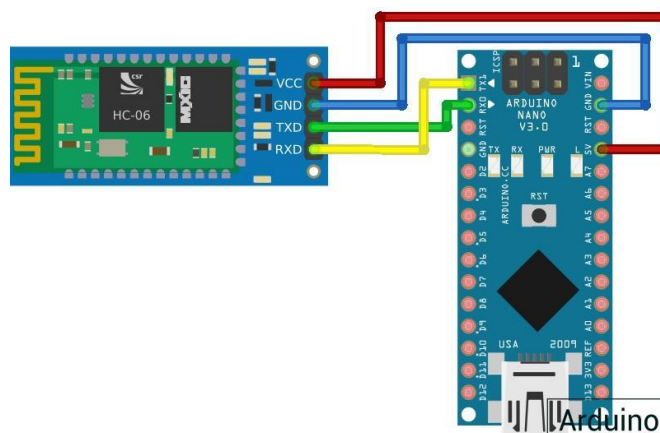


Рис 3.12 Схема підключення HC-06 до плати Arduino Nano

Схема підключення LCD 2004 I2C показана на рис 3.13

Підключення пінів LCD 2004 I2C до плати Arduino Nano:

SCL – A5

SDA – A4

VCC – +5V

GND – GND

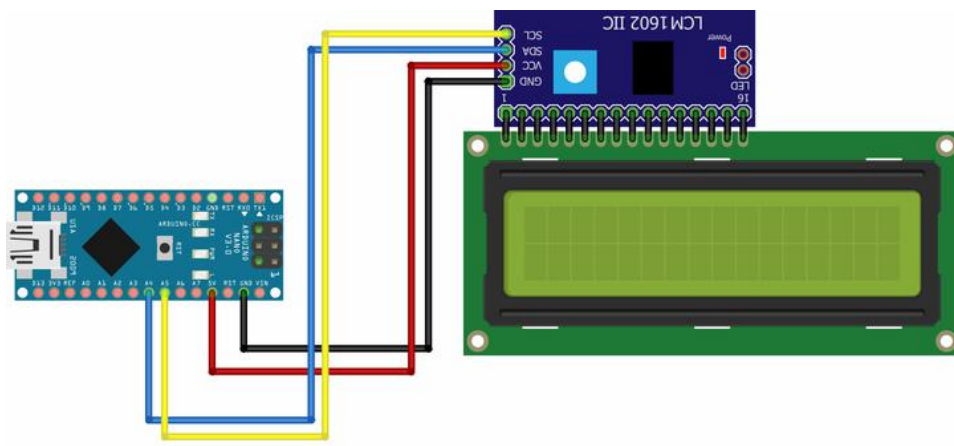


Рис. 3.13 Схема підключення LCD 2004 I2C до плати Arduino Nano

Для підключення клавіатури до плати потрібно використовувати цифрові входи. Плата Arduino Nano має 11 цифрових входів від D2 до D12. Матрична клавіатура має 8 виходів, тому потрібно використати 8 входів Arduino Nano. Для клавіатури будуть використовуватися входи D2 – D9.

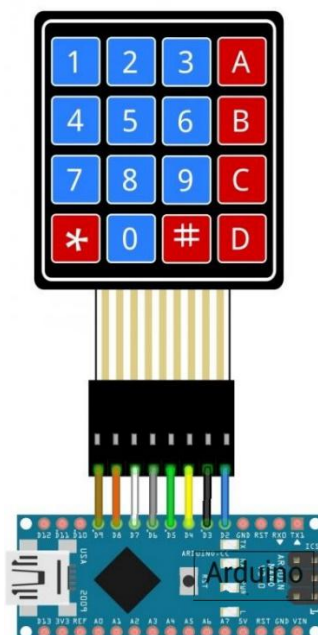


Рис. 3.14 Схема підключення матричної клавіатури до плати Arduino Nano

Для живлення всієї схеми потрібно підключити зарядний модуль та акумулятори до входів VIN та GND Arduino.

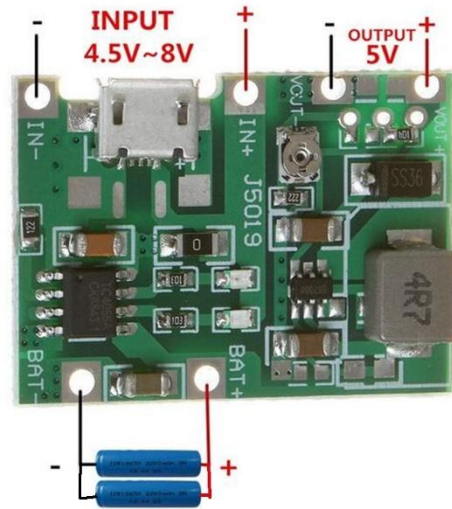


Рис. 3.15 Підключення зарядного модуля та АКБ

Загальна принципова схема бездротового пульта зображена на рис 3.16

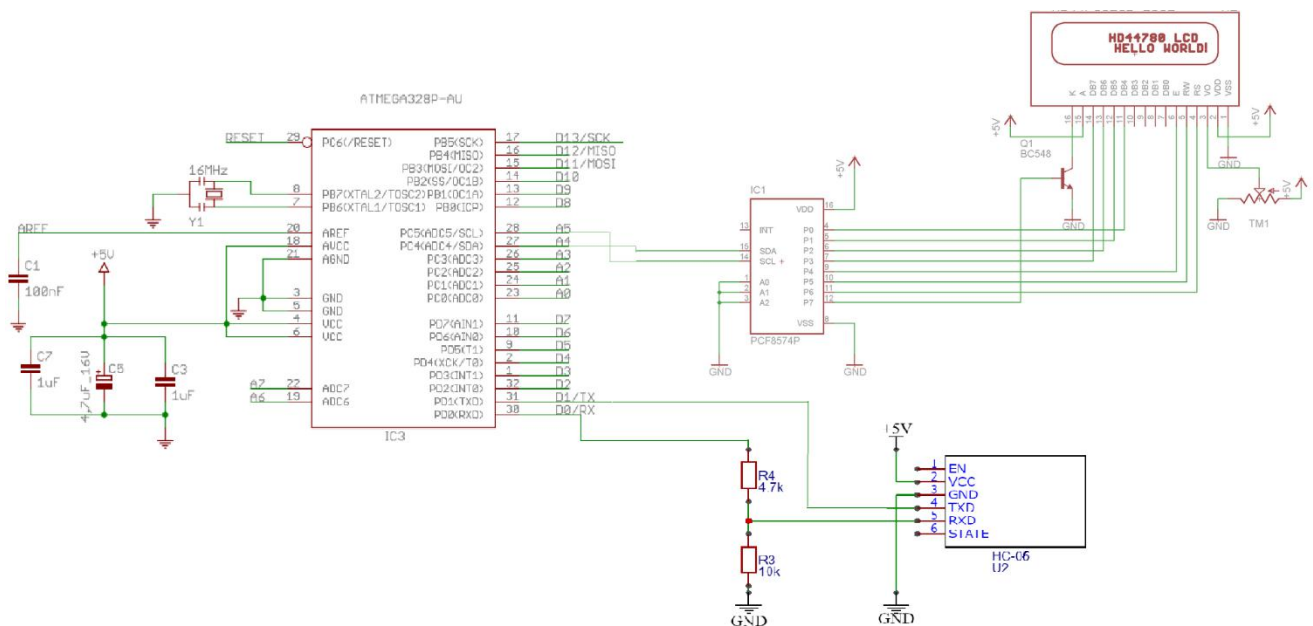


Рис 3.16 Принципова схема бездротового пульта

3.3 Розробка програмного забезпечення пульта.

Розробка програмного забезпечення для плат сімейства Arduino проводиться в програмному середовищі Arduino IDE. Даний комплекс можна використовувати для

програмування всіх моделей плат сімейства Arduino та ESP. Для того щоб плата могла обмінюватися інформацією з модулями, потрібно в середовище Arduino IDE додати відповідні бібліотеки, які розроблені постачальниками модулів. Для модулів бездротового пульта потрібні такі бібліотеки:

- Bluetooth модуль HC-06: не потребує бібліотеки
- Дисплей LCD 2004 I2C: liquidcrystal_i2c.h
- Матрична клавіатура: keyboard.h

На рис 3.17 зображено алгоритм додавання бібліотеки в середовище Arduino IDE

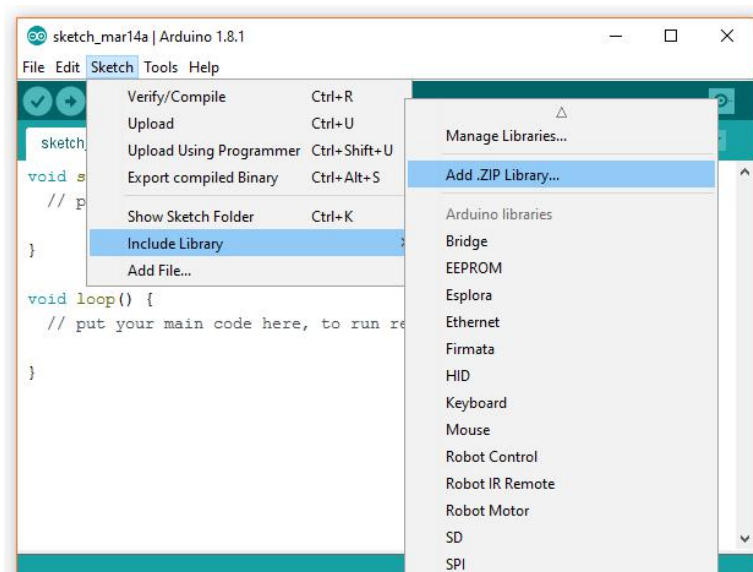


Рис. 3.17 Підключення бібліотеки в Arduino IDE

Після підключення бібліотек в програмному коді потрібно пояснити контролеру які модулі до яких пінів підключені, щоб контролер знав на які виходи відправляти інформацію і з яких виходів отримувати її. На рис 3.18 зображений приклад програмного підключення клавіатури до Arduino.

```
#include <Keypad.h> // Підключення бібліотеки Keypad

const byte ROWS = 4; // Кількість рядків
const byte COLS = 4; // Кількість стовпців
char keys[ROWS][COLS] =
{
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};
byte rowPins[ROWS] = {9, 8, 7, 6}; // Виходи які підключені до рядків
byte colPins[COLS] = {5, 4, 3, 2}; // Виходи які підключені до стовпців
```


Рис. 3.18 Призначення виходів Arduino Nano

Подібні операції потрібно провести для всіх модулів.

Бездротовий пульт дистанційного керування фактично буде емулювати роботу клавіатури ПК, а саме призначених «гарячих клавіш» в ПЗ фрезерного станка з ЧПК. Тому далі в коді програми потрібно призначити імітацію всіх «гарячих клавіш» при натиску відповідних кнопок на пульті. Для зручності програмування всі клавіші клавіатури будуть записані як змінні, та потім стан змінних буде визначати, натиснута дана клавіша, чи ні. На рис 3.19 зображений фрагмент коду, який призначає клавішу на виконання руху станка до початкової позиції

```
case '7': // HOME ALL
    if(!bEstop)
    {
        lcd.setCursor(16, 3);
        lcd.print("    ");
        bMist = false;
        Serial.write('H');
    }
    break;
```

Рис. 3.19 Призначення функції кнопки клавіатури

Після призначення всіх кнопок, потрібно налагодити відображення поточної інформації на дисплеї. Дисплей повинен показувати таку інформацію:

- Механічні координати
- Поточні координати
- Частота обертів шпинделя
- Робоча подача інструменту

Всі ці параметри плата буде отримувати з програмного забезпечення станка. Програмне забезпечення має віртуальний Serial Port, в який і буде відправляти ці дані. Потім ці дані будуть пересилатися на пульт. Щоб налагодити цей зв'язок, Плата Arduino весь час повинна зчитувати дані зі свого Serial Port та відображати цю інформацію на дисплеї в завчасно відведеному місці.

На рис 3.20 зображено фрагмент коду який відповідає за зчитування координат осі X з Serial Port та відображення цих координат на дисплеї

```
int x;
char ch, ky;

if (Serial.available() >= 9)
{
  ch = Serial.read();
  switch (ch)
  {
    case 'X':
      while (Serial.available() < 8)
        delay (10);
      for (x = 0; x < 8; x++)
        XReading[x] = Serial.read();
      lcd.setCursor (0, 0);
      lcd.print ("X");
      lcd.setCursor (2, 0);
      lcd.print (XReading);
      zeroX ();
      break;
  }
}
```

Рис. 3.20 Фрагмент коду для виводу інформації на дисплей

Створену прошивку потрібно завантажити в плату Arduino Nano, шляхом підключення самої плати до віртуального COM-порту ПК. Після цього в Arduino IDE потрібно вибрати модель плати та порт до якого вона підключена та натиснути кнопку завантажити.

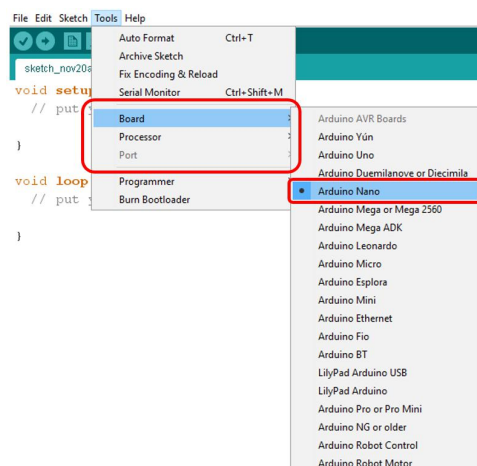


Рис. 3.21 Вибір плати Arduino Nano в Arduino IDE

Коли плату прошито, можна встановлювати зв'язок з ПК, по протоколу Bluetooth. Для того щоб плата могла обмінюватися інформацією з ПК, на самому ПК потрібно встановити додаткове програмне забезпечення. Для того щоб зв'язати Serial Port комп'ютера та Serial Port плати підійде програма Tera Term. Після

встановлення програми потрібно провести пошук доступних Bluetooth пристроїв. Зі списку доступних пристроїв потрібно вибрати Serial Port по з'єднанню Bluetooth.

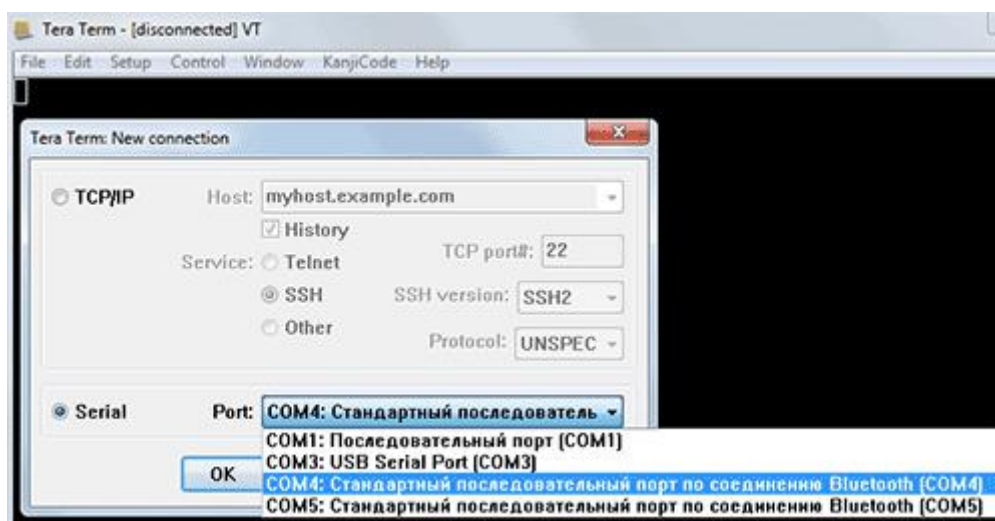


Рис 3.22 Підключення пульта до ПК

Після даних операцій плата зможе повноцінно обмінюватися інформацією з ПК, та безпосередньо з керуючою програмою фрезерного станка.

Висновок до розділу

В цьому розділі було спроектовано бездротовий пульт ручного управління для фрезерних станків з ЧПК. Також було розроблене програмне забезпечення та надана інструкція по налаштуванню та підключенню даного пристрою до ПК. Цей девайс сильно облегшить використання фрезерних станків з ЧПК. Він позбавлений недоліків, які є в аналогічних пристроїв представлених на ринку. Даний пульт має бездротовий інтерфейс, що дасть змогу використовувати його на більшій віддаленості від ПК ніж аналогічні пристрої з дротовим інтерфейсом.

Також в розділі було описано послідовність дій та алгоритми які використовувались при написанні прошивки мікроконтроллера.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Кваліфікаційна робота на тему: «Бездротовий пульт ручного управління для фрезерного станка з числовим програмним керуванням» В результаті виконання роботи було проведено дослідження бездротових пультів ручного управління для фрезерних верстатів з ЧПК, та спроектовано пульт управління який здійснює передачу інформації по бездротовому інтерфейсу Bluetooth.

Суб'єктом охорони праці є інженер електронних систем. Його безпосередніми обов'язками є дослідження, аналіз та розробка бездротових пультів. Місцем роботи інженера є технологічний відділ.

Оскільки робота виконується з різними електричними пристроями, інженер, виконуючи роботу, може зазнати впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які призводять до серйозних проблем фізичного та психологічного характеру. Необхідність розробки заходів з охорони праці для інженера пояснюється наявністю на робочому місці небезпечних і шкідливих факторів виробництва та необхідністю забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці.

4.1. Опис робочого місця та умов праці інженера

Робочим місцем інженера-електронника є технічний відділ, який знаходиться в одному з приміщень офісного центру. Технологічний відділ обладнаний для роботи трьох інженерів. Лінійні розміри 3м*6м, висота стелі 2,5м. У кімнаті використовується змішане освітлення. Стіни білі, на підлозі темний паркет.

Відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці при експлуатації електронних обчислювальних машин» до робочого місця працівника ГІКу пред'являються такі вимоги: площа одного робочого місця повинна бути не менше 6,0 м², а об'єм - не менше. більше 20 м³. При цьому площа на одного працюючого становить 6,0 м², а об'єм — не менше 20 м³. Робоче місце електроніка обладнане такими елементами: лабораторний блок живлення, паяльна станція, принтер, персональний комп'ютер та витяжна шафа.

4.2. Перелік шкідливих та небезпечних чинників, що діють на інженера електронних систем

Розглянемо робоче місце інженера з точки зору оцінки впливу шкідливих факторів виробництва згідно з державними санітарними нормами і правилами «Гігієнічна класифікація робіт за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища, важкості та інтенсивності праці. трудовий процес»:

- Випаровування пластику: тим, хто займається 3D-друком, вчені рекомендують посилити вентиляцію, оскільки випари, які утворюються під час плавлення деяких компонентів, можуть завдати непоправної шкоди здоров'ю.;
- Освітлення — природне (відсутність або недостатність), штучне (недостатня освітленість, пряма і відбита сліпуча блискучість, пульсація освітленості);
- Електробезпека;
- Виробничий шум;
- Напруженість праці — характеристика трудового процесу, що відображає навантаження переважно на центральну нервову систему, органи чуттів, емоційну сферу працівника.

4.3. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

4.3.1. Аналіз чинника недостатньої освітленості

Освітлення у приміщенні, де знаходиться робоче місце інженера з електронних систем, використовується змішане.

Природне освітлення приміщення здійснюється сонячним світлом через два вікна розміром 1,2 м x 1,5 м. Як і рекомендується воно одностороннє, для уникнення засліплюючої дії сонячних променів. Напрямок розміщення вікон північно-західний.

Штучне освітлення здійснюється за допомогою системи загального рівномірного освітлення і через екрани комп'ютера.

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення», рівень освітлення при роботі з комп'ютером має бути не менше 300 — 500 лк.

Для штучного освітлення таких приміщень потрібні джерела світла з досить високою ефективністю у вигляді світильників загального освітлення, розміщених у вигляді правильного прямокутного масиву над робочими поверхнями. Найкраще для такого типу приміщення підійдуть світлодіодні лампи, які мають одну з найвищих світлових віддач. У нашому випадку використовуються світлодіодні лампи. Так як вони відповідають заданим вимогам і мають низьке енергоспоживання.

При правильно розрахованому і виконаному освітленні промислових об'єктів людське око тривалий час зберігає здатність добре розрізняти предмети, не втомлюючись. Такі умови сприяють зниженню нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань очей. Рациональне освітлення повинно відповідати наступним вимогам і умовам. Має бути так:

- Постійним у часі, для цього напруга в мережі живлення не повинна коливатися більш ніж на 5%;
- Достатнім, щоб очі без напруги могли розрізняти предмети;
- Рівномірно розподіленим по робочих поверхнях, щоб очам не приходилося потрапляти з дуже темного місця у світле і навпаки, так звані «світлові перепади»;
- Не викликати різких тіней на робочих місцях. Цього можна уникнути при правильному розташуванні світильників.

4.3.2. Аналіз чинника електробезпеки

Найважливішим вражаючим фактором є сила струму, що протікає через людину.

Найбільш небезпечним для організму людини є струм частотою 20-200 Гц. З підвищенням і зменшенням частоти ризик ураження електричним струмом зменшується, а потім при частоті більше 400 Гц повністю зникає.

Гранично допустимі значення струму встановлені:

- Відчутний, викликає ледве відчутне подразнення при проходженні через організм людини: 0,6 - 1,5мА при 50Гц та 5-7мА при постійному;

- Невідпускаючий: 10-15мА при 50Гц та 50-80 мА при постійному струмі;
- Фібриляційний: 100мА при 50-Гц та 300мА при постійному струмі.

Гранично допустимий струм через організм людини не повинен перевищувати 0,3мА при 50-Гц; 0,4мА при 400Гц і 1мА при постійному струмі.

При високій температурі (вище 25°C) та високій вологості (більше 75%) гранично допустимий струм необхідно зменшити в три рази.

Для захисту людини при роботі в електромережі необхідно дотримуватись наступних умов:

- Ізоляція має бути не менше 0,5МОм;
- Занулення, перетворення замикань в однофазне коротке замикання з метою викликати великий струм, який забезпечує спрацювання захисту та автоматичне відключення електричної установки;
 - Захисне відключення - система захисту, яка забезпечує автоматичне відключення живлення у разі виникнення аварійної ситуації;
 - Індивідуальні засоби захисту, до яких відносять монтажний інструмент з ізоляційними ручками, діелектричні рукавиці та взуття.

4.4. Пожежна безпека

При виникненні пожежі в будь-якому місці виробничої будівлі, споруди або території підприємства повинна бути забезпечена безпека суб'єкта. При пожежі люди можуть постраждати від небезпечних факторів: відкритого вогню та іскор; підвищена температура повітря, предметів, обладнання; токсичні продукти горіння, дим; знижена концентрація кисню; Обвалення та пошкодження будівель, споруд, споруд, вибух.

Вимоги пожежної безпеки визначені НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Основними причинами пожеж в технологічному є:

- Необережне поводження з вогнем;
- Незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації;

- Порухнення режимів технологічних процесів; несправність опалювальних приладів;
- Невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки.

З метою попередження пожежі необхідно: проводити інструктажі з пожежної безпеки; дотримуватись правил протипожежної безпеки; перевіряти електрообладнання.

На даній виробничій ділянці необхідно дотримуватись наступних правил пожежної безпеки:

- Забороняється палити на робочому місці;
- Забороняється залишати без догляду ввімкнені електроприлади;
- Забороняється зберігати на робочому місці легкозаймисті речовини у великій кількості.

Оскільки в робочій зоні електроніка знаходяться тверді, волокнисті, горючі матеріали (дверні рами, двері, меблі тощо), кімната категорії В.

Критерієм вибору вогнегасника є розмір потенційного джерела пожежі.

Оскільки розміри осередку можливої пожежі в офісі очікуються незначними, приймаємо рішення обладнати приміщення переносним порошковим вогнегасником ВП-9.

У кожній кімнаті та коридорі встановлений датчик диму, а в коридорі на висоті 150 см від підлоги встановлений ручний сповіщувач. Сигнали від цих сповіщувачів надходять на приймально-диспетчерський пункт (ППЦ), розташований в кімнаті охорони. Усі сповіщувачі з'єднані шлейфом по колу, що робить цю систему адресною. В результаті при виникненні пожежі місце пожежі відображається на ППК. На території розміщені плани евакуації. На рис.4.1 показано розташування вогнегасника, сповіщувачів і план евакуації.

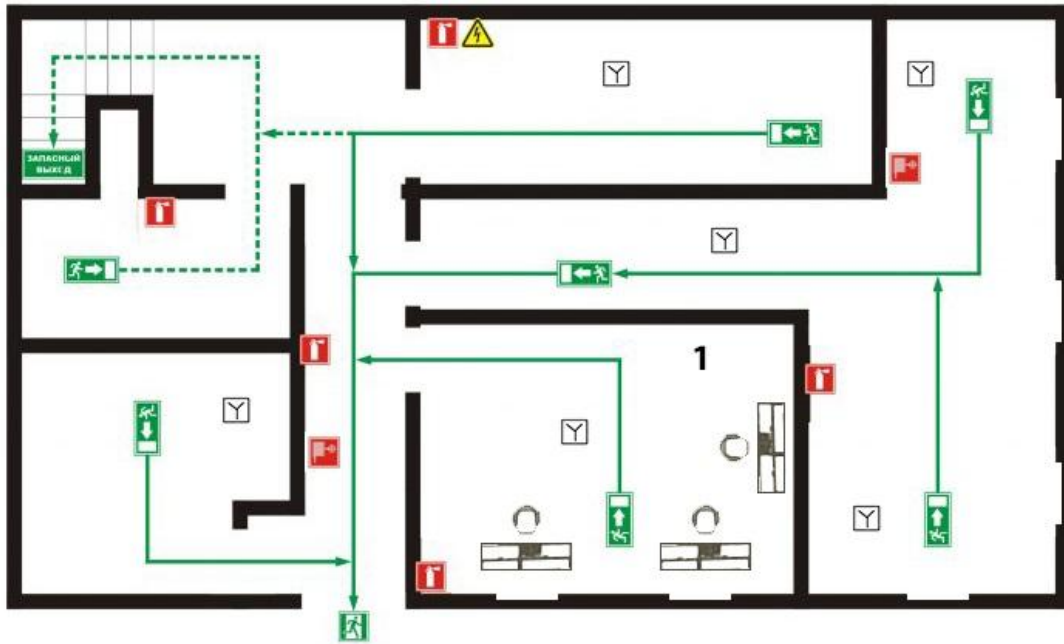


Рис. 4.1. Розташування вогнегасника, пожежних сповіщувачів в приміщенні та план евакуації

Умовні позначення:

1- приміщення, де знаходиться інженер-проектувальник;



- електроштит



- вогнегасник



- димовий сповіщувач



- пожежний кран



- шлях евакуації

У цьому приміщенні евакуація при пожежі здійснюється через вхідні двері, потім прямо по коридору, по сходах на перший поверх і через найближчий вихід з будівлі. Зазвичай є головний вихід і евакуаційний вихід. Буде обрано найближчий і найбезпечніший вихід.

Висновок до розділу

В результаті аналізу робочого місця інженера-електронника, який розробляє пристрій для роботи з людьми, виявлено шкідливі та небезпечні фактори. Описано аналіз фактора освітлення, електробезпеки та впливу радіовипромінювання. Проведено аналіз радіовипромінювання з визначенням часу перебування персоналу в зоні дії приладу та визначення гранично допустимого рівня ЕМП. Розрахунки показали, що якщо пристрій розмістити поблизу робочого місця суб'єкта протягом восьмигодинного робочого дня, він не матиме негативного впливу на здоров'я. Відповідно до чинного закону України ДСніП, можна зробити наступний висновок.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. Захист від електромагнітних полів

Електромагнітне поле (ЕМП) — це фізичне поле, створене електромагнітними зарядами. ЕМП є однією з форм існування матерії. Електромагнітний спектр має діапазон випромінювання від 0 до 1022 Гц (вищі частоти випромінювання належать до іонізуючого).

Постійне електричне поле створюється нерухожими електричними зарядами і взаємодіє між ними. Він характеризується величиною, яка називається напруженістю поля (E , вольт на метр, В/м). Постійне магнітне поле створюється рівномірно рухомими провідниками зі постійним струмом, електричними зарядами або зарядженими частинками. Характеризується напруженістю магнітного поля (H , ампер на метр, А/м). У вакуумі напруженість магнітного поля відповідає магнітній індукції (B , Тесла, Тл). Величина B визначає силу, що діє на рухомий електричний заряд і на тіла з магнітним моментом у даній точці поля.

Змінне електричне поле E породжує магнітне поле H , а змінне магнітне поле є вихровим електричним полем. Дві компоненти E і H , що постійно змінюються, стимулюють один одного. Цей процес є фізичною причиною існування ЕМП - особливої форми матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між електрично зарядженими частинками. При прискореному русі заряджених частинок ЕМП «відривається» від них і існує самостійно у вигляді електромагнітних хвиль, які не зникають при видаленні джерела (наприклад, радіохвилі не зникають навіть без струму в антені, що їх випромінює) . Електромагнітні хвилі характеризуються довжиною хвилі, одиницею вимірювання є метр (м).

5.2. Біологічна дія електромагнітного поля

Експериментальні дані вітчизняних і зарубіжних дослідників доводять високу біологічну активність ЕМП у всіх діапазонах частот. При відносно високих рівнях ЕРС сучасна теорія в основному визнає механізм теплового впливу.

При відносно низьких рівнях ЕМП (наприклад, на радіочастотах понад 300 МГц і менше 1 мВт/см²) прийнято говорити про нетепловий характер впливу на організм. Механізми дії ЕМП в цьому випадку ще не вивчені.

Численні дослідження в області біологічної дії ЕМП дають змогу визначити найбільш чутливі системи організму людини: нервову, імунну, ендокринну та статеву. Ці системи організму є критично важливими.

Біологічна дія ЕМП в умовах тривалого впливу накопичується, що дає можливість розвитку віддалених наслідків, у тому числі дегенеративних процесів центральної нервової системи, раку крові (лейкемія), пухлин головного мозку, гормональних захворювань.

Електромагнітні поля можуть бути особливо небезпечними для дітей, вагітних жінок, людей із захворюваннями центральної нервової системи, гормонів, серцево-судинної системи, алергіків і людей з ослабленою імунною системою.

Вплив на нервову систему

Велика кількість досліджень дають підстави віднести нервову систему, як одну з найбільш чутливих систем в організмі людини, до впливу ЕМП.

На рівні нервової клітини, структурних утворень для передачі нервових імпульсів (синапсів), на рівні ізольованих нервових структур виникають значні відхилення під впливом ЕМП малої інтенсивності. Вища нервова активність і зміни пам'яті в осіб, підданих ЕМП.

Окремі структури головного мозку мають підвищену чутливість до ЕМП. Особливо чутлива до ЕМП нервова система ембріона.

Вплив на імунну систему

На даний момент зібрано достатньо даних, які свідчать про негативний вплив ЕМП на імунологічну реактивність організму і свідчать про те, що під впливом ЕМП порушуються процеси імуногенезу, часто в бік їх пригнічення.

Це пов'язано не стільки зі зміною антигенної структури тканин, скільки з патологією імунної системи, що змушує її реагувати на нормальні тканинні антигени.

Вплив на статеву функцію

Порушення статевих функцій зазвичай пов'язані зі зміною їх регуляції з боку нервової та нейроендокринної систем. Будь-який фактор навколишнього середовища, що впливає на жіночий організм під час вагітності, впливає і на розвиток ембріона, і до цієї групи факторів відноситься ЕМП.

Інші медико-біологічні ефекти

Результати клінічних досліджень показали, що тривалий контакт з ЕМП ВЧ-діапазону може призвести до розвитку захворювань, клінічна картина яких в першу чергу визначається зміною функціонального стану нервової та серцево-судинної систем.

Люди, які тривалий час перебували в зоні ЕМ-опромінення, скаржаться на слабкість, дратівливість, швидку стомлюваність, погіршення пам'яті та розлади сну.

5.3. Захист людини від електромагнітного поля

Захист людини від несприятливого біологічної дії ЕМП будується за такими основними напрямками:

- організаційні заходи
- інженерно-технічні заходи
- лікувально-профілактичні заходи

Організаційними заходами захисту від ЕМП є: вибір режимів роботи випромінювальних пристроїв, що забезпечують рівень випромінювання, що не перевищує ГДК, обмеження місця і тривалості перебування в зоні ЕМП (захист по відстані і часу).), позначення та огороження зон з підвищеним рівнем ЕМП

Захист іноді використовують, коли неможливо знизити інтенсивність випромінювання до гранично допустимого рівня в даній точці.

Дистанційний захист заснований на падінні інтенсивності випромінювання, обернено пропорційному квадрату відстані, і використовується, коли неможливо пом'якшити ЕМП іншими заходами, в тому числі тимчасовим захистом.

Для кожної системи генерації ЕМП повинні бути визначені гігієнічні та захисні зони, за межами яких інтенсивність ЕМП не перевищує гранично допустимих значень. Межі зон розраховуються для кожної конкретної установки випромінювальної системи при роботі на максимальній потужності випромінювання та контролюються приладами.

Інженерно-технічні заходи захисту засновані на використанні явища екранування ЕМП безпосередньо в місцях перебування людини. Зазвичай називають два типи екранування: захист людей від джерел ЕМП і захист людей від джерел ЕМП. Захисні властивості екранів засновані на ефекті ослаблення напруги і спотворення електричного поля в просторі поблизу заземленого металевго предмета.

Захист від електричного поля промислової частоти, яке в основному створюється лініями електропередач, здійснюється шляхом встановлення санітарно-захисних зон уздовж ліній електропередачі та зменшення напруженості поля в житлових будинках і місцях тривалого перебування людей через використання захисних екранів. Захист від магнітного поля промислової частоти практично можливий тільки на етапі розробки виробу або проектування об'єкта.

Для екранування ЕМП у високочастотному діапазоні використовуються різні матеріали, що відбивають і поглинають випромінювання. Радіовідбиваючі матеріали включають різні метали. Найчастіше використовуються чавун, сталь, мідь, латунь, алюміній. Ці матеріали використовуються у вигляді плит, сіток або у вигляді решіток і металевих труб. Екрануючі властивості листового металу вище, ніж у сітки, і сітка дешевша в конструктивному відношенні, особливо при екрануванні ревізійних і вентиляційних отворів, вікон, дверей і т. д. Негативною властивістю світловідбивних матеріалів є те, що вони в деяких випадках створюють відбиття радіо хвиль, що може збільшити опромінення людини.

Більш зручними матеріалами для екранування є матеріали, що поглинають випромінювання. Листи з гігроскопічних матеріалів можуть бути одно- або багатошаровими. Багатошаровість – поглинання радіохвиль більшою площею. Щоб покращити ефект екранування, багато типів матеріалів, що поглинають випромінювання, мають металеву сітку або латунну фольгу, запресовану з одного боку. При створенні екранів ця сторона звернена до протилежної сторони джерела випромінювання.

У деяких випадках стіни будівель покривають спеціальними фарбами. Як струмопровідні пігменти в цих фарбах використовуються колоїдне срібло, мідь, графіт, алюміній, золотий порошок. Звичайна олійна фарба має досить високу відбивну здатність (до 30%), набагато краще в цьому плані вапняне покриття.

Радіовипромінювання проникає в приміщення, в яких знаходяться люди, через віконні та дверні отвори. Для екранування оглядових вікон і вікон приміщень використовують металізоване скло, яке має екрануючі властивості. Цю властивість склу надає тонка прозора плівка з оксидів металів, найчастіше олова, або металів - міді, нікелю, срібла та їх комбінації. Плівка має достатню оптичну прозорість і хімічну стійкість.

В якості додаткового організаційно-технічного заходу захисту населення при плануванні будівництва має бути використано властивість «радіощит», що впливає з рельєфу місцевості.

Джерела штучного електромагнітного випромінювання поділяються на три види:

- Лінійні (ЛЕП, контактні мережі електрифікованого транспорту міст).
- Точкові (радіо і телевізійні установки).
- Вузлові (потужні промислові радіотехнічні об'єкти, РЛС аеропортів).

Створення захисного екрану навколо випромінювача є одним із заходів, що проводяться для усунення негативної дії ЕМП. Для потужного джерела енергії така зона може складатися із зони суворого режиму, яка огорожена та охороняється, де заборонено перебування людей, і зони обмеженого використання, де дозволено

розміщувати склади, майстерні, гаражі та ін. об'єкти, в яких люди перебувають не більше 8 годин на добу. Для кожного об'єкта розміри СЗЗ розраховуються окремо, головною умовою такого розрахунку є те, що параметри поля не повинні перевищувати свого гранично допустимого рівня на межі зони. Розрахунки уточнюються за допомогою інструментальних контрольних вимірювань.

Створення санітарно-захисних смуг уздовж ліній електропередач є основним способом захисту від дії ЕМП ліній електропередач. Розрахунки показують, що ширина таких стрічок повинна становити: 110 кВ - 6 м, 220 кВ - 10 м, 330 кВ - 20 м, 500 кВ - 30 м. СЗС обсаджують високими деревами та кущами, щоб запобігти утриманню людей у них. зон, оскільки це небезпечно.

Основним заходом проти дії ЕМП для точкових джерел є створення захисного бар'єру навколо антен передавачів, розміри зон розраховуються таким чином, щоб напруженість поля на межі зони не перевищувала її DDR. Забороняється встановлення в межах населеного пункту радіотелевізійних передавачів потужністю понад 100 кВт. СЗЗ також огорожений та оточений кущами та деревами, житло заборонено, тривале перебування небезпечно для людей.

5.4. Гранично допустимі величини електромагнітної енергії

Рівень електромагнітної енергії в населених місцях не повинен перевищувати гранично-допустимі величини, наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Гранично допустимі величини електромагнітної енергії

Найменування діапазонів радіохвиль	Межі діапазону (частота, довжина хвилі)	Гранично допустимі величини електромагнітної енергії на території житлової забудови
Довгі хвилі	30 - 300 кГц (10 - 1 км)	20 В/м
Середні хвилі	0,3 - 3 МГц (1 - 0,1 км)	10 В/м

Короткі хвилі	3 - 30 МГц (100 - 10 м)	4 В/м
Ультракорткі хвилі	30 - 300 МГц (10 - 1 м)	2 В/м
Мікрохвилі (цілодобове опромінення)	300 МГц - 300 ГГц (1 м - 1 мм)	5 мкВ/см ²

- Діапазони радіохвиль, наведені в табл. 2, включають найменшу довжину хвилі і виключають найбільшу.

- Тільки для обертових і скануючих антен з частотою не більше 0,5 Гц за умови, що:

а) час опромінення з одно-порядковою інтенсивністю не перевищує 1/10 періоду обертання або сканування;

б) відношення максимальної величини енергії до мінімальної в порівнюваних інтервалах часу не менше десяти.

5.5. Вимоги до розміщення об'єктів, випромінюючих в навколишнє середовище електромагнітну енергію радіохвиль

5.5.1. Майданчики для розміщення передавальних довгохвильових, середньохвильових і короткохвильових радіостанцій, телецентрів, телевізійних ретрансляторів, радіолокаційних станцій, радіорелейних ліній зв'язку необхідно вибирати з урахуванням потужності об'єкта, конструктивних особливостей антен з такою умовою, щоб рівень електромагнітної енергії на території житлової забудови не перевищував допустимого.

5.5.2. Передають Радіоцентри, радіостанції, телецентри при потужності одного передавача або сумарної потужності декількох передавачів понад 100 кВт, а також оглядові радіолокаційні станції слід розміщувати за межами населених місць з виконанням умов, що забезпечують дотримання встановлених гранично допустимих рівнів електромагнітної енергії.

5.5.3. Для зниження рівня опромінення території населених місць антени радіолокаційних станцій слід встановлювати на насипах (естакадах) або природних узвишсях, максимально обмежуючи використання негативних кутів нахилу антен.

5.5.4. Технічні території передавальних радіостанцій, радіолокаційних об'єктів, телецентрів і телевізійних ретрансляторів повинні бути огорожені згідно з вимогами будівельних норм і правил для запобігання випадкових попадань на ці території населення.

5.5.5. На антенних полях передавальних радіостанцій, телецентрів, телевізійних ретрансляторів, радіорелейних ліній зв'язку перебування осіб, не пов'язаних з їх обслуговуванням, не дозволяється.

5.5.6. Розміщення житлових і громадських будівель на технічній території об'єктів, що є джерелом опромінення електромагнітної енергії радіохвиль, не допускається.

5.5.7. З метою захисту населення від впливу електромагнітної енергії, випромінюваної передають радіо-, телевізійними станціями, об'єктами радіолокації, встановлюються санітарно-захисні зони між перерахованими об'єктами і житловою забудовою.

5.5.8. Розмір санітарно-захисної зони повинен забезпечити на її зовнішньому кордоні встановлений цими нормами і правилами гранично допустимий рівень електромагнітної енергії.

5.5.9. Розміри санітарно-захисної зони визначаються на стадії проектування розрахунковими методами для кожного конкретного об'єкта в залежності від його призначення, робочої частоти, кількості і потужності передавачів, типу і висоти установки антен над рівнем землі, рельєфу місцевості. Результати розрахунків після введення в експлуатацію передавального радіоб'єкта перевіряються інструментальними вимірами.

5.5.10. Санітарно-захисна зона для передавальних радіостанцій, обладнаних антенами не спрямованої дії, для телецентрів і телевізійних ретрансляторів, а також для радіолокаційних станцій кругового огляду, встановлюється по радіусу, тобто по колу.

5.5.11. Для передавальних радіостанцій, обладнаних антенами спрямованої дії, а також для радіолокаційних станцій, антени, яких сканують у визначеному секторі або фіксовані в одному напрямку, санітарно-захисна зона встановлюється в напрямку випромінювання електромагнітної енергії. У цьому випадку повинні враховуватися бічні і задні пелюстки діаграми випромінювання антен.

5.5.12. Для передавальних радіостанцій, телецентрів, телевізійних ретрансляторів, радіолокаційних станцій, антени яких випромінюють електромагнітну енергію під певним кутом до горизонту і рівень її змінюється в залежності від висоти над рівнем землі, санітарно-захисна зона встановлюється диференційовано по вертикалі для наступних висот (в метрах): 3, 6, 9, 12, 15 і т.д.

5.5.13. Розміри санітарно-захисних зон передавальних радіостанцій, телецентрів, телевізійних ретрансляторів і радіолокаційних станцій наведені в таблиці 3,4, 5. Вони встановлені для типових радіо передавальних об'єктів. Для умов, що відрізняються від типових, визначення розмірів санітарно-захисних зон проводиться з урахуванням реальних умов. При цьому розміри цих зон в залежності від потужності об'єкта, типу і висоти установки антен над рівнем землі, діаграми випромінювання електромагнітної енергії, рельєфу місцевості можуть змінюватися як у бік зменшення, так і в бік збільшення.

5.6. Розрахунки

Потужність відгуку радіосигналу задається таким рівнянням:

$$P_r = \frac{P_t G_t A_r \sigma F^4}{(4\pi)^2 R_t^2 R_r^2} = P_t \cdot \frac{G_t}{4\pi R_t^2} \cdot \sigma \cdot F^2 \cdot \frac{A_r}{4\pi R_r^2}$$

Позначення:

P_r - потужність сигналу прийомної антени;

P_t - потужність радіопередавача;

G_t - коефіцієнт посилення передавальної антени;

A_r (іноді S) - ефективна площа (апертура) приймальної антени, $A_r = G_r \cdot \lambda^2 / 4\pi$,

де G_r - коефіцієнт посилення приймальної антени,

λ - довжина хвилі,

σ - ефективна площа розсіювання цілі в даному ракурсі;

F - коефіцієнт втрат при поширенні сигналу;

R_t - відстань від передавальної антени до мети;

R_r - відстань від мети до прийомної антени.

У разі, коли передавальна і приймальна антени розташовуються на однаковій відстані від цілі, тобто у всіх моностатичних РЛС (однопозиційна радіолокаційна система, ОПРЛС) і іноді, в інших типах, формула спрощується за рахунок $R_t = R_r = R$, що призводить до коефіцієнта R^4 :

$$P_r = \frac{P_t G_t A_r \sigma F^4}{(4\pi)^2 R^4}$$

Тобто формулу можна спростити до такого виразу:

$$\sqrt{\frac{P}{2.5}} = R$$

Підставивши у формулу експериментальні значення, при яких відбувалися випробування, ми зможемо спостерігати зміни значень радіусу випромінювання які зможемо порівнювати з гранично допустимими нормами. А гранично допустима норма захисної зони становить 2.5 мкВт/см². В таблиці 5.2 показано залежність потужності випромінювання детектора до його радіусу випромінювання.

Розміри санітарно-захисних зон для типових передавальних радіостанцій

Таблиця 5.2

Залежність потужності випромінювання детектора до його радіусу
випромінювання

Потужність одного передавача	Найменування об'єкта	Санітарно-захисна зона в метрах
Малої потужності - до 5 кВт	довгохвильові	10
	середньохвильові	20
	короткохвильові	175
Середньої потужності від 5 до 25 кВт	довгохвильові	10 - 75
	середньохвильові	20 - 150
	короткохвильові	175 - 400
Великої потужності від 25 до 100 кВт	довгохвильові	75 - 480
	середньохвильові	150 - 960
	короткохвильові	400 - 2500
Надпотужні - понад 100 кВт	довгохвильові	більше 480
	середньохвильові	більше 960
	короткохвильові	більше 2500

Розміри санітарно-захисних зон для типових телецентрів і телевізійних ретрансляторів

Розміри санітарно-захисних зон

№	Потужність одного передавача	кількість програм	Сумарна потужність об'єкта з урахуванням УКВ і ЧМ мовлення	Санітарно-захисна зона в метрах
1.	Малої потужності до 5 / 2,5 кВт	одна	до 10 кВт	У межах технічної території
2.	Середньої потужності до 25 / 7,5 кВт	одна	до 75 кВт	200 - 300
3.	Великої потужності до 50/15 кВт	дві	до 160 кВт	400 - 500
4.	Надпотужні - понад 50/15 кВт	три	близько 200 кВт	500 - 1000

Висновок до розділу

Аналіз отриманих результатів та математичних обрахунків доводить, що при використанні бездротової технології Bluetooth в бездротових пультах не перевищується гранично допустимої норми випромінювання.

У цьому розділі розглядаються сучасні проблеми та завдання охорони навколишнього середовища; розглянуто дію та захист людини від електромагнітного випромінювання.

Основною метою охорони навколишнього середовища є організація раціонального природокористування та забезпечення чистоти природних (екологічних) систем при провадженні різних видів господарської діяльності.

Природоохоронні завдання та заходи спрямовані на зменшення негативного впливу людської діяльності на природу, а разом з тим і на самих людей. Захист людини від несприятливої біологічної дії ЕМП будується за основними напрямками: організаційними, інженерно-технічними та лікувально-профілактичними.

ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день верстати з ЧПК відіграють немаловажливу роль в житті людини. Таке обладнання замінює людину майже на всіх процесах, які можливо автоматизувати, або виступає як допоміжний інструмент у виготовленні тих чи інших речей. Нажаль навіть з таким обладнанням неможливо замінити працю людини на 100 відсотків. Все-рівно так чи інакше людина повинна брати участь в підготовці до обробки, налагодженні параметрів обробки, заміні заготовок, обслуговування самого обладнання. В таких процесах на поміч приходять бездротові пульти ручного управління. Вони облегшують роботу з верстатами обладнані ЧПК. Виконуючи навіть базові функції оператор зможе пришвидшити свою роботу завдяки своїй мобільності. Не потрібно кожен раз звертатися до керуючої програми на ПК. Можна керувати станком, його параметрами не відходячи від самого обладнання.

В кваліфікаційній роботі були розглянуті аналогічні пристрої, які представлені на ринку. Також був проведений аналіз їх переваг та недоліків. Базуючись на цій інформації був спроектований бездротовий пульт ручного управління, в якому виправлені всі недоліки. Він стане незамінним помічником оператора фрезерного станка з ЧПК.

В розділі Охорона праці було описано як має виглядати робоче місце інженера, прорахований вплив шкідливих факторів, які можуть впливати на здоров'я впродовж робочого дня.

В розділі Охорона навколишнього середовища було прораховано та доведено, що антена передавача бездротового пульта не перевищує гранично допустимі норми випромінювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вибір оптимального алгоритму інтерполяції для побудови автономної системи ЧПУ : 2015.
2. Десяк І. Т. Надійність верстату з ЧПУ як мехатронної системи : Дипломний проект. 2021.
3. Ларшин В. П., Лищенко Н. В., Салих А. Х. Адаптивное управление для станков с ЧПУ : 2010.
4. Модернизация системы ЧПУ горизонтального фрезерно-расточного станка 2Г660Ф2 : В. Т. Баравой та ін. 2005.
5. Обзор современных систем подготовки управляющих программы для ЧПУ : Д. В. Криворучко та ін. 2007.
6. Система импульсно-фазового управления в электроприводах станков с ЧПУ : Є. Л. Онанченко та ін. 2005.
7. Система электропривода станков с ЧПУ : А. І. Новгородцев та ін. 2005.
8. Система электропривода станков с ЧПУ : Theses / А. І. Новгородцев та ін. 2005.
9. Kolmogorov A. G., Zabanova N. S. VIBRATION DIAGNOSTICS OF CUTTING TOOLS MILLING MACHINE WITH CNC. *Modern Technologies and Scientific and Technological Progress*. 2019. Т. 1, № 1. С. 144–145.
10. Polyakov A. N., Goncharov A. N. AUTOMATED CORRECTION SYSTEM OF A TEMPERATURE ERROR OF THE CNC MACHINE TOOL. *Spravochnik. Inzhenernyi zhurnal*. 2016. С. 33–41.