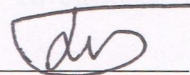


Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматики
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри


(підпис)

I. С. Білюк

« 20 » 12 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня магістра

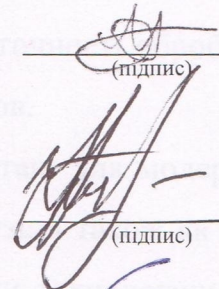
зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва спеціальності)

освітня програма Електромеханічні системи автоматизації та електропривод
(назва освітньої програми)

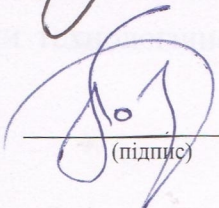
на тему: Використання програмованого логічного контролера у
керуванні токарного верстату

Виконав: студент групи 6371м
Перевозчиков Петро Костянтинович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник к.т.н., асистент кафедри автоматики
Іванов А. В.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Рецензент доцент кафедри СЕЕС,
к.т.н., доцент С. М. Новогрецький
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент 
(підпис)

м. Миколаїв – 2024 року

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота присвячена дослідженню можливостей і практичного застосування програмованого логічного контролера (ПЛК) для автоматизації керування токарним верстатом. У сучасних умовах автоматизація є ключовим фактором підвищення продуктивності та конкурентоспроможності виробничих процесів. Використання ПЛК забезпечує гнучкість, точність і надійність управління, що дозволяє оптимізувати технологічні операції та скоротити витрати на виробництво.

У роботі проведено детальний аналіз функціональних можливостей ПЛК, їх архітектури, а також принципів побудови систем автоматизованого управління. Розглянуто особливості роботи токарних верстатів і їх оснащення сучасними засобами автоматизації. Розроблено структурну схему системи управління, алгоритми роботи, а також програмне забезпечення для реалізації керування токарним верстатом із використанням ПЛК.

Експериментальна частина включає створення тестової установки для перевірки працездатності розробленої системи, налаштування апаратної та програмної частин, а також аналіз результатів її функціонування. Експерименти показали високу ефективність впровадженої системи, зокрема підвищення точності обробки, скорочення часу на виконання операцій і зниження ризиків відмов.

Практичні результати дослідження можуть бути використані для модернізації токарних верстатів на підприємствах машинобудівної галузі, а також як основа для розробки подібних систем управління іншими типами технологічного обладнання.

Також було розглянуто питання охорони праці.

Ключові слова: програмований логічний контролер, токарний верстат, автоматизація, керуюча система, алгоритм управління, економічне обґрунтування.

ABSTRACT

The master's thesis is devoted to the study of the possibilities and practical application of a programmable logic controller (PLC) for the automation of lathe control. In modern conditions, automation is a key factor in increasing the productivity and competitiveness of production processes. The use of PLC provides flexibility, accuracy and reliability of control, which allows optimizing technological operations and reducing production costs.

The work provides a detailed analysis of the functional capabilities of PLCs, their architecture, as well as the principles of building automated control systems. The features of the operation of lathes and their equipping with modern automation tools are considered. A structural diagram of the control system, work algorithms, and software for implementing lathe control using PLCs are developed.

The experimental part includes the creation of a test setup to verify the operability of the developed system, setting up the hardware and software parts, and analyzing the results of its operation. Experiments showed high efficiency of the implemented system, in particular, increased processing accuracy, reduced time for operations and reduced risk of failures.

Practical results of the study can be used for modernization of lathes at enterprises of the machine-building industry, as well as as a basis for development of similar control systems for other types of technological equipment.

The issue of labor protection was also discussed.

Keywords: programmable logic controller, lathe, automation, control system, control algorithm, economic justification.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ОПИС ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ МОДЕЛІ 1А616 З ЧПК.....	8
1.1. Принцип роботи та особливості конструкції верстата	8
1.2. Загальні характеристики верстата.....	10
1.3. Принцип роботи токарного верстата	15
1.3.1 Рух різання.....	19
1.3.2 Рухи подач	19
1.3.3 Рух утворення гвинтової поверхні	20
1.3.4 Коробка швидкостей верстата	21
1.3.5 Побудова коробки подач токарного верстата	27
1.3.6 Фартух верстата моделі 1А616	29
1.3.7 Будова супорта верстата.....	31
1.3.8 Задня бабка токарного верстата	32
1.4 Опис базового ЧПК встановленого на верстаті	35
Висновки за розділом	39
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ МАГІСТЕРСЬКОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	41
2.1. Побудова структурно-логічної схеми магістерського дослідження.....	41
2.2. Структурно-логічна схема магістерського дослідження	47
2.3. Вибір методу вирішення поставленої задачі дослідження	48
РОЗДІЛ 3. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	53
3.1. Програмований контролер Syntec 6ТА.....	53
3.2. Особливості роботи контролера	59

3.3 Діагностика та налагодження системи Syntec	67
3.4 Типові сценарії використання ПЛК Syntec на виробництві	71
Висновки за розділом	74
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ДО СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	76
4.1. Розробка функціональної схеми системи управління токарним верстатом.....	76
4.2. Розробка алгоритмів до системи керування токарним верстатом.....	73
4.3 Розробка програми системи керування верстатом.....	89
Висновки за розділом	112
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	113
5.1 Ключові аспекти та нормативно–правова база	113
5.2 Охорона праці при роботі з токарним верстатом	114
5.2.1. Запобіжні заходи під час експлуатації токарним верстатом.....	121
5.3 Охорона праці при роботі з електротехнічною частиною	122
Висновки за розділом	131
ВИСНОВКИ.....	132
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	134
ДОДАТОК А МУЛЬТІМЕДІЙНА ПРЕЗЕНТАЦІЯ	137

ВСТУП

Сучасні тенденції розвитку промисловості вимагають підвищення ефективності, якості та швидкості виробничих процесів, що неможливо без широкого використання автоматизованих систем управління. Одним із ключових елементів таких систем є програмовані логічні контролери (ПЛК), які забезпечують високий рівень гнучкості та адаптивності в роботі технологічного обладнання.

Токарні верстати є одним із основних типів обладнання в машинобудівній галузі, призначених для виконання точних обробних операцій. Проте традиційні системи керування токарними верстатами часто не відповідають вимогам сучасного виробництва, що зумовлює необхідність їх модернізації. Застосування ПЛК у керуванні токарним верстатом дозволяє досягти не лише покращення точності та надійності обробки, а й значного підвищення продуктивності, зниження втрат часу на переналаштування, а також інтеграції верстата в загальну систему автоматизованого виробництва.

Актуальність теми. У сучасних умовах економічної конкуренції підприємства машинобудівної галузі мають забезпечувати високу якість продукції при мінімальних витратах. Впровадження програмованих логічних контролерів як частини керуючих систем верстатів є перспективним напрямком, який дозволяє досягти цих цілей. Використання ПЛК відкриває широкі можливості для автоматизації технологічних процесів, підвищення рівня безпеки та зниження трудовитрат.

Мета дослідження. Розробка та впровадження системи автоматизованого управління токарним верстатом на основі програмованого логічного контролера, що забезпечує підвищення точності та продуктивності виробництва.

Завдання дослідження:

Провести аналіз особливостей функціонування токарних верстатів і вимог до їх керуючих систем.

Дослідити можливості використання ПЛК у системах управління токарними верстатами.

Розробити алгоритм керування та програмне забезпечення для ПЛК.

Об'єкт дослідження. Система керування токарним верстатом.

Предмет дослідження. Використання програмованого логічного контролера для автоматизації роботи токарного верстата.

Практична значущість. Результати дослідження можуть бути використані для модернізації токарних верстатів, зокрема на підприємствах машинобудівної галузі, з метою підвищення їх ефективності.

Таким чином, тема роботи є актуальною, має практичну цінність та спрямована на вирішення важливих завдань, пов'язаних із модернізацією промислового обладнання.

РОЗДІЛ 1

ОПИС ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ МОДЕЛІ 1А616 З ЧПК

1.1. Принцип роботи та особливості конструкції верстата

Верстат 1А616 призначений для токарного оброблення порівняно невеликих деталей, діаметром до $\varnothing 320$ мм з різних матеріалів як швидкорізальними, так і твердосплавними інструментами в умовах індивідуального та серійного виробництва. На верстаті можна нарізати різцем метричні, дюймові, модульні та пітчеві різьби. [1]

Найбільший діаметр деталі типу Диск, що обробляється над станиною, становить $\varnothing 320$ мм, а максимальний діаметр деталі типу Вал, що закріплюється в центрах над верхньою частиною супорта, не повинен перевищувати $\varnothing 180$ мм. Найбільша довжина обточування деталі з механічною подачею супорта дорівнює 660 мм при РМЦ = 710 мм. Шпиндель має наскрізний отвір $\varnothing 35$ мм під пруток до $\varnothing 34$ мм.

Привід руху різання у верстата моделі 1А616 є розділеним. Він складається з дванадцятиступінчастої коробки швидкостей, виконаної як окремий вузол, і перебірного пристрою, розташованого в шпиндельній бабці. Електродвигун, коробка швидкостей, перебірний пристрій і шпиндель, з'єднані двома клиноремінними передачами, складають привід руху різання.

Шпиндель верстата 1А616 отримує 24 швидкості обертання (9...1800 або 11,2...2240 об/хв), причому 3 швидкості збігаються за величиною під час роботи з перебором і без перебору. Таким чином, шпиндель отримує 21 різну швидкість обертання. 12 швидкостей обертання безпосередньо від коробки швидкостей через клиноремінну передачу і розвантажений приймальний шків (через зубчасту муфту)

і 12 швидкостей обертання через перебірні шестерні. Для ввімкнення перебору або зубчастої муфти служить права рукоятка на передній бабці.

Зміна чисел обертів шпинделя здійснюється за рахунок переміщення блоків шестерень по шліцьових валах за допомогою двох рукояток, виведених на передню стінку коробки швидкостей.

Реверс шпинделя здійснюється фрикційною муфтою. Гальмування - електромагнітною муфтою підключенням постійного струму в обмотку статора електродвигуна.

Передній кінець шпинделя виконаний за ГОСТ 12593 (DIN 55027, ISO 702-3-75) під поворотну шайбу, з centruвальним коротким конусом.

Оброблювана деталь встановлюється в центрах або патроні. Привід верстата 1A616 здійснюється від одного електродвигуна через два клинопасових ременя і редуктор, розташований у лівій тумбі верстата.

Наявність клиноремінної передачі оберігає механізми коробки швидкостей і шпиндельної бабки від динамічних ударів під час пуску, реверсування і гальмування.

Гальмування електродвигуна приводу здійснюється постійним струмом, що дає плавну і швидко зупинку шпинделя без нагрівання електродвигуна.

Коробка подач забезпечує нарізування метричної, дюймової і модульної різьби без застосування змінних шестерень. Для нарізування точного різьблення ходовий гвинт можна ввімкнути безпосередньо, минаючи коробку подач. Двигун для приводу швидкого ходу не передбачений.

У верстаті 1A616 передбачена можливість встановлення гідрокопіювального пристрою і гідропневмоциліндрів для затискання виробів у патроні або цанзі.

Коробка подач забезпечує нарізування метричної, дюймової і модульної різьби без застосування змінних шестерень. Для нарізування точного різьблення ходовий гвинт може бути ввімкнений безпосередньо, минаючи коробку подач.

Для нарізування різьблення з кроком до 6 мм рух, як і під час подачі супорта, запозичується від шпинделя верстата. Різьблення з більшим кроком нарізають при ввімкненому переборі з використанням ланки збільшення кроку.

У токарному верстаті 1A616 передбачена можливість нарізування особливо точних різьблень шляхом виключення кінематичних ланцюгів коробки подач і застосування спеціальних прецизійних змінних зубчастих коліс. [2]

1.2 Загальні характеристики верстата

Для реалізації поставлених задач розглянуто загальні характеристики верстата, наведені в таблиці 1.1. Характеристики різцевих полозок, шпинделя та задньої бабки представлені в таблиці 1.2. Характеристики супорта, електродвигуна, ременів, підшипників шпинделя та муфт представлені в таблицях 1.3 та 1.4 відповідно.

Таблиця 1.1 Загальні характеристики та основні розміри

Тип верстата	Токарно-універсальний багатоцільовий
Модель:	1A616
Клас точності:	H
Вага верстата, кг:	1500

Габарити верстата (довжина x ширина x висота), мм:	2135x1225x1220
Основні розміри:	
Висота центрів, мм:	165
Відстань між центрами, мм:	710
Найбільший діаметр оброблюваного виробу, мм:	34
Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над супортом, мм:	180
Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною, мм:	320
Найбільша довжина обточування, мм:	660
Крок нарізаної різьби: метричної, мм:	0,5-24
дюймової, число ниток на 1" модульної, в модулях:	0,25-22
кроковий, в пітчах:	128-2

Таблиця 1.2 Характеристики різцевих полозок, шпинделя, задньої бабки

Різальні салазки	
Найбільший хід поворота, град:	90
Ціна одного ділення шкали повороту, град:	1
Найбільше переміщення, мм:	120

Ціна одного ділення лімба, мм:	0,05
Переміщення на один оборот лімба, мм:	3
Розвантажувати:	Відсутнє
Попередній натиск на перевірку:	Наявне
Блокування:	Наявне
Шпиндель	
Межі швидкостей прямого і зворотного обертання, об/хв:	9-1800 (11-2240 за запитом)
Внутренній конус:	Морзе № 5
Діаметр отвору шпинделя, мм:	35
Гальмування шпинделя	Наявне
Блокування рукояток :	Наявна
Задня бабка	
Внутрішній конус:	Морзе № 4
Найбільше переміщення пиншрі, мм:	120
Ціна одного ділення шкали переміщення:	1
Подача:	-
Поперечне зміщення, мм:	вперед: 10; назад: 10
Привід:	Від індивідуального електродвигуна

Таблиця 1.3 Характеристики супорта

Супорт		
Кількість різців у різцетримачі:	4	
Найбільші розміри державки різця, мм:	ширина: 20 висота: 25	
Відстань від опорної поверхні різця до лінії центрів, мм:	25	
Найбільша відстань від осі центрів до крайніх різцевих головок, мм:	170	
Кількість супортів черв'ячних:	1	
Завдань:	немає	
Кількість різцевих головок у передньому супорті:	1	
Найбільше переміщення, мм:	поздовжнє	поперечне
від руки	670	195
по валику	670	-
по винту	670	195
Упори, що вимикають:	відсутні	
Швидке переміщення м/хв:	відсутнє	
Переміщення на одну поділку лімба, мм:		
поздовжнє:	1	
поперечне:	0,05	
Переміщення на один оберт лімба, мм:		
поздовжнє:	110	

поперечне:	15
Межі поздовжніх і поперечних ходів, мм/об шпинделя:	0,005-0,91

Таблиця 1.4 Характеристики електродвигуна, ременів, підшипників шпинделя, муфт

Електродвигуни	
Головного руху:	
Потужність, кВт	4
Число обертів за хвилину	1450 за 50 гц
Насоса охолодження: потужність, кВт	0,125
число обертів за хвилину	2800 При 50 гц
Ремені за ГОСТ 1284-57	
Місцезнаходження	головний привід
Тип клиновий	Б2000
Кількість	5
Тип клиновий	Б1400
Кількість	3
Підшипники шпинделя	
Передній:	

Тип	роликopідшипник дворядний радіальний
Умовне позначення	3182116
Основні розміри, мм	80x125x 34
Задні:	
Тип	шарикopідшипник упорний
Умовне позначення	8211
Основні розміри, мм	5590x25
Тип	шарикopідшипник радіально- упорний
Умовне позначення	46211
Основні розміри. мм	55X 100x21
Муфти	
місцезнаходження	фартух
Призначення	ввімкнення поздовжньої подачі
Тип	зубчаста
місцезнаходження	фартух
Призначення	увімкнення поперечної подачі
Тип	зубчаста

1.3 Принцип роботи токарного верстата

У поперечному напрямку супорт токарного верстата переміщається по гвинту вручну, гранична величина такого переміщення становить 195 мм.

Поздовжнє переміщення супорта забезпечується гвинтом або валиком, його максимальне значення може становити 670 мм. Характеристики робочих подач 1А616 при цьому однакові і можуть вибиратися в межах від 0,065 до 0,91 об/хв.

Технічні властивості 1А616 дають змогу виконувати оперативну заміну зубчастих передач у його коробці подач на змінні прецизійні елементи, що дає можливість здійснювати за його допомогою нарізування різьблення, яке вирізняється підвищеною точністю. При цьому якщо на даному токарному верстаті необхідно нарізати звичайні типи дюймового, модульного і метричного різьблення, то виконувати таку заміну не потрібно. Під час нарізування різьблення підвищеної точності слід ходовий гвинт обладнання вмикати безпосередньо, в обхід коробки подач. Конструкція 1А616 допускає таку можливість.

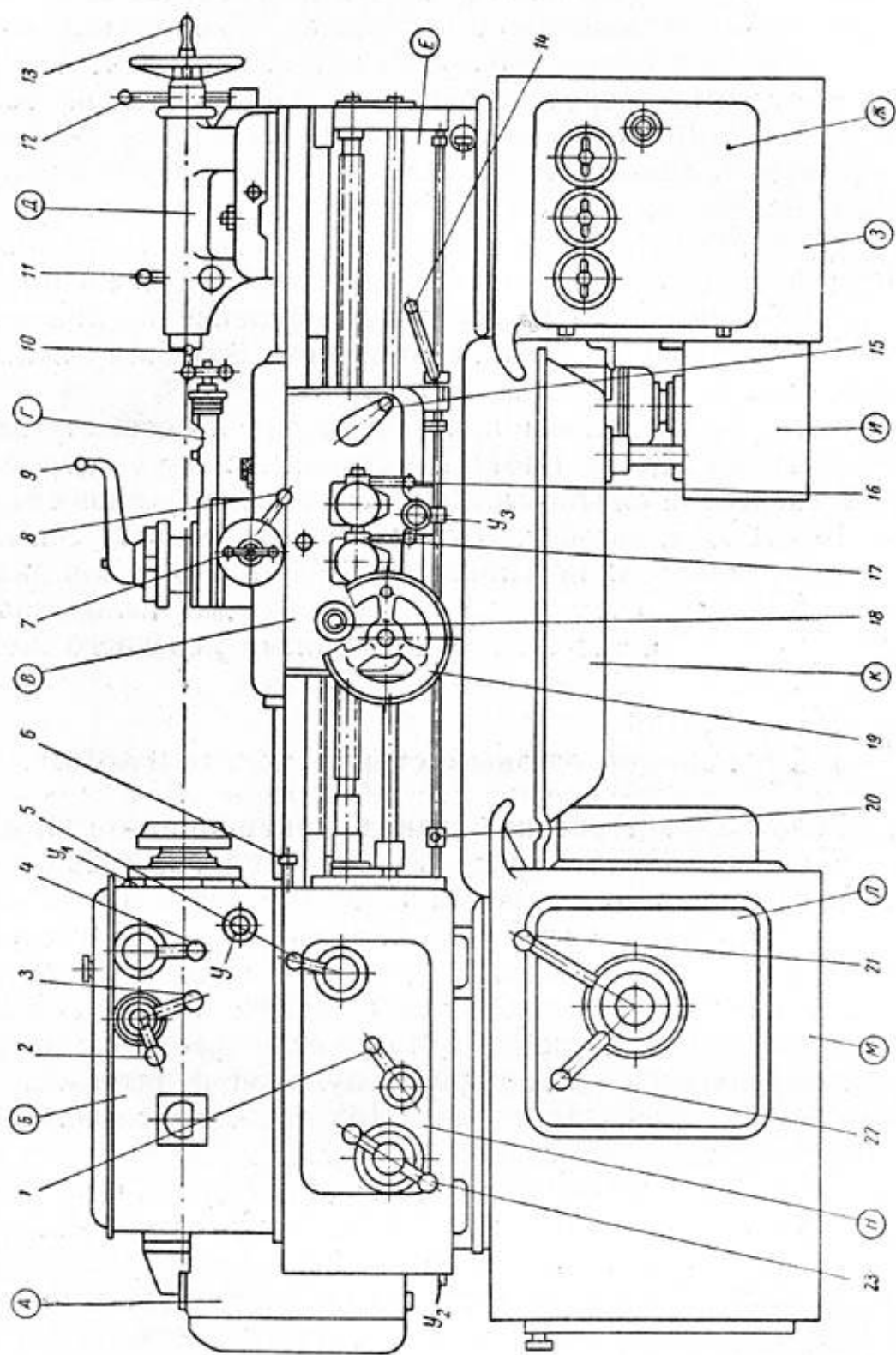


Рисунок 1.1 Будова верстата

Позначення на рис.1.1: станина Е встановлена на двох тумбах - передній М і задній 3, між якими розташований піддон 1 (для збору стружки). У передній тумбі

змонтована коробка швидкостей Л, а в задній - електрошафа Ж. Крім того, до задньої тумби прикріплений бак И і насос для охолоджувальної рідини, а до передньої - головний електродвигун. У лівій головній частині станини зверху закріплена передня бабка(рис.1.4) Б, а на бічній лицьовій частині - коробка подач Н. Гітара змінних коліс А встановлена з лівого торця станини. Фартух В із супортом Г переміщаються по зовнішніх напрямних станини, а задня бабка Д - по внутрішніх її напрямних. Разом з верстатом поставляються трикулачкові самоцентрувальні патрони підвищеної точності типу ТМ-165 і ТС-200 відповідно діаметром 165 і 200 мм і повідковий патрон діаметром 250 мм з пальцем і прихватом, а також упорні центри. За особливим замовленням поставляються рухомий і нерухомий люнети.

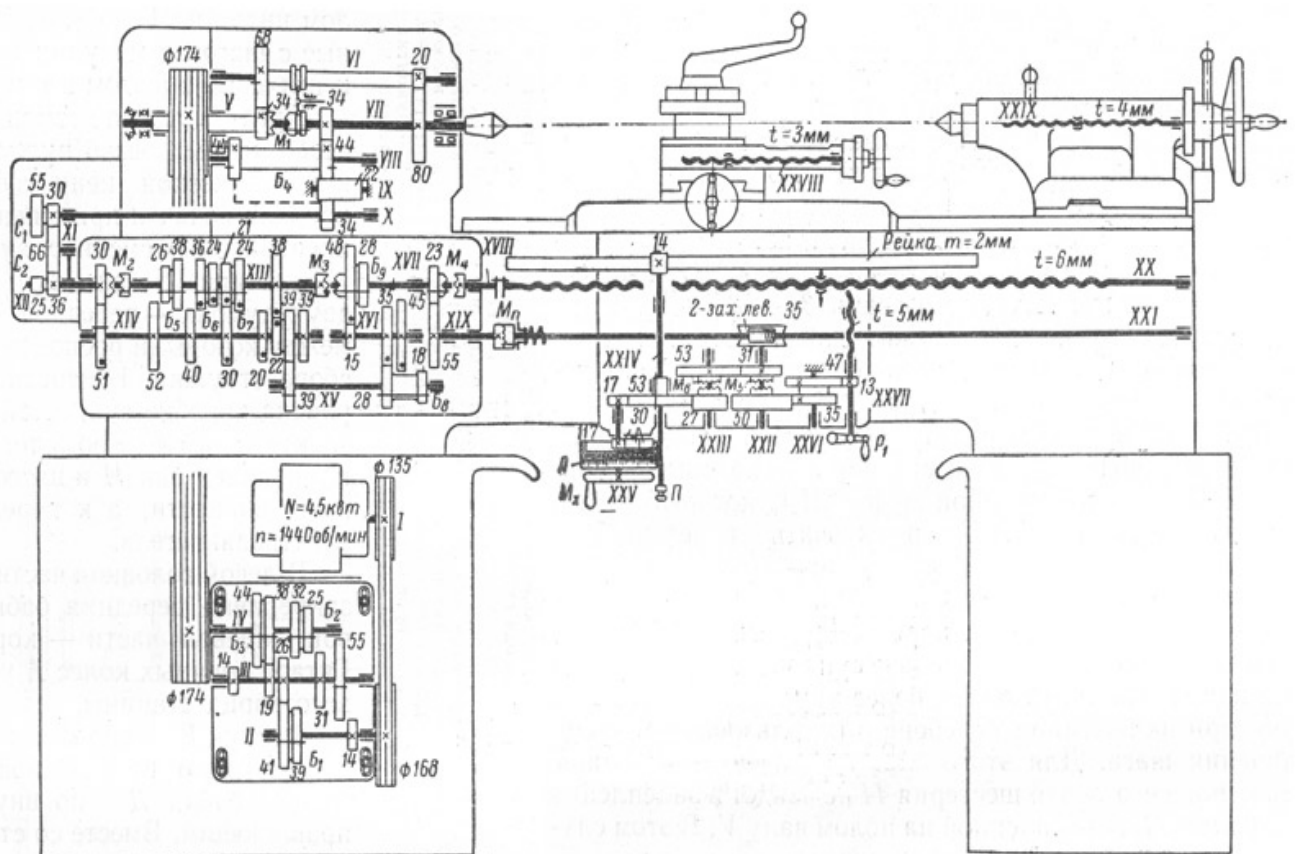


Рисунок 1.2 Кінематика верстату

1.3.1 Рух різання

Привід руху різання у верстата моделі 1А616 є розділеним. Він складається з двох клиноремінних передач, дванадцятиступінчастої коробки швидкостей і перебірного пристрою. Приводний вал II коробки швидкостей пов'язаний з електродвигуном потужністю 4,5 кВт клиноремінною передачею 135-168. Трихвального коробка швидкостей має три подвійні рухомі блоки шестерень Б1, Б2 і Б3 і одну одиночну рухому шестерню 55. Вал III отримує обертання від вала II через шестерні 41-26, коли блок Б1, як показано на схемі, зсунутий ліворуч, або через шестерні 39-31 за крайнього правого положення блоку Б1, або за допомогою шестерень 14-55. В останньому випадку шестерня 55 вводиться в зачеплення з шестернею 14, а блок Б1 встановлюється в середнє нейтральне положення. Два подвійні блоки шестерень Б2 і Б3 дають змогу збільшити кількість швидкостей на вихідному валу IV коробки швидкостей до дванадцяти. Нижній ряд чисел обертів від 11 до 280 на хвилину передається шпинделю, як показано на схемі, через перебір. Обертання від коробки швидкостей за допомогою клиноремінної передачі 174-174 передається порожнистому валу V і далі через шестерні 34-68, вал VI і зубчасту передачу 20-80 шпинделю VII. Верхній ряд чисел обертів шпиндель отримує при ввімкненій кулачковій муфті Мг безпосередньо від порожнього вала V.

1.3.2 Рухи подач

Рухи подач супорта запозичуються від шпинделя. Вал X отримує обертання через шестерні 34-44-22-34. Рухома шестерня 34 на валу X служить для зміни напрямку подач супорта. У разі зміщення шестерні вліво вал X отримує обертання від блоку шестерень Б4, минаючи паразитну шестерню 22. Для подачі супорта змінні блоки шестерень С1 і С2 встановлюються так, як показано на схемі, і вал XII

приводиться в рух від вала X через шестерні 30-66-- 36. Теоретично коробка подач може забезпечити 48 швидкостей. Однак внаслідок близького збігу ряду швидкостей практично коробка подач дає тільки 22 різні величини подачі. Проміжний вал XIX і пов'язаний з ним запобіжною муфтою Мп ходовий валик XXI отримують обертання від вихідного вала XVII коробки подач через колеса 23-55. Ходовий валик XX/ передає обертання за допомогою черв'ячної передачі 2-35 валу XXII. Останній пов'язаний з валом XXIII колесами 31-53. Дрібнозуба муфта М6 служить для ввімкнення поздовжньої подачі супорта. Рух від вала XXIII передається супорту через муфту М6, колеса 27-53, вал XXIV і рейкову передачу 14 - рейка ($t = 2$ мм). Поперечна подача здійснюється ходовим гвинтом XXVII (за увімкненої муфти М5), який отримує обертання від вала XXII через зубчасті передачі 50-35 і 47-13.

1.3.3 Рух утворення гвинтової поверхні

Для нарізування різьблення з кроком до 6 мм рух, як і під час подачі супорта, запозичується від шпинделя верстата. Різьблення з більшим кроком нарізають при ввімкненому переборі з використанням ланки збільшення кроку. Для цього блок шестерень Б4 зміщують праворуч, поки його ліва шестерня 44 не увійде в зачеплення з шестернею 34, закріпленою на порожнистому валу V. У цьому разі переміщення супорта буде здійснюватися від вала V. Для нарізування метричного і дюймового різьблення змінні блоки шестерень С1 і С2 встановлюють так само, як і під час подачі: 30-66-36. Під час нарізування модульного і пітчевого різьблення змінні блоки переставляють так, щоб рух валу XII передавався шестернями 36-66-55. Для деяких кроків різьблення застосовуються й інші варіанти встановлення змінних блоків, за яких рух передається шестернями 25-66-55 або 36-66-30. Коли нарізають дюймові і пітчеві різьблення (як показано на схемі), кулачкова муфта М2 вимкнена. Колесо 51 зачеплене з шестернею 30 вала XII, а шестерня 39 на валу XV введена в зачеплення з шестернею 39 подвійного блоку 22-39, що вільно сидить на

валу XIV. Для нарізування метричних і модульних різьблень вмикається муфта М2, колесо 51 виводиться із зачеплення, а шестерня 39 переміщається по валу XV вправо до зачеплення з колесом 39, жорстко закріпленим на валу XIV. Супорт отримує рух від коробки подач через кулачкову муфту М4, проміжний валик XVIII і ходовий гвинт XX.

Лімб Л поздовжньої подачі супорта отримує обертання від вала XXIV через шестерні 53-17 і передачу 30-30-117 з внутрішнім зачепленням. Конструкція верстата.

1.3.4 Коробка швидкостей верстата

Усередині передньої тумби 9 розміщено коробку швидкостей 6, яка завдяки наявності довгастих пазів має змогу переміщатися у вертикальній площині для здійснення натягнення пасової передачі 3, що зв'язує приводні шківни коробки швидкостей 6 і передньої бабки 4. Натяг ременів здійснюють гайками 8 після звільнення болтів 7. Після закінчення регулювання натягу ременів болти 7 треба закріпити. Головний електродвигун 1 встановлений на плиті 12, яка може переміщатися в горизонтальній площині по кронштейну 11. Останній закріплений на задній стороні тумби 9. Для регулювання натягу ременів, що зв'язують електродвигун з коробкою швидкостей, слід звільнити болти 10 і обертанням гвинтів 13 створити необхідний натяг, після чого знову закріпити болти 10. Станина 2 коробчастої форми з П-подібними поперечними ребрами має дві призматичні і дві плоскі напрямні. Коробка подач 5 кріпиться до станини 2 з лицьового боку.

На верстаті моделі 1А616 застосована тривальна 12-ступінчаста коробка швидкостей(рис.1.3). Приводний вал 13 виконаний за одне ціле з малою шестернею Z. На шліцьовому кінці цього вала консольно встановлений шків 12. На іншому кінці вала 13 розміщений подвійний рухомий блок шестерень 14. Проміжний вал

11 також виконаний за одне ціле з малою шестернею z_1 , що має, як і шестерня z , 14 зубів. У середній частині проміжного вала нерухомо закріплені шестерні 6, 7 і 9. Зубчасте колесо 10 може переміщатися по шліцах вала 11. На вихідному валу 4 розміщені два подвійні рухомі блоки шестерень 5 і 8 та приводний шків 3. Блоки шестерень 5 і 8 управляються рукояткою 17, яка має чотири фіксовані положення. Фіксація здійснюється підпружиненою кулькою 1, що западає в поглиблення загартованої планки 2. Блок шестерень 14 і рухоме колесо 10 управляються рукояткою 16. Ця рукоятка має тільки три фіксованих положення. [4]

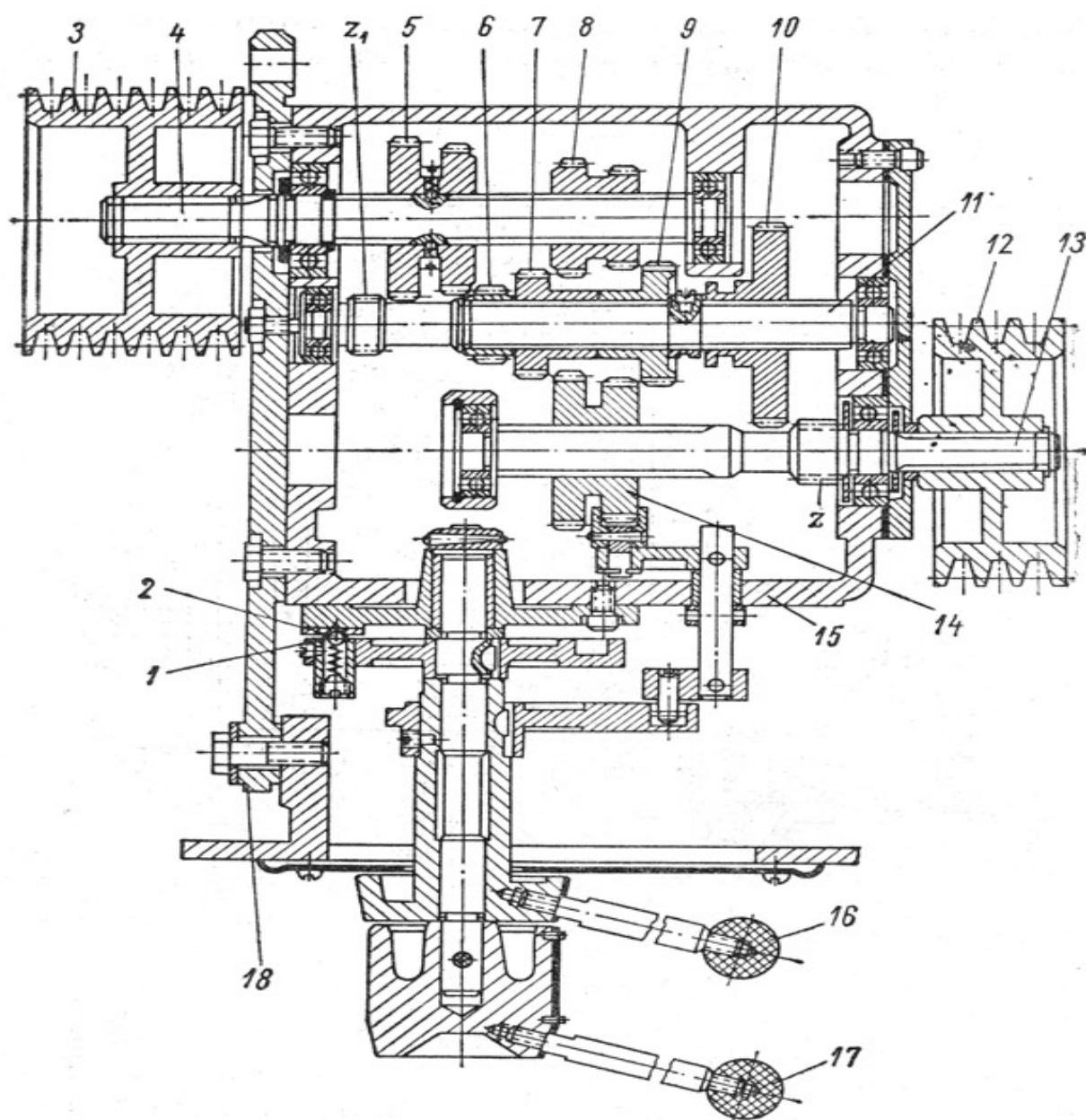


Рисунок 1.3 Коробка швидкостей

Усі робочі вали змонтовані на кулькових підшипниках у корпусі 15 коробки швидкостей (рис.1.3). Зубчасті колеса коробки швидкостей виготовлені зі сталі 40Х і загартовані ТВЧ до твердості HRC 50. До корпусу 15 пригвинчена привалочна плита 18, за допомогою якої коробка швидкостей закріплюється на платиках передньої тумби верстата.

Змащування коробки швидкостей здійснюється розбризкуванням масла обертовими шестернями. Масло закидається в лотки, укріплені на корпусі зверху. З лотка по трубках масло потрапляє в необхідні місця змащення. Заливка мастила в коробку здійснюється через пробку ПЗ, а злив мастила через пробку Пс. Рівень мастила контролюється за мастиловказівником У.

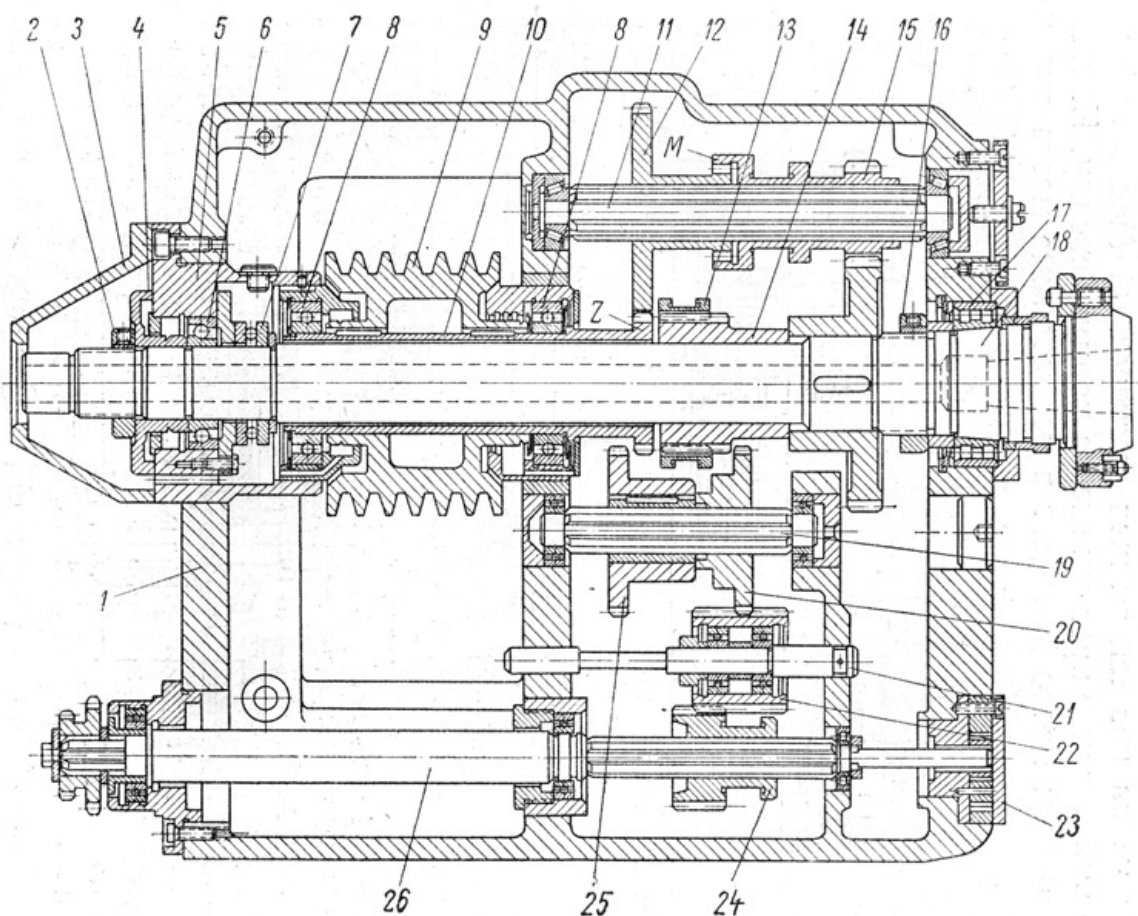


Рисунок 1.4 Передня бабка

Шпиндель 18 змонтований на високоточних підшипниках кочення класу А. У передній опорі шпинделя встановлений спеціальний регульований дворядний роликовий підшипник 17 серії 3182116А, що має у внутрішнього кільця конічну посадкову поверхню. Регулювання радіального зазору в передній опорі шпинделя здійснюється гайкою 16. Під час підтягування гайки внутрішнє конічне кільце підшипника переміщається вперед по конусній шийці шпинделя. Внаслідок цього завдяки пружним деформаціям внутрішнього кільця діаметр бігових канавок збільшується, завдяки чому зменшується або усувається зазор між роликами і кільцями. Задня опора шпинделя складається з радіально-наполегливих шарикопідшипників 6 серії 46211А і кулькового наполегливого підшипника 7 серії 8211 А. Регулювання задньої опори здійснюється гайкою 2. Шпиндель 18 верстата моделі 1А616 має фланцевий передній кінець із конічним центрувальним буртиком, виконаним за ДСТУ 2570-58, який забезпечує швидкозмінність установлення патронів і надійність їх кріплення. Приводний шків 9 закріплений на порожнистому валу 10, який змонтований на незалежних від шпинделя шарикопідшипниках 8. Такий монтаж приводного пристрою розвантажує шпиндель від зусиль, що згинають, з боку клиноремінної передачі та ведучої шестерні г перебору, виготовленої за одне ціле з порожнистим валом 10. Конструкція задньої опори шпинделя дає змогу встановлювати і замінювати приводні ремені без демонтажу шпинделя. Для цього знімають захисний кожух 3, відвертають гайку 2, відгвинчують фланець 4 і за допомогою відтискних болтів випресовують буксу 5 з корпусу 1 бабки. В отвір, що утворився, заводять клинові ремені для їх монтажу або зміни. По шліцах перебірного валика 11 переміщаються колесо 12 і шестерня 15. Вони постійно пов'язані одна з одною зубчастою муфтою М. На шпинделі жорстко закріплена шестерня 14, яка охоплюється зубчастою муфтою 13. Під час зміщення муфти 13 вліво її зуби зачіпляються з шестернею г, з'єднуючи шпиндель із порожнистим валом 10. Шестерні 20 і 25 ланки збільшення кроку з'єднані в єдиний блок і можуть переміщатися по шліцах вала 19. Широка паразитна шестерня 22 реверсивного механізму змонтована на осі 21 на

шарикопідшипниках. Рухома шестерня 24 реверсу встановлена на шліцьовому кінці вала 26. Змащування опор шпинделя проводиться маслом, що надходить самопливом з резервуара, розташованого у верхній частині корпусу по трубах. Подача мастила в резервуар здійснюється насосом 23, змонтованим на передній стінці корпусу 1 бабки, на одній осі з валом 26. Змащування шестерень шпиндельної бабки здійснюється розбризкуванням з масляної ванни. Контроль рівня мастила в шпиндельній бабці ведеться за мастиловказівником У. Мастиловказівник У1 контролює роботу мастилонасоса. Заливка мастила в корпус шпиндельної бабки здійснюється через отвір у кришці, що закривається пробкою. Спуск відпрацьованого масла здійснюється через пробку, розташовану на задній стінці корпусу.

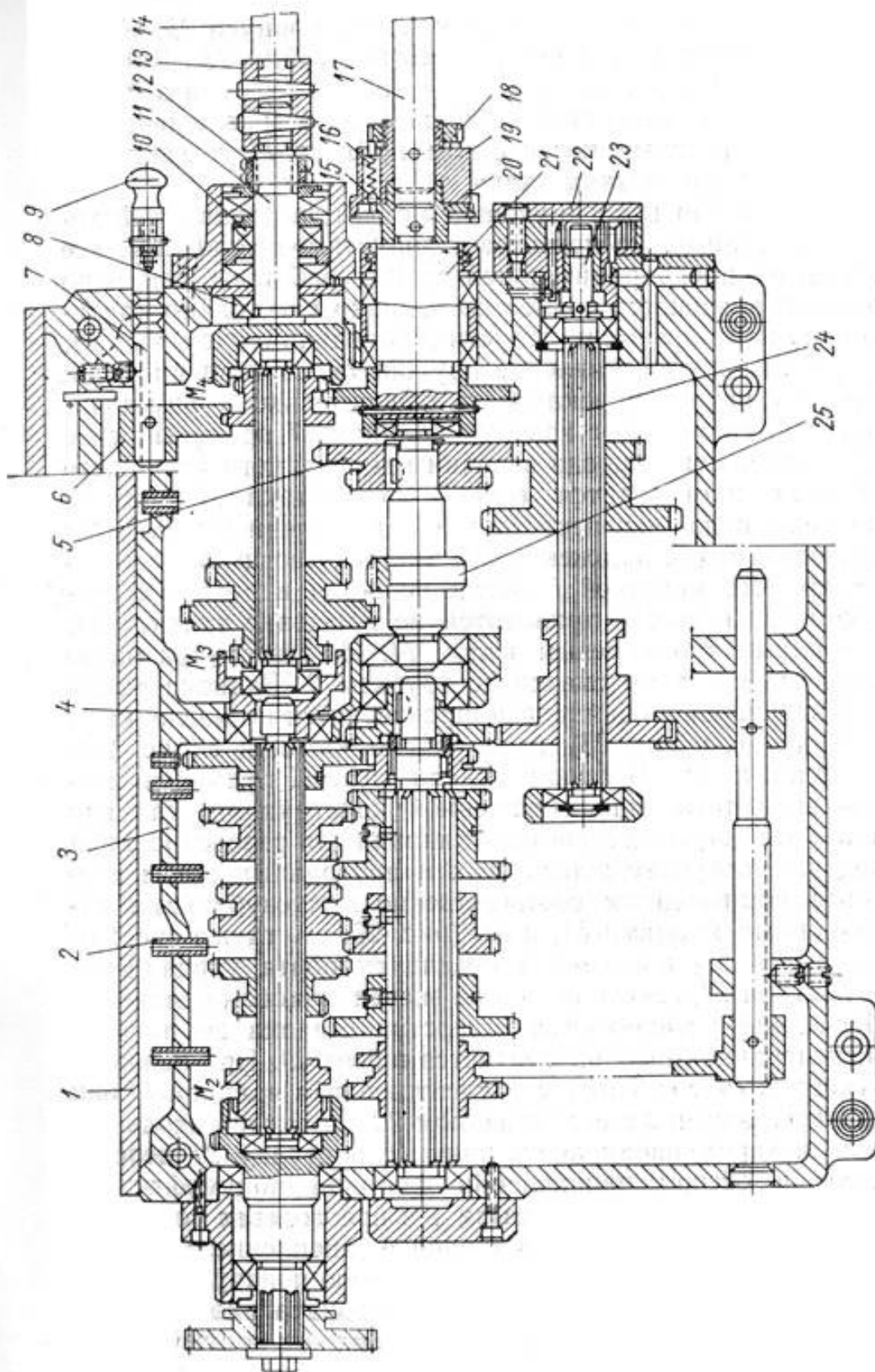


Рисунок 1.5 Коробка подач

1.3.5 Побудова коробки подач токарного верстата

На кінематичній схемі верстата кулачкові муфти М2, М3 і М4 коробки подач (рис.1.5) для зручності читання схеми і більшої наочності показані як муфти з торцевими кулачками. Насправді, як видно з малюнка, у цих муфт одна з напівмуфт являє собою шестерню із зовнішнім зачепленням, а інша - зубчасте колесо з внутрішнім зачепленням. Така конструкція кулачкових муфт більш технологічна, надійна в роботі та довговічна. Усі шестерні коробки подач виготовлені зі сталі 45 і загартовані ТВЧ до твердості HRC 50. Більшість шестерень і блоків шестерень, як рухомих, так і нерухомих, встановлено на валах на шліцьових з'єднаннях, і тільки зубчасте колесо 4 і блок шестерень 5 із конструктивних міркувань закріплено на валах за допомогою сегментних шпонок, а шестерню 25 виготовлено за одне ціле з валом. Усі вали коробки подач змонтовані на кулькових підшипниках. Вал 11, який за допомогою жорсткої муфти 13 пов'язаний із ходовим гвинтом 14, окрім двох радіальних кулькових підшипників, має також два наполегливіх прецизійних кулькових підшипники 8 і 10 класу А серії 8105, завдяки чому особливе биття ходового гвинта не перевищує 4 мкм. Ступінь попереднього натягу цих упорних кулькових підшипників регулюється гайками 12. Увімкнення ходового гвинта або ходового валика здійснюється кнопкою 9 за допомогою тяги 7 і вилки 6.

Проміжний вал 21 з'єднаний з ходовим валиком 17 за допомогою запобіжної муфти, що складається із загартованого диска 20 з отворами, корпусу 19, кульок 15, пружин 16 і регулювальної гайки 18. Диск 20 жорстко закріплений на валу 21, а корпус 19 - на ходовому валику 17. В отвори корпусу 19 муфти закладено кульки 15, які за допомогою пружин 16 і гайки 18 підтиснуті до отворів диска 20. Доти, доки крутний момент, переданий ходовому валику, не перевищує допустимої величини, всі елементи запобіжної муфти працюють як одне ціле й обертаються спільно. Однак щойно крутний момент перевищить допустиму величину, кульки 15, долаючи опір пружин 16, відійдуть праворуч, і диск 20 почне проскакувати відносно корпусу 19, який спільно з ходовим валиком 17 припинить своє

обертання. Регулювання величини допустимого крутного моменту проводиться гайкою 18.

Змащування механізмів коробки подач здійснюється під тиском мастилом із резервуара, розташованого у верхній частині корпусу 3 і прикритого кришкою 1. Масло подається в резервуар насосом 22, який приводиться в обертання валиком 23, пов'язаним зі шліцьовим валом 24. З резервуара масло подається до точок змащення по трубках 2. Заливка мастила в резервуар коробки подач проводиться за мастилопоказчиком У2 після зняття кришки 1.

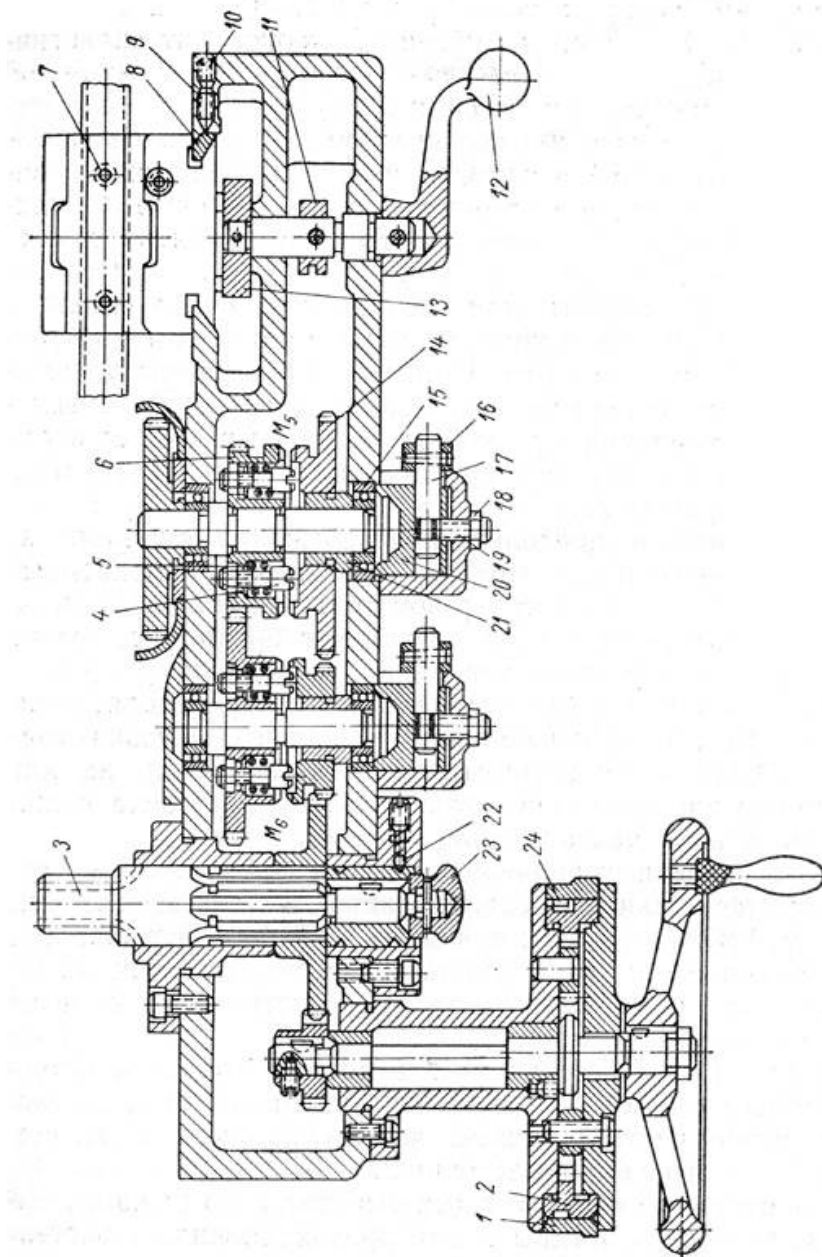


Рисунок 1.6 Фаргух верстату

1.3.6 Фартух верстата моделі 1А616

У верстаті моделі 1А616 застосований фартух закритого типу спрощеної конструкції (рис.1.6), оскільки в ньому немає додаткового механізму для реверсування подач. Увімкнення поперечних і поздовжніх подач супорта здійснюється відповідно дрібнозубчастими кулачковими муфтами М5 і М6. Муфта М5 поперечної подачі супорта управляється рукояткою 16, закріпленою на ексцентриковому валику 17. Останній встановлений в отворі склянки 20 і своєю ексцентричною шийкою впирається в болт 19. Під час повороту рукоятки 16 разом з ексцентриковим валиком 17 вони одночасно разом зі склянкою 20 рухаються уздовж осі вала і через шарикопідшипник 15 та втулку 21 переміщують в осьовому напрямку шестерню-напівмуфту 14. Остання, впираючись у штирі 4 і долаючи опір пружин 5, входить у торцеве зачеплення з шестернею напівмуфтою 6, вмикаючи поперечну подачу. Під час повороту рукоятки 16 у початкове положення пружини 5 через штирі 4 розчіплюють напівмуфти 14 і 6, вмикаючи рух подачі. Регулювання правильності увімкнення і вимкнення муфти М5 проводиться болтом 19, який після регулювання законтрюється гайкою 18. Управління муфтою М6 відбувається аналогічним чином. Увімкнення маткової гайки 7 здійснюється рукояткою 12 за допомогою фасонного диска 13. Обидві половинки маткової гайки 7 переміщуються по напрямних типу «ластівчин хвіст», які регулюються клином 8 і гвинтами 9. Останні контряться стопорами 10. Диск 11 служить для блокування одночасного увімкнення подачі від ходового валика і переміщення фартуха від ходового гвинта. Під час нарізування різьблення від ходового гвинта рейкова шестерня-валик 3 може бути виведена із зачеплення з рейкою шляхом переміщення її вздовж осі за кнопку 23. Положення шестерні-валика 3 фіксується кулькою 22.

Для відліку поздовжніх переміщень супорта на фартусі встановлений лімб 1, пов'язаний із приводним диском-шестернею 2 за допомогою пружинної пластинки

24. Такий фрикційний зв'язок дає змогу швидко встановлювати лімб 1 у зручне для відліку положення.

Заливка мастила (індустріальне 20) здійснюється через пробку, розташовану на поздовжніх полозках супорта. Злив мастила здійснюється через пробку, розташовану в днищі корпусу фартуха. Рівень масла можна спостерігати за показником УЗ.

Для змащення черв'ячної передачі фартуха передбачена спеціальна масляна ванна. Змащування дрібнозубчастих муфт поздовжньої і поперечної подачі, а також підшипників ковзання здійснюється мастилом з резервуара, розташованого у верхній частині фартуха, через маслопідвідні трубки.

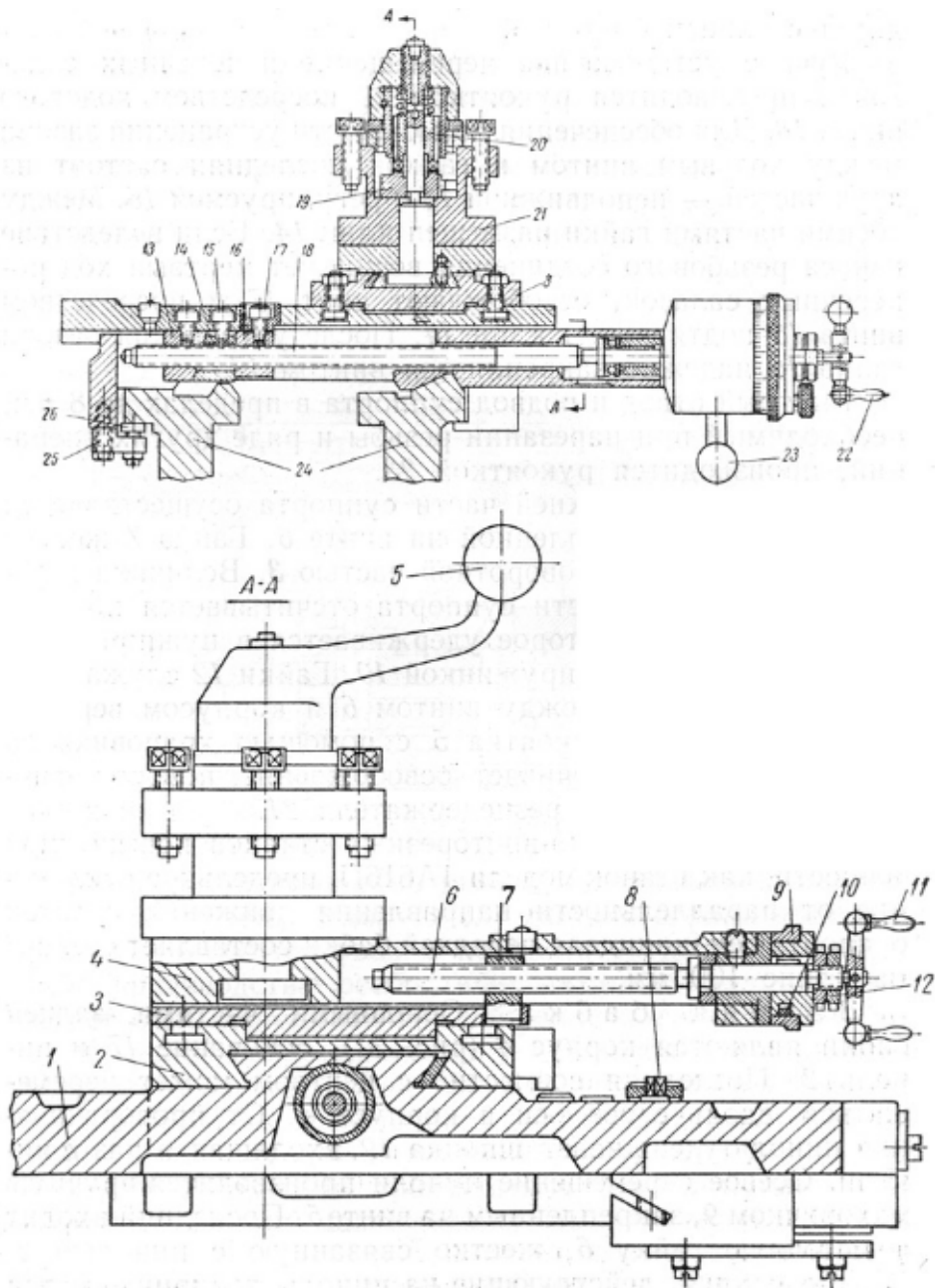


Рисунок 1.7 Супорт верстату

1.3.7 Будова супорта верстата

Хрестовий супорт складається з поздовжніх полозок 1, поперечних полозок 2, середньої поворотної частини 3, верхньої частини супорта 4 і чотирипозиційного різцетримача 21 (рис.1.7).

Поздовжні санчата 1 переміщаються по зовнішніх напрямних станини 24. Для запобігання перекиданню і для забезпечення більш плавного ходу поздовжні

санчата із заднього боку забезпечені двома планками 25 з регульованими упорами 26. Закріплення поздовжніх полозок на напрямних станини проводиться стяжним болтом 8. Ручне установче переміщення поперечних полозок 2 здійснюється рукояткою 22 за допомогою ходового гвинта 18. Для забезпечення можливості усунення зазору між ходовим гвинтом і гайкою остання складається з двох частин - нерухомої 13 і регульованої 16. Між обома частинами гайки розміщений клин 14. Якщо внаслідок зносу різбового з'єднання виникне мертвий хід поперечних полозок, звільняють гвинт 17 і за допомогою гвинта 15 підтягують клин 14. Після усунення зазору гайка 16 надійно закріплюється гвинтом 17.

Швидке відведення і підведення супорта в межах до 8 мм, необхідне під час нарізування різблення і низки інших операцій, здійснюється рукояткою 23.

Переміщення верхньої частини супорта здійснюється рукояткою 11, закріпленою на гвинті 6. Гайка 7 жорстко пов'язана із середньою поворотною частиною 3. Величина переміщення верхньої частини супорта відраховується по лім-бовому кільцю 9, яке утримується в потрібному положенні пластинчастою пружинкою 10. Гайки 12 служать для усунення зазору між гвинтом 6 і корпусом верхньої частини супорта. Рукоятка 5 за допомогою храповика 20 і кулачка 19 забезпечує звільнення, поворот, фіксацію і закріплення різцетримача 21.

Для таких токарно-гвинторізних верстатів підвищеної точності, як верстат моделі 1А616, граничне відхилення від паралельності напрямку руху полозок супорта осі шпинделя передньої бабки становить 0,02 мм на довжині 100 мм. [3]

1.3.8 Задня бабка токарного верстата

Основними частинами задньої бабки(рис.1.8) є корпус 4, основа 17 і пі-ноль 2. Остання спільно з центром може переміщатися уздовж своєї осі в корпусі 4. Від

провертання піноль утримує шпонка 19, що входить у паз пінолі. Осьове переміщення пінолі здійснюється вручну маховичком 9, закріпленим на гвинті 5. Останній входить у маткову гайку 6, жорстко пов'язану з піноллю 2. Осьові зусилля, що діють на піноль, сприймаються упорним шарикопідшипником 7. Наприкінці ходу пінолі назад витискається задній центр 1. Закріплення пінолі в корпусі бабки здійснюється рукояткою 3 за допомогою втулково-гвинтового затискача 18.

Важіль 8 служить для закріплення задньої бабки на напрямних станини верстата. Під час повороту важеля 8 за стрілкою б ексцентрик осі 10 переміщує вгору стяжку 12 з гвинтом 13. Останній піднімає правий кінець важільної планки 14, яка, будучи пов'язаною болтом 15 з корпусом бабки, натискає через сферичну голівку болта 21 на притиск 16. Притиск 16, спираючись на нижні площини напрямних станини (на малюнку не показані), надійно закріплює бабку. Упор 11 служить для обмеження ходу важеля 8 і відповідно повороту ексцентрика осі 10. Для виконання особливо важких робіт задня бабка може бути додатково закріплена гайкою 20. [5]

До задньої бабки також висуваються високі вимоги щодо точності її монтажу та встановлення. Наприклад, відхилення від паралельності переміщення пінолі задньої бабки напрямку переміщення поздовжніх полозок супорта не повинно перевищувати в горизонтальній площині 10 мкм на максимальному вильоті пінолі.

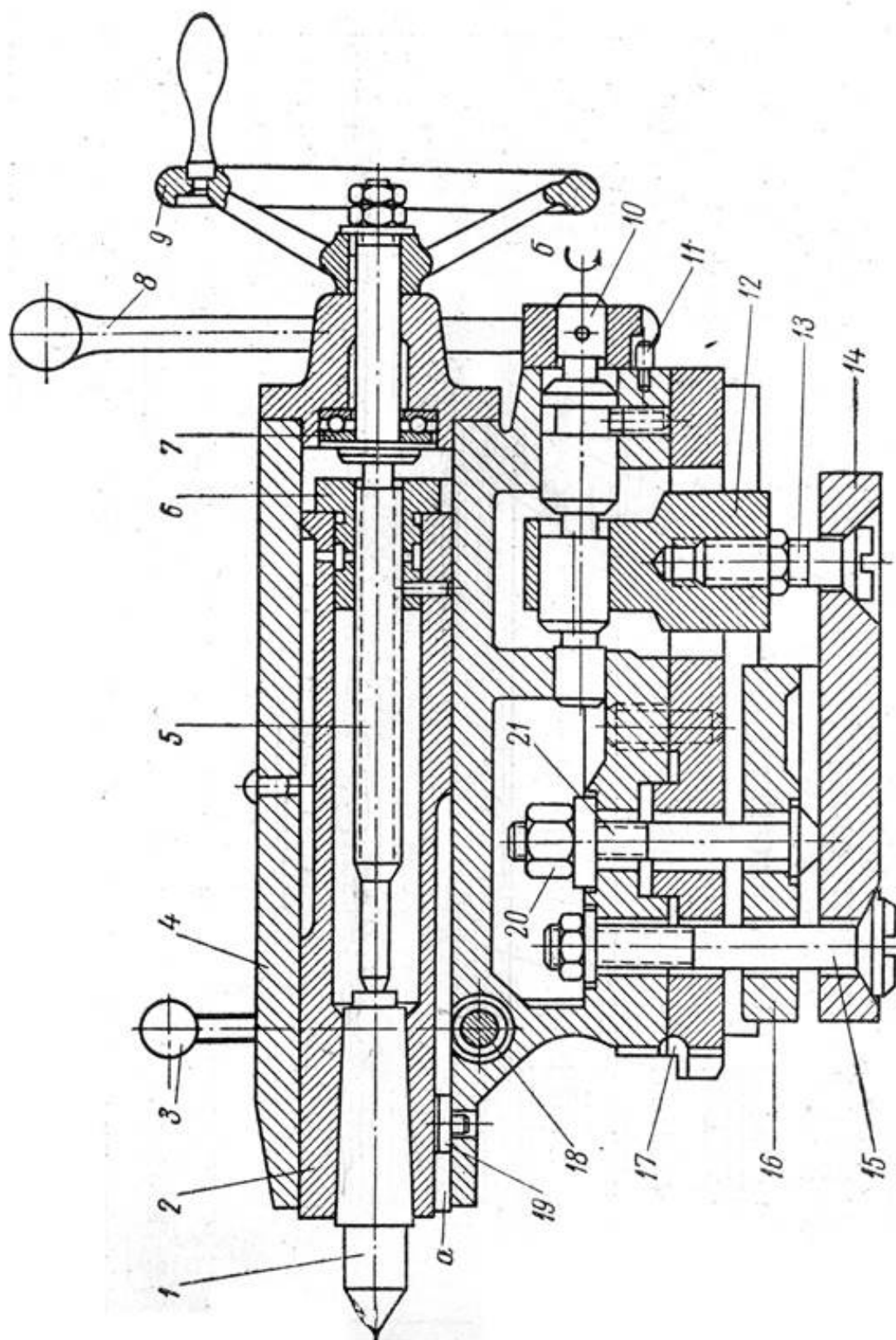


Рисунок 1.8 Задня бабка

1.4 Опис базового ЧПК встановленого на верстаті

Числове програмне управління "Контур 2ПТ-71" — це радянська система, яка була створена для автоматизації управління токарними та іншими верстатами з ЧПУ. Вона була розроблена для покращення точності, продуктивності та ефективності виробничих процесів на підприємствах різної спеціалізації.

"Контур 2ПТ-71" є типовою системою числового програмного управління (ЧПУ), яка була широко використана на заводах СРСР для управління обробкою металів на верстатах. Вона застосовувалася для обробки різних матеріалів, зокрема металів, і дозволяла здійснювати точне керування в таких операціях, як точіння, фрезерування, нарізання різьб, а також інші технологічні процеси.

Система була розроблена з урахуванням особливостей радянського виробництва, тому мала простий, але ефективний інтерфейс для оператора, що дозволяв налаштувати роботу верстатів для виконання різних завдань. Програми, які вводились в систему, писалися з використанням стандартних G-кодів, що дозволяло легко адаптувати програмування до різних типів обробки. Функціональна схема роботи даної системи керування представлена на рис.1.9.

Технічні характеристики

1. Типи управлінь: система підтримує як одноосьове, так і багатоярусне управління для різних видів обробки; є можливість додавання осей для складних обробок, таких як обробка конусів або фрезерування складних форм.
2. Панель управління: панель зручна у використанні завдяки простому меню та кнопкам для введення даних. Вона має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє оператору швидко освоїтися з системою.
3. Програмування та налаштування: система підтримує програмування з використанням стандартних G-кодів, що дозволяє легко переносити програми з одного верстата на інший; можливість імпорту програм через флеш-пам'ять або інші портативні носії інформації.
4. Інтерфейси та підключення: має кілька типів портів для підключення додаткових пристроїв, включаючи USB-порти для передачі даних і зв'язку з іншими системами; також підтримує підключення до промислових мереж для інтеграції з іншими автоматизованими системами.

Перевагами системи "Контур 2ПТ-71" є:

1. Зручність у налаштуванні та програмуванні: система має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє швидко освоїти програмування навіть новим користувачам. Завдяки використанню стандартних G-кодів, програми легко переносити між різними верстатами.
2. Підвищення ефективності виробництва: автоматизація процесів значно знижує ймовірність помилок під час обробки, що підвищує продуктивність. Можливість автоматичної корекції параметрів обробки завдяки вбудованим датчикам дозволяє зменшити кількість бракованих деталей.
3. Гнучкість і адаптивність: система підтримує багатоярусне управління і легко адаптується до різних виробничих умов, що дозволяє використовувати її для виконання різних видів обробки, від простих до складних операцій.

4. Надійність і стабільність: система забезпечує стабільну роботу протягом тривалого часу без необхідності частих обслуговувань, що є важливим фактором для тривалого використання на великих підприємствах.

5. Модульність та можливість оновлення: завдяки модульній конструкції, компоненти системи можна швидко оновлювати або замінити, що значно знижує витрати на обслуговування та ремонт.

Недоліки системи "Контур 2ПТ-71":

1. Обмежена підтримка новітніх технологій: оскільки система була розроблена в 1980-1990-х роках, вона не підтримує деякі сучасні технології, такі як інтерфейси для роботи з новими типами датчиків або бездротові з'єднання.

2. Відсутність інтеграції з сучасними CAD/CAM системами: взаємодія з сучасними системами проектування і виготовлення (CAD/CAM) може бути обмежена або потребувати додаткових перехідників та адаптерів.

3. Висока складність для непідготовлених операторів: хоча система є простою в програмуванні, для непідготовлених операторів може бути складно освоїти деякі специфічні функції або налаштування без додаткової підготовки.

4. Застаріле обладнання: "Контур 2ПТ-71" була розроблена для старих верстатів, її компоненти можуть бути складними для заміни на сучасних верстатах, що може ускладнювати інтеграцію з новими виробничими системами.

5. Можливі проблеми з обслуговуванням: оскільки система не є новою, знайти запасні частини для ремонту або модернізації може бути складно, особливо в країнах, де ця технологія не використовувалася довго.

Підключення та додаткові можливості даної системи:

1. Система вбудованих датчиків дозволяє забезпечити автоматичну корекцію процесу обробки, що підвищує точність роботи верстатів.

2. Модульна конструкція дозволяє оперативно оновлювати або змінювати компоненти системи в разі потреби, що значно знижує витрати на обслуговування і ремонт.

3. Підтримка віддаленого доступу дозволяє операторам контролювати процеси обробки та змінювати параметри з віддалених робочих місць.

"Контур 2ПТ-71" була широко застосована в металургійній промисловості, на підприємствах, які займалися виробництвом деталей для автомобільної та авіаційної промисловості, а також для виготовлення точних механічних компонентів. Ця система ЧПУ застосовувалася для виготовлення великого обсягу деталей з високою точністю, що робило її незамінною в умовах серійного виробництва.

Завдяки своїй технологічній спроможності та стабільності в роботі, система продовжує використовуватися в окремих підприємствах, які підтримують старі верстати, де потрібно забезпечити автоматичне керування за допомогою сучасних систем ЧПУ.

Висновки за розділом

У даному розділі було розглянуто принципи роботи та конструктивні особливості токарного верстата 1A616, який є універсальним і багатоцільовим обладнанням, призначеним для обробки деталей різних розмірів і матеріалів. Завдяки високій точності та можливості налаштування різних параметрів, верстат забезпечує виконання токарних операцій з широким спектром різьб, зокрема метричних, дюймових, модульних та пітчевих різьб. Високі показники точності обробки, значні розміри оброблюваних деталей і різноманітність швидкостей обертання шпинделя забезпечують його ефективну роботу в індивідуальному та серійному виробництві.

Конструктивно верстат 1A616 оснащений ефективною системою передачі руху, що включає коробку швидкостей, перебірний пристрій та шпиндель з плавним регулюванням швидкостей. Для нарізування різьблення використовуються спеціальні механізми, що дозволяють точно налаштувати процес обробки залежно від потреб. Крім того, передбачена можливість використання додаткових пристроїв, таких як гідрокопіювальні пристрої та гідропневмоциліндри, що додають універсальності верстату.

Також розглянута система числового програмного управління "Контур 2ПТ-71" що є важливою частиною автоматизації виробничих процесів на підприємствах, що займаються обробкою металів. Завдяки своїй простоті у використанні та можливості програмування за допомогою стандартних G-кодів, вона забезпечує високу точність і ефективність у процесах обробки, таких як точіння, фрезерування та нарізання різьб.

Однак, застаріле обладнання та обмежена підтримка новітніх технологій, таких як інтеграція з сучасними CAD/CAM системами, можуть створювати труднощі при її використанні в умовах сучасних виробництв. Зокрема, відсутність

сумісності з новими датчиками та бездротовими технологіями є значним недоліком, що ускладнює адаптацію системи до новітніх технологічних вимог.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДОЛОГІЯ МАГІСТЕРСЬКОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Побудова структурно-логічної схеми магістерського дослідження

Метод (від грецького *methodos* – шлях до чого-небудь) – в найбільш загальному випадку означає засіб досягнення мети, спосіб дослідження явища, який визначає планомірний підхід до їх наукового пізнання та встановлення істини. Науковий метод – це спосіб пізнання явищ дійсності в їх взаємозв'язку та розвитку, спосіб досягнення поставленої мети і завдань дослідження і відповідає на запитання: «Як пізнавати?». Методика дослідження – це система правил використання методів, прийомів та способів для проведення будь-якого дослідження. Свідоме застосування науково обґрунтованих методів слід розглядати як найсуттєвішу умову отримання нових знань. Дослідник, який добре знає методи дослідження і можливості їх застосування, витрачає менше зусиль і працює успішніше, ніж той, хто у своєму дослідженні спирається лише на інтуїцію або діє за принципом «спроб і помилок». Звісно, що точні і правильні методи – не єдині компоненти, що забезпечують успішність наукового дослідження. Методи не можуть, наприклад, замінити творчу думку дослідника, його здібність аналізувати, робити висновки і передбачення. Але застосування правильних методів спрямовує хід думок дослідника, відкриває перед ним найкоротший шлях для досягнення мети і забезпечує таким чином можливість раціонально витратити енергію і час науковця. Кожний метод наукового пізнання слід розглядати як систему регулятивних принципів практичної і теоретичної діяльності людини. Методів пізнання об'єктивної дійсності відомо дуже багато. Правильний вибір методів дослідження потребує знання їх класифікації.

Розрізняють методи теоретичних та емпіричних досліджень. Такий розподіл методів завжди умовний, оскільки з розвитком пізнання один науковий метод може переходити з однієї категорії в іншу.

Методи наукових досліджень теоретичного рівня. На теоретичному рівні дослідження одним з найпоширеніших наукових методів є абстрагування 26 (таблиця 2.1). В цілому дієслово «абстрагувати» означає відокремлювати в думках одні властивості, зв'язки та відношення явища або об'єкта від інших. Відповідно зміст даного методу полягає у відверненні від неістотних ознак предмета дослідження й одночасному виділенні тих, які мають найбільший інтерес. Використання методу абстрагування на початковому етапі дослідження дає змогу превентивно вирішити наукову проблему, акцентуючи увагу на її основних аспектах [6].

Таблиця 2.1 – Наукові методи теоретичних досліджень

Методи	Характеристики
Абстрагування	Уявне відвернення від неістотних, другорядних ознак явища або об'єкта, зв'язків і відношень між ними та виокремлення кількох сторін, які цікавлять дослідника
Аналіз	Метод пізнання, який дає змогу гіпотетично поділити явище або об'єкт на окремі складові частини та досліджувати їх відокремлено одна від одної
Синтез	Метод, який є результатом об'єднання окремих складових частин явища або об'єкта в єдине ціле, досліджуючи загальні ознаки і властивості
Моделювання	Опосередкований метод дослідження явища або об'єкта, який ґрунтується на застосуванні моделі як засобу дослідження, коли вивчити явище або об'єкт не можливо
Аксіоматичний метод	Метод побудови наукової теорії, за яким деякі твердження приймаються без доведень, а всі інші знання виводяться з них відповідно до певних логічних правил

Методи	Характеристики
Ідеалізація	Гіпотетичне конструювання явища або об'єкта, яких немає в дійсності або які за суб'єктивних причин практично нездійсненні
Формалізація	Метод вивчення явища або об'єкта через відображення їх структури в знаковій формі за допомогою штучних мов, наприклад, математики, фізики, хімії тощо
Дедукція	Умовивід, у якому висновок про той чи той елемент множини робиться на підставі знання про загальні властивості усієї множини
Індукція	Умовивід від часткового до загального, від окремих фактів до узагальнень, коли на основі знань про частини предметів певного класу робиться висновок про клас загалом

Вибір конкретних методів дослідження диктується характером фактичного матеріалу, умовами і метою конкретного дослідження.

В науковій сфері методи аналізу і синтезу зіставляються між собою.

Якщо вивчити явище або об'єкт складно та недоцільно, використовується метод моделювання. Незважаючи на те, що даний метод пов'язаний з ризиковістю, він дає змогу ґрунтовно дослідити закономірності виникнення й існування того чи іншого явища або об'єкта, реально оцінити їх взаємозалежність. При порівнянні альтернативних моделей кращою вважають ту з них, якій відповідає мінімальне значення середнього ризику. Величина похибки відображає залежність між предметом дослідження та впливом низки екзогенних чинників.

Емпіричні методи наукових досліджень

На емпіричному рівні використовується широкий спектр методів наукового дослідження, які можна об'єднати в наступну групу (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 - Емпіричні методи наукових досліджень

Методи	Характеристики
Вимірювання	Визначення кількісних характеристик явища або об'єкта за допомогою спеціальних технічних пристроїв та одиниць виміру
Порівняння	Процес зіставлення явища або об'єкта з метою з'ясування подібності та відмінності між ними, а також знаходження загального, що може бути властивим двом чи кільком явищам або об'єктам дослідження
Спостереження	Системне, цілеспрямоване, спеціально організоване візуальне сприймання явища або об'єкта, опосередковане раціональним знанням
Експеримент	Метод вивчення явища або об'єкта, коли дослідник активно та цілеспрямовано впливає на нього для створення штучних чи використання природних умов, необхідних для виявлення його ознак і властивостей

Найскладнішою є методика експериментальних досліджень, як лабораторних, так і польових.

Натомість на теоретичному рівні використовується пізнавальна діяльність, в якій структура реального експерименту відтворюється в уяві, тобто розумовий експеримент.

Модель (лат. *modus* — міра, франц. — *modele* — зразок) — штучно створений об'єкт у вигляді схеми, креслення, логіко-математичних знакових формул, фізичної конструкції й т.п., що, будучи аналогічним (подібний, подібний) досліджуваному об'єкту, процесу відображає й відтворює в більш простому, зменшеному виді структуру, властивості, взаємозв'язки й відносини між елементами досліджуваного об'єкта, процесу, безпосереднє вивчення якого зв'язано якими-небудь труднощами, більшими витратами коштів або просто не-доступно, і тим самим полегшує процес одержання інформації про предмет, що цікавить нас, явищі, процеси. [7]

Пізніше були осмислені модельні властивості креслень, малюнків, карт – реальних об'єктів штучного походження, які дозволили втілити абстракцію більш високого рівня. Тобто наступний крок заключався в визнанні того, що моделями можуть служити не тільки реальні об'єкти, а і абстрактні, ідеальні побудови, типовим прикладом яких є математичні моделі.

Коротко кажучи – Модель це системне відображення оригіналу.

Термін "модель" використовується в різних областях діяльності людини і як правило означає спрощену картину реальності або прообраз майбутнього.

У дослідженнях модель заміняє оригінал так, що її вивчення дає нові знання про об'єкт дослідження.

Термін "модель" в науці являє собою штучно створену систему, яка відображає або здатна відтворити основні сторони реальної системи, яка називається оригіналом.

Моделювання – це дослідження оригіналу не безпосередньо, а непрямим шляхом з допомогою штучно побудованої системи, яка називається моделлю.

Моделювання включає процес побудови, вивчення та примінення моделей.

Виникає запитання : для чого необхідне моделювання , у яких випадках необхідно розробляти модель, а коли проводити пряме дослідження оригіналу?

При цьому слід відмітити, що оригінал може бути недоступним для безпосереднього дослідження з причини відсутності часу і засобів, або відсутності самого оригіналу (розробка проекту, тощо). Крім того, модель завжди простіша оригіналу і дослідження на ній обходиться дешевше і потребує менше часу. Модель дозволяє оперативно міняти умови досліду (що не завжди можливо із оригіналом), дозволяє багаторазово повторити експеримент до пізнання суті.

При цьому не передбачається повна ідентичність оригіналу оскільки в такому разі втрачаються переваги моделі і всяка суть моделювання, та і вона перестає бути моделлю, а це вже буде копія-двійник, копія-дублер. Модель повинна замінити оригінал лише в принципі, по суті.

В моделі оригінал можна уявити в чистому вигляді без сторонніх впливів і непотрібних деталей.

Серед відомих методів дослідження складних електромеханічних систем можна виділити фізичне, імітаційне, аналогове та математичне моделювання.

Метод фізичного моделювання передбачає дослідження на моделі, яка відтворює основні геометричні, фізичні, динамічні та функціональні характеристики та властивості оригіналу (але не обов'язково всі властивості) та має великі можливості з визначення різноманітних якостей електромеханічних систем ті їх елементів. Він базується на трьох теоремах аналізу подібності.

Практично необмежені можливості з виявлення ефективного функціонування складної електромеханічної системи має метод математичного моделювання. Він ґрунтується на здатності математично описувати рівняннями різні за природою явища (процеси) та виявляти різні функціональні зв'язки між елементами системи.

Аналогове моделювання базується на однаковому для моделі та натури математичному описі та використовується для імітації на основі аналогової фізичної системи по її елементам. При цьому кожному з фізичних елементів натури в моделі відповідає певний еквівалент. У якості моделей використовуються електричні кола, складені з пасивних та активних елементів.

Імітаційне моделювання використовується частіше за всього при дослідженні складних електромеханічних систем та представляють собою процес формування моделі реальної системи та проведення над нею численних експериментів з метою виявлення шляхів її створення, вдосконалення та (або) ефективного використання.

При математичному моделюванні застосовуються аналітичні та статистичні моделі. Аналітичні моделі більш грубі, враховують менше число факторів, завжди потребують деяких припущень та спрощень. Проте вони більше пристосовані для пошуку оптимальних рішень.

Статистичні моделі у порівнянні з аналітичними більш точні, але громіздкі та погано доступні для огляду.

При математичному моделюванні взаємозв'язки і закономірності оригіналу відображаються в математичній формі.

Моделювання починається із всестороннього вивчення об'єкту дослідження і постановки задач (проблеми). Проблема і задачі повинні бути чітко сформульовані. Далі слід знайти в реальній формі чи розробити модель оригіналу, яка б відображала чи могла відобразити основні сторони оригіналу.

По розробленій моделі проводять власне експеримент. Змінюють в певних межах вхідні параметри і досліджують вихідні. В результаті таких експериментів перевіряють модель на адекватність відображення оригіналу, отримують нові дані про оригінал, визначають числові параметри позитивних і негативних змін.

Комп'ютерна модель (або чисельна)— комп'ютерна програма, яка реалізує абстрактну модель деякої системи. Комп'ютерні моделі використовуються для отримання нових знань про об'єкт, що моделюється або для приблизної оцінки поведінки математичних систем, які досить складні для аналітичного дослідження. Комп'ютерне моделювання є одним з ефективних методів вивчення складних систем. Комп'ютерні моделі простіші та їх зручніше досліджувати в силу можливості проводити обчислювальні експерименти в тих випадках, коли реальні експерименти немає можливості проводити через фінансові труднощі або фізичні перешкоди. Для підтримки математичного моделювання розроблені системи комп'ютерної математики, наприклад, *Maple*, *Mathematica*, *Mathcad*, *MATLAB*, *VisSim* та інші. В даній роботі використовується програма *Simulink* пакету *MATLAB*.

2.2 Структурно-логічна схема магістерського дослідження

Методологія - це система базисних принципів, методів, методик, способів і засобів їх реалізації в організації та побудові науково-практичної діяльності. Вона включає в себе методи теоретичного та емпіричного пізнання і являє собою алгоритм пошуку і досягнення мети.

Основне призначення методики дослідження полягає у тому, щоб на основі відповідних принципів (вимог, умов, обмежень тощо) забезпечити успішне вирішення визначених мети і завдань наукового дослідження.

Структурно-логічна схема є однією з форм планування роботи і візуалізації процесу, яка дозволяє з одного боку описувати процедуру (алгоритм) дослідження і досягнення мети тобто сформулювати робочу гіпотезу дослідження, а з другого – установити логічну послідовність виконання структурних розділів і підрозділів магістерської роботи.

Спочатку вибирається тема дослідження та обґрунтовується її актуальність та складається індивідуальний календарний план роботи.

Ведеться пошук літератури за темою, її аналіз, складання бібліографії.

Розробляється перший варіант теоретичної частини:

- постановка мети і конкретних завдань дослідження;
- визначення об'єкту й предмета дослідження;
- вибір методів (методики) проведення дослідження.

Виконується опис процесу дослідження згідно з обраним методом. Моделювання процесів у електроприводі гвинтового конвеєра проводиться шляхом математичного моделювання з використанням пакету Simulink програми MATLAB.

Наводиться інтерпретація отриманих результатів дослідження.

На підставі виконаних розрахунків та отриманих характеристик проводиться узагальнення отриманих теоретичних результатів.

На заключному етапі роботи проводиться розробка заходів охорони праці, впровадження результатів магістерського дослідження у навчальний процес.

2.3 Вибір методу вирішення поставленої задачі дослідження

Дана магістерська робота не передбачає проведення експериментальних досліджень, має теоретичний характер, тому основним методом для відображення отриманих результатів є моделювання.

Моделювання як метод наукового пізнання виникло в зв'язку з необхідністю вирішення завдань, які з тих чи інших причин не можуть бути вирішені

безпосередньо. Вони виникають у випадках, коли об'єкт або недосяжний для дослідника, або він ще не існує і потрібно обрати оптимальний варіант його створення, або дослідження реального об'єкта вимагає багато часу та економічно не вигідне тощо. При моделюванні використовується принцип аналогії, ґрунтуючись на якому в процесі наукового дослідження висувуються гіпотези, тобто передбачення, що будуються на невеликій кількості дослідних даних, спостережень, інтуїтивних припущень, перевірка правильності яких здійснюється шляхом експерименту [17].

Модель будується для того, щоб відобразити характеристики об'єкта (елементи, взаємозв'язки, структурні та функціональні властивості), суттєві з точки зору мети дослідження. Отже, моделювання пов'язане зі спрощенням, огрубленням прототипу, абстрагуванням від ряду його властивостей, ознак, сторін.

Процес дослідження реальних систем, що охоплює побудову моделі, дослідження її властивостей і перенесення одержаних відомостей на реальну систему, називають моделюванням.

Моделі поділяються на такі види:

- інтуїтивні (виражені на папері);
- фізичні (макети, муляжі, що дозволяють наочно ілюструвати, саме ті процеси, які мають місце у природі. За допомогою таких моделей можна вивчати вплив окремих параметрів на певний фізичний процес);
- математичні (дозволяють кількісно досліджувати явища, які важко піддаються вивченню за допомогою фізичних моделей);
- знакові (вираженні мовою, алгоритмами, графічно, математично);
- функціональні (описують залежності між входом і виходом системи);
- структурні (описують оргструктури систем).

Послідовність робіт при моделюванні виробничої системи.

- дослідження модельованої системи і постановка задачі - вивчення літературних джерел, проведення досліджень, тощо;

- формалізація задачі - виявлення особливостей системи, виділення головного, основного. На цьому етапі визначають, які параметри системи, яку ми моделюємо необхідно відобразити в моделі;

- розробка математичної моделі задачі і її запис в структурній формі.

Розробити математичну модель задачі це означає побудувати спеціальну таблицю чи схему, у якій усі економічні, технологічні та інші виробничі умови і вимоги виражені у вигляді нерівностей і рівнянь і об'єднані цільовою функцією. Математична модель може бути подана у структурній, загальній символній чи числовій формі. Послідовність розробки моделі може бути різною, але зручніше спочатку скласти систему змінних величин, записати систему обмежень, а потім цільову функцію. В моделі виділяють змінні величини, константи і коефіцієнти. Змінні в моделі відображають невідомі величини;

- аналіз кількісних залежностей параметрів задачі;
- збір інформації і її обробка;
- побудова числової моделі;
- вибір математичного методу вирішення задачі;
- вирішення задачі на ЕОМ;
- аналіз результатів вирішення і коригування моделі;
- вирішення задачі на ЕОМ по скоригованій моделі.

Головними рівнями дослідження та моделювання систем є мікро- та макрорівень. Мікрорівневе моделювання системи пов'язане з детальним описом кожного компонента системи, дослідженням її структури, функцій, взаємозв'язків, тощо. Практична реалізація найважливішого етапу мікромоделювання – виявлення елементів системи та взаємозв'язків між ними – пов'язана з необхідністю подолання суперечності між бажанням повного дослідження кожної з підсистем та елементів системи, реальною можливістю дослідити при цьому структуру системи загалом і принципи її функціонування.

Макрорівневе моделювання полягає в ігноруванні детальної структури системи та вивченні лише загальної поведінки системи як єдиного цілого.

У процесі дослідження реальних систем і побудови їх моделей використовуються різні методи моделювання, що залежать від характеристик об'єкта, рівня знань про нього, мети дослідження та вимог до моделі.

Аксіоматичне моделювання полягає у відповідній інтерпретації та переведенні змістовного опису системи на мову чітких математичних термінів і відношень, у процесі чого усуваються неясності, суперечності, неповнота або надлишковість, які властиві вербальному описові системи.

Емпірико-статистичне моделювання використовує широко відомий кібернетичний принцип “чорної скрині”, що не дозволяє отримати модуль структури системи, причинно-наслідкових зв'язків і механізмів її функціонування. В результаті моделювання отримують моделі типу “вхід - вихід”, які базуються на теоретичних гіпотезах про форми взаємозв'язку між входами і виходами системи.

Оптимізаційне моделювання передбачає включення у модель як взаємозв'язків між змінними та параметрами, так і критерії якості функціонування системи.

Імітаційні моделі складних систем надзвичайно поширені внаслідок своєї універсальності, можливості проведення чисельних експериментів, передбачення різноманітних змін.

За мірою повноти опису моделювання поділяють на повне, неповне та наближене. Повне моделювання передбачає побудову моделі, адекватної об'єкту дослідження у просторі та часі. Для неповного моделювання ця адекватність не зберігається. При наближеному моделюванні беруться до уваги лише найважливіші аспекти системи.

Дослідження математичної моделі дає змогу отримати характеристики реального об'єкта чи системи. Вигляд математичної моделі залежить як від природи системи, так і від завдань дослідження.

Математична модель системи містить, як правило, опис множини можливих станів системи та закон переходу з одного стану в інший. Математичне моделювання охоплює імітаційне, інформаційне, структурне, ситуаційне тощо.

Розрахунок задач магістерського дослідження проводиться за допомогою електронної обчислювальної техніки за допомогою програми Mathcad. На базі складених диференціальних рівнянь проводиться математичне моделювання системи керування електропривода. За допомогою програми Simulink досліджуються перехідні характеристики системи при зміні задаючих параметрів.

Слід зазначити, що метод моделювання – вивчення явищ за допомогою моделей – сьогодні має особливе значення для вирішення складних фізичних завдань, чому значною мірою сприяє зростанню продуктивності комп'ютерної техніки. Саме тому в цьому магістерському дослідженні як основа використаний метод моделювання.

РОЗДІЛ 3

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1. Програмований контролер Syntec 6TA

Контролер Syntec 6TA є високопродуктивним пристроєм для управління верстатами з числовим програмним управлінням (ЧПУ), що складається з кількох ключових компонентів, які працюють разом для забезпечення стабільної і точної роботи системи. Даний контролер базується на архітектурі вбудованих систем і оснащений 8-дюймовим рідкокристалічним дисплеєм та універсальною панеллю з текстовими клавішами. Системи постачаються з інтегрованими сервоосями, шпинделем та ручним колесом. USB-порти також доступні на передній панелі. Ця серія забезпечує високу стабільність, простоту використання та високу надійність за низькою ціною. Загальний вигляд контролера зображений на рис.3.1.



Рисунок 3.1 Контролер Syntec загальний вигляд

З-осьове сервопривідне позиціонування забезпечує високоточне переміщення інструменту. Це дозволяє з точністю до мікрон виконувати операції на верстатах. Шпиндельні набори DA (диференційне аналогове керування на 10 В) дозволяють контролювати швидкість обертання шпинделя, що забезпечує належну продуктивність при обробці різних матеріалів. 1 набір осей MPG (ручний генератор імпульсів) дозволяє оператору вручну коригувати позицію інструмента з високою точністю. [9]

Основні компоненти контролера включають в себе наступні елементи:

Процесор (ЦПУ) – являється основний елемент контролера, що виконує всі обчислення для виконання G-кодів, управління рухами, обробки сигналів від датчиків та управління вихідними сигналами. Він відповідає за точність виконання команд і швидкість обробки.

Пам'ять: Оперативна пам'ять для зберігання програм і даних, що активно використовуються; пам'ять для зберігання програм — для зберігання G-кодів, налаштувань верстатів та іншої конфігураційної інформації.

Модулі I/O (вхідні/вихідні модулі): забезпечують з'єднання з зовнішніми пристроями, такими як датчики, серводвигуни, реле, індикатори, та приймають або передають дані відповідно до оброблених команд контролера.

Інтерфейси: USB-порти для збереження та передачі даних, включаючи програмування; Ethernet для забезпечення швидкої передачі даних через локальні мережі; RS-485 для підключення додаткових пристроїв і забезпечення надійної передачі даних на великі відстані.

Джерело живлення: підключається до джерела AC 100-240V, що дозволяє використовувати контролер в різних регіонах і з різними стандартами живлення.

Схематичне зображення основного інтерфейсу для оператора, що відображає всі процеси на токарному верстаті представлений на рис.3.2. ЧПК забезпечує виконання технологічних операцій, моніторинг стану системи та взаємодію з виконавчими механізмами, такими як шпиндель, сервоприводи та

периферійні модулі. Основні габарити: загальна ширина: 400 мм; висота: 320 мм; глибина: 93 мм.

Компактний форм-фактор дозволяє інтегрувати у різні види обладнання, зокрема токарні та фрезерні верстати.

Функціональні зони включають в себе:

Екран (LCD-дисплей): 8-дюймовий LCD-дисплей для виведення інформації про процеси обробки, налаштувань системи, стану верстата, помилок і повідомлень оператора. Виконує роль основного інтерфейсу для взаємодії оператора із системою.

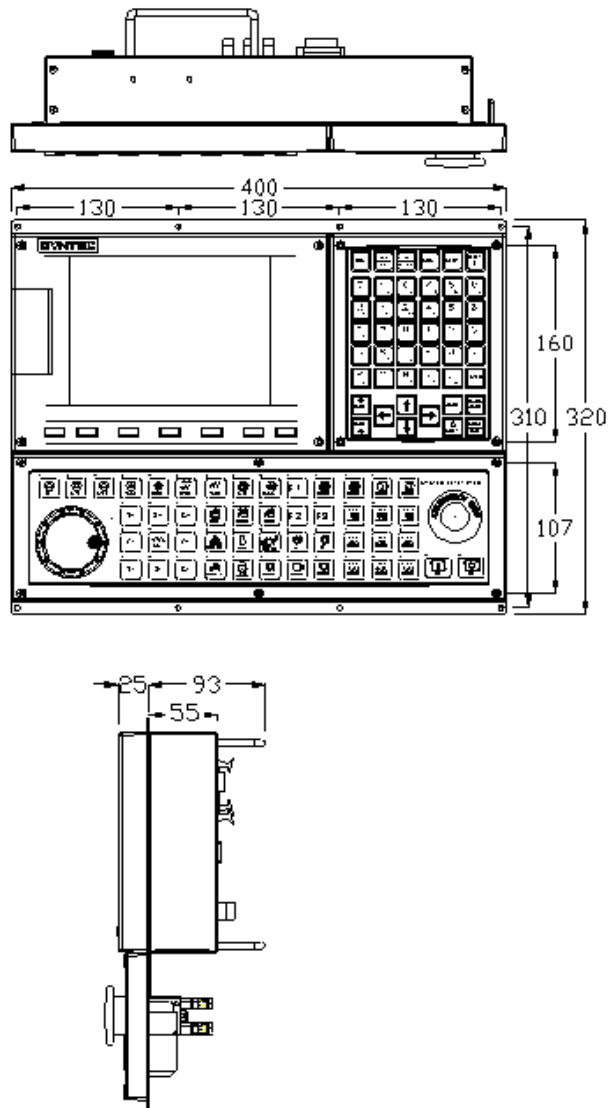


Рисунок 3.2 Схематичне зображення контролер Syntec

Панель керування: вбудована клавіатура і кнопки для ручного керування процесами обробки, введення налаштувань і запуску програм. Включає кнопки для введення G-кодів, налаштувань та швидкого доступу до функцій обробки. Нижня панель в свою чергу включає маховик для ручного переміщення інструменту (ручний генератор імпульсів) і додаткові кнопки для управління. Забезпечує оператору зручність налаштування верстата в режимі ручного керування.

Інженерні підключення: на бічній панелі передбачені роз'єми для підключення до периферійних пристроїв (сервоприводи, модулі вводу/виводу, система шпинделя). Конструкція дозволяє легко інтегрувати пристрій у складні автоматизовані системи. [10]

Задня панель пристрою SYNTEC Model 6TA з схемою підключення представлена на рис.3.3, має чітко структуровану організацію роз'ємів і компонентів для забезпечення підключення до зовнішніх систем. Конструкція передбачає наявність стандартних інтерфейсів для передачі даних, живлення, а також взаємодії з периферійними пристроями. Розташування роз'ємів оптимізоване для зручності монтажу та інтеграції пристрою в систему.

Задня панель має 32 входи та 32 виходи в стандартній конфігурації, що дають змогу контролеру підключати великий набір датчиків, кінцевих вимикачів та виконавчих пристроїв. Для спеціалізованих застосувань можна вибрати 16 входів/16 виходів, що зменшує вартість і підходить для менших верстатів або простих операцій. Дані забезпечують підключення до зовнішніх систем, модулів вводу/виводу, виконавчих механізмів та мережевих інтерфейсів. Кожен порт має чітко визначену функцію та відповідає за передачу або прийом даних, живлення чи управління. Нижче наведено детальний опис кожного порту та його призначення:

1. Вихідний порт живлення DC5V: Цей порт забезпечує 5V постійного струму для підключення додаткових периферійних пристроїв, таких як панель Syntec HK VGA, що використовує цю напругу для роботи з екраном.

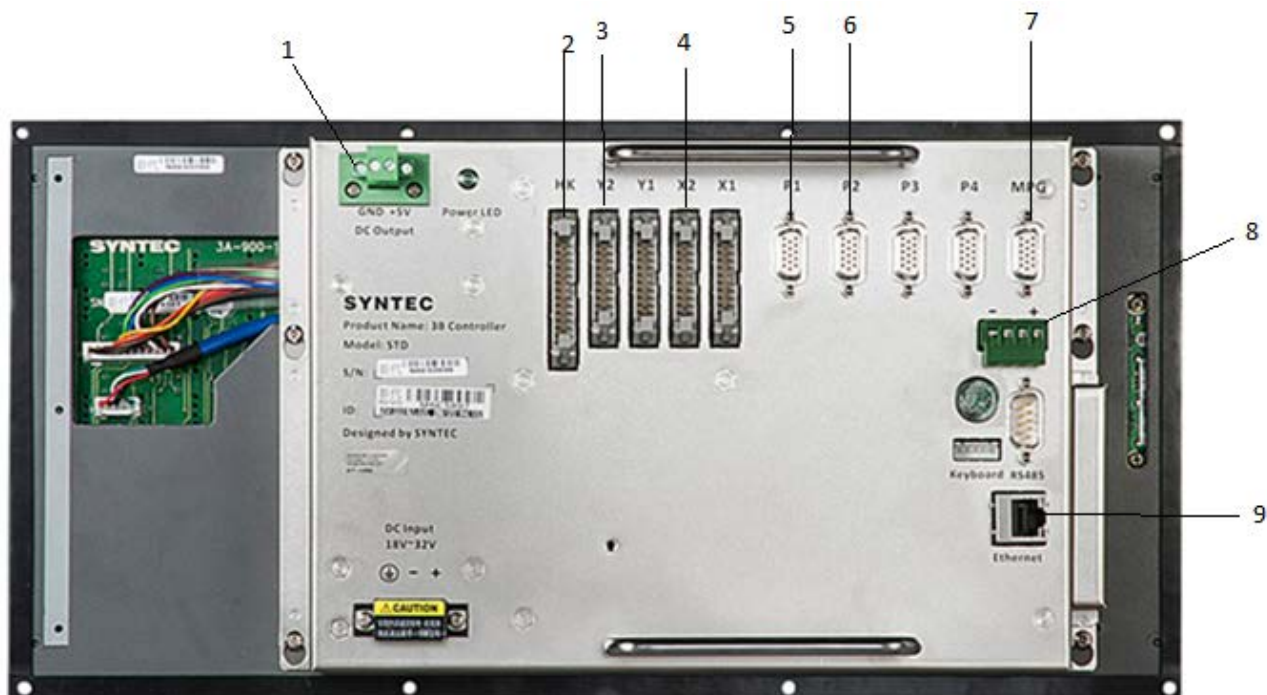


Рисунок 3.3 Задня панель пристрою SYNTEC Model 6TA

2. Порт НК: це спеціальний інтерфейс для підключення до панелі Syntec НК. Цей порт дозволяє використовувати розширену панель для управління та налаштувань системи.

3. Порти Y1 та Y2 (Вихідний інтерфейс): ці порти використовуються для підключення до зовнішніх вихідних кінцевих плат, таких як реле або інші пристрої, які здійснюють управління на виході системи.

4. Порти X1 та X2 (Вхідний інтерфейс): порти X1 і X2 дозволяють підключати зовнішні вхідні термінальні плати, що використовуються для отримання сигналів від датчиків або вимикачів, які взаємодіють з системою.

5 та 6. Вихід управління шпинделем (Порт SP): цей порт забезпечує управління шпинделем, включаючи зворотний зв'язок від енкодера для точного контролю швидкості обертання шпинделя.

7. Порт MPG: це вхідний інтерфейс для MPG (ручного генератора імпульсів), який має 7 точок для налаштування точок позиціонування. Це дає можливість ручного регулювання і точного налаштування верстата.

8. Порт RIO: підключення до модуля Syntec RIO (Remote I/O) для розширення можливостей вводу/виводу, даючи змогу підключати додаткові пристрої та сенсори для збору даних.

9. Порт LAN 10/100M: інтерфейс Ethernet (10/100 МГц), який дозволяє контролеру підключатися до локальних мереж для передачі даних і віддаленого моніторингу та управління.

Електрична схема підключення основних компонентів системи вводу/виводу, що використовується для керування та індикації стану зображена на рис.3.4. Схема демонструє взаємодію між лініями даних, зовнішнім живленням (VEXT), індикаторними елементами та транзисторними ключами.

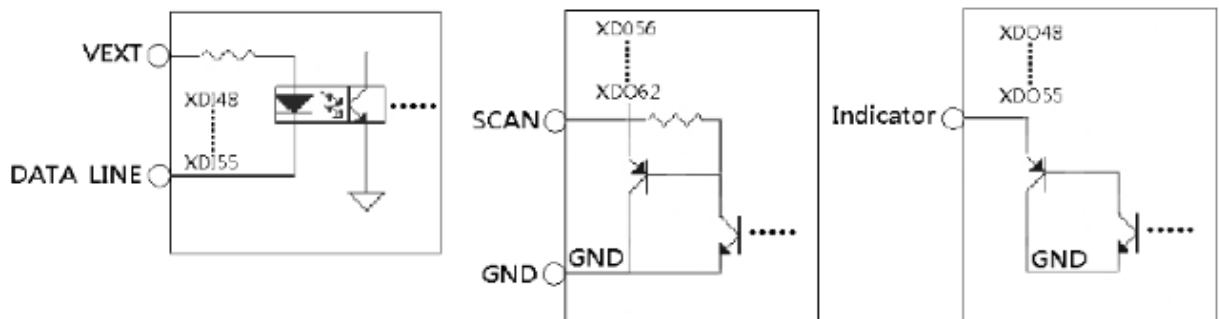


Рисунок 3.4 Електрична схема підключення основних компонентів системи

Дана схема призначена для прийому сигнали, що надходять від зовнішніх джерел, через гальванічно розв'язане підключення. Забезпечує захист і безперебійну передачу даних до наступних блоків. Виконує функцію активації транзисторного ключа, що дозволяє контролювати виконання окремих операцій або стану системи та служить для візуалізації стану системи, наприклад, сигналізує про активацію певної лінії або операції.

Робоча температура до 55°C робить контролер універсальним для використання в умовах високих температур, що особливо важливо на великих виробничих майданчиках.

3.2 Особливості роботи контролера

Контролер підтримує повну функціональність для токарних і фрезерних верстатів. Це включає стандартні операції, такі як обробка поверхонь, різблення, свердління, а також складні процеси, як-от полігональне точіння і фрезерування складних профілів.

Приклад програми для фрезерування:

G21 ; Встановлення одиниць вимірювання в міліметри

G17 ; Вибір площини XY для фрезерування

G00 X0 Y0 ; Переміщення інструмента до початкової точки

G01 X50 Y50 F100 ; Лінійне переміщення до точки (50, 50) з подачею 100 мм/хв

G02 X100 Y0 I50 J0 ; Кругова інтерполяція до точки (100, 0) з радіусом 50 мм

M05 ; Зупинка шпинделя

M30 ; Кінець програми

Завдяки модульній конструкції система дуже проста в обслуговуванні. Пошкоджені компоненти (модулі I/O, панелі керування або датчики) можна легко замінити, що дозволяє зменшити час простою. [11]

Сучасна передача даних: підтримка розповсюджених протоколів дозволяє контролеру швидко передавати дані між системами, забезпечуючи стабільну і швидку роботу навіть в умовах великих навантажень.

Точна синхронізація рухів забезпечує високоточні операції при виконанні складних траєкторій. Всі осі працюють в реальному часі, що дає можливість виконувати навіть найскладніші обробки без помилок.

Схема роз'ємного підключення входів та виходів для модулів вводу/виводу, що використовуються в системі керування наведено на рис. 3.5 та рис.3.6. Схема містить опис роз'ємів (пінів), їх функціональність та відповідність сигналам.

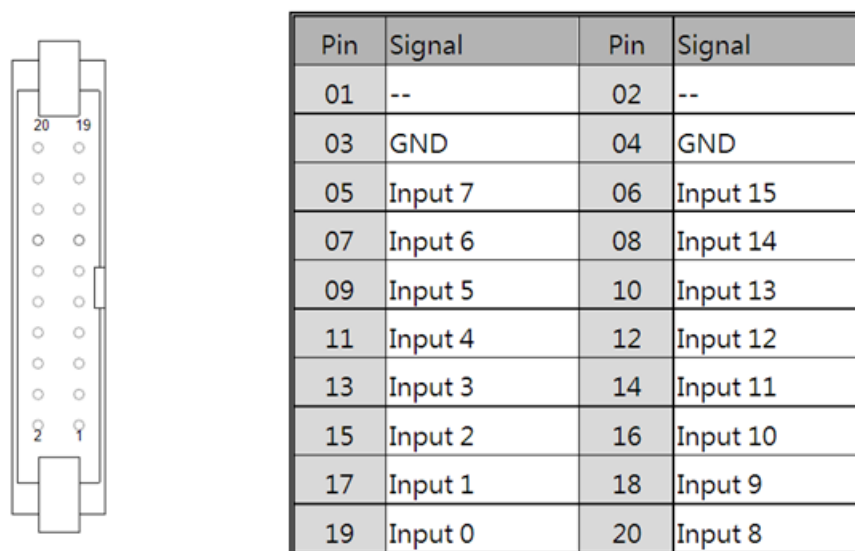
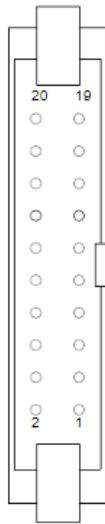


Рисунок 3.5 Схема роз'ємного підключення входів

Роз'єм підтримує до 16 вхідних сигналів, що дозволяє підключити велику кількість пристроїв до системи керування. Чітке позначення пінів і їх призначення дозволяє легко інтегрувати роз'єм в автоматизовані системи, забезпечуючи швидкий монтаж та налаштування.



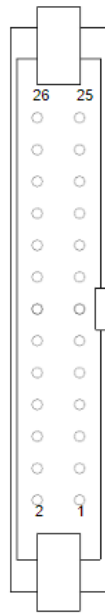
Pin	Signal	Pin	Signal
01	24V	02	24V
03	GND	04	GND
05	Output 7	06	Output 15
07	Output 6	08	Output 14
09	Output 5	10	Output 13
11	Output 4	12	Output 12
13	Output 3	14	Output 11
15	Output 2	16	Output 10
17	Output 1	18	Output 9
19	Output 0	20	Output 8

Рисунок 3.5 Схема роз'ємного підключення виходів

Використання окремих пінів для заземлення забезпечує стабільність сигналів та знижує вплив електричних перешкод. Роз'єм такого типу застосовується для підключення вхідних модулів у системах числового програмного керування (ЧПК) або програмованих логічних контролерів (ПЛК). Він забезпечує надійне передавання сигналів від датчиків і перемикачів та зручне підключення зовнішніх пристроїв до центральної системи.

Прикладом підключення є індуктивний датчик наближення X1.1 (IN1), реле на виході Y1.1 та OUT1 для активації механізму, реле для охолоджувальної рідини.

Інтерфейс матричного сканування призначений для взаємодії панелі управління з іншими елементами системи через матричне сканування(рис.3.6). Він дозволяє оптимізувати підключення та взаємодію між різними компонентами обладнання.

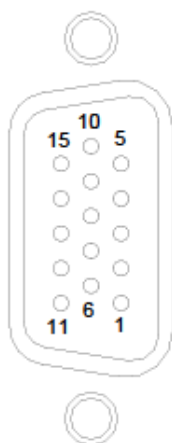


Pin	Signal	Pin	Signal
01	XDO 48	02	XDO 49
03	XDO 50	04	XDO 51
05	XDO 52	06	XDO 53
07	XDO 54	08	XDO 55
09	XDO 56	10	XDO 57
11	XDO 58	12	XDO 59
13	XDO 60	14	XDO 61
15	XDO 62	16	GND
17	VEXT	18	XDI 48
19	XDI 49	20	XDI 50
21	XDI 51	22	XDI 52
23	XDI 53	24	XDI 54
25	XDI 55	26	--

Рисунок 3.6 Інтерфейс матричного сканування

Матричне сканування дозволяє зменшити кількість фізичних підключень. Замість прямого підключення кожного сигналу, вхідні та вихідні сигнали об'єднуються у матрицю, що дозволяє скоротити кількість необхідних каналів. Завдяки матричній організації система послідовно перевіряє рядки та стовпці, визначаючи активний сигнал. Такий інтерфейс використовується в числовому програмному керуванні (ЧПК) або програмованих логічних контролерах (ПЛК) для підключення датчиків (наприклад, кінцевих вимикачів або оптичних сенсорів), управління виконавчими механізмами (реле, клапанами, двигунами), моніторингу стану системи в реальному часі.

Інтерфейс керування сервоприводом являє собою 15-контактний інтерфейс для керування сервоприводом (рис.3.7). Такий інтерфейс використовується для передачі команд, моніторингу стану сервопривода та обробки сигналів зворотного зв'язку, що забезпечує точне управління рухами осей у системах автоматизації.



Pin	Signal	Pin	Signal	Pin	Signal
1	A+	6	Z-	11	CW+
2	A-	7	ALM+(+24V)	12	CW-
3	B+	8	ALM-(GND)	13	CCW+
4	B-	9	SERVO-ON	14	CCW-
5	Z+	10	SERVO-CLR	15	OUT_COM

Рисунок 3.7 Інтерфейс керування сервоприводом

Контакти 1, 2 (A+, A-): призначені для передачі інкрементальних сигналів A від енкодера сервопривода. Ці сигнали визначають положення вала привода та забезпечують зворотний зв'язок для точного контролю руху.

Контакти 3, 4 (B+, B-) використовуються для передачі інкрементальних сигналів B, що разом із сигналами A дозволяють визначати напрямок обертання.

Контакти 5, 6 (Z+, Z-) передають сигнали нульової позиції (маркерний імпульс Z), які використовуються для калібрування та встановлення початкового положення.

Контакти для управління та стану сервопривода:

Контакти 7, 8 (ALM+ та ALM-) сигнали тривоги (Alarm) вказують на наявність несправностей у роботі сервопривода. ALM+ (+24V) активується при виникненні помилки. ALM- (GND) використовується для зворотного зв'язку про стан сервопривода.

Контакт 9 (SERVO-ON) команда ввімкнення сервопривода. Подача сигналу на цей контакт активує сервопривод, дозволяючи його роботу.

Контакт 10 (SERVO-CLR) скидання помилки. Використовується для очищення стану тривоги після усунення несправності.

Контакти для управління напрямками обертання:

Контакти 11, 12 (CW+ та CW-) управління обертанням сервопривода за годинниковою стрілкою (Clockwise, CW).

Контакти 13, 14 (CCW+ та CCW-) управління обертанням сервопривода проти годинникової стрілки (Counterclockwise, CCW).

Додатковий вихідний сигнал:

Контакт 15 (OUT_COM) використовується як загальний вихідний сигнал (Common Output) для взаємодії із зовнішніми системами або контролерами.

Особливості інтерфейсу

Точність управління: інкрементальні сигнали (A, B, Z) забезпечують точний контроль положення, швидкості та напрямку обертання вала сервопривода.

Моніторинг стану: сигнали тривоги (ALM) дозволяють своєчасно виявляти несправності та запобігати пошкодженням обладнання.

Зворотній зв'язок: інтерфейс підтримує сигналізацію нульової позиції (Z), що спрощує калібрування системи.

Гнучкість управління: контакти CW та CCW дозволяють точно керувати напрямком обертання, забезпечуючи високу адаптивність для різних технологічних операцій.

Для забезпечення ручного управління переміщенням осей у системах числового програмного керування (ЧПК) через інтеграцію з центральним контролером SYNTEC 6A використовується ручний генератор імпульсів (MPG) представлений на рис.3.8. Його основна мета полягає в забезпеченні точного налаштування інструмента та його позиціонування в координатній системі верстата перед або під час виконання автоматичних операцій.

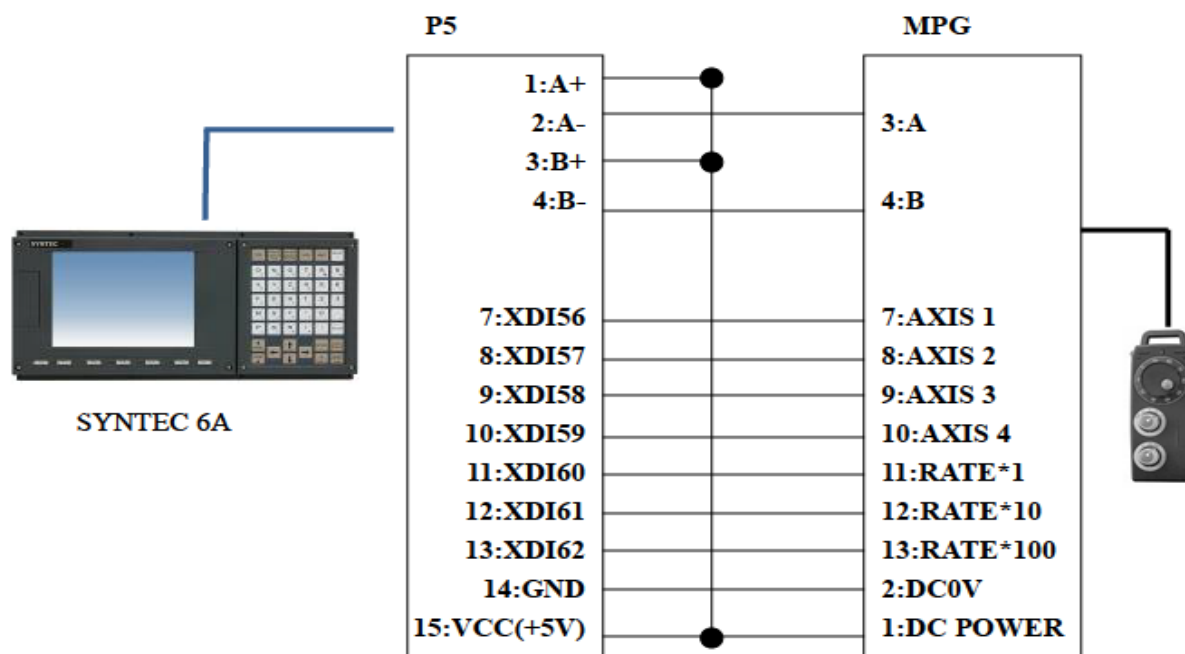


Рисунок 3.8 Ручний генератор імпульсів (MPG)

Числове програмне керування SYNTEC 6A виконує роль центрального керуючого блоку, який обробляє сигнали від ручного генератора імпульсів (MPG) та інших периферійних пристроїв. Приймає сигнали від роз'єму P5 і виконує відповідні операції, наприклад, переміщення інструмента в заданому напрямку.

Роз'єм P5 з'єднує генератор імпульсів (MPG) із системою SYNTEC. Складається із 15 контактів, що забезпечують наступні процеси:

Сигнали енкодера (контакти 1–4) передають імпульсні сигнали A+, A-, B+, B- для визначення положення і напрямку обертання.

Вхідні сигнали (контакти 7–13) використовуються для передачі інформації про обрані осі або швидкість переміщення.

Живлення (контакти 14, 15) забезпечують подачу напруги для роботи генератора імпульсів.

Ручний генератор імпульсів (MPG) забезпечує ручне керування переміщенням осей верстата. Основними функціями є сигнали А і В (контакти 3, 4): генерують імпульси для передачі до роз'єму P5, вибір осей (контакти 7–10) дозволяють оператору обирати, з якою віссю працювати (X, Y, Z або додаткова вісь) та вибір коефіцієнтів подачі (контакти 11–13), що дозволяють змінювати швидкість переміщення ($RATE \times 1$, $RATE \times 10$, $RATE \times 100$). [13]

Основними перевагами використання генератора імпульсів є точність (імпульсні сигнали А і В дозволяють забезпечити високу точність переміщення, що є критичним для ручного налаштування осей), гнучкість (оператор може легко змінювати параметри переміщення без необхідності переналаштовувати програму), простота інтеграції (роз'єм P5 забезпечує просте підключення MPG до центральної системи без необхідності використання складних додаткових модулів) та безпека (чітко визначені контакти живлення та сигнали знижують ризик помилок під час підключення).

Схема підключення контролера Syntec 6TA зображена на рис.3.9 демонструє взаємодію ключових компонентів автоматизованої системи управління для токарного верстата. Вона показує, як контролер забезпечує зв'язок і управління різними приводами, моторами та інверторами, використовуючи різні типи команд, включаючи аналогові та пульс-команди.

Контролер Syntec 6TA виступає в ролі центрального елемента, що координує роботу драйверів, які відповідають за обробку сигналів і управління моторами. Система забезпечує високоточне регулювання руху завдяки використанню енкодерів для зворотного зв'язку. Драйвери Syntec та Yaskawa дозволяють підключати мотори різних типів, налаштовуючи їх параметри через контролер відповідно до конкретних вимог.

Завдяки такій інтеграції, схема забезпечує гнучке і ефективне керування обробкою, точність руху, а також можливість налаштування для різних умов роботи. Всі компоненти працюють у тісній взаємодії, що гарантує стабільність і надійність роботи всієї автоматизованої системи.

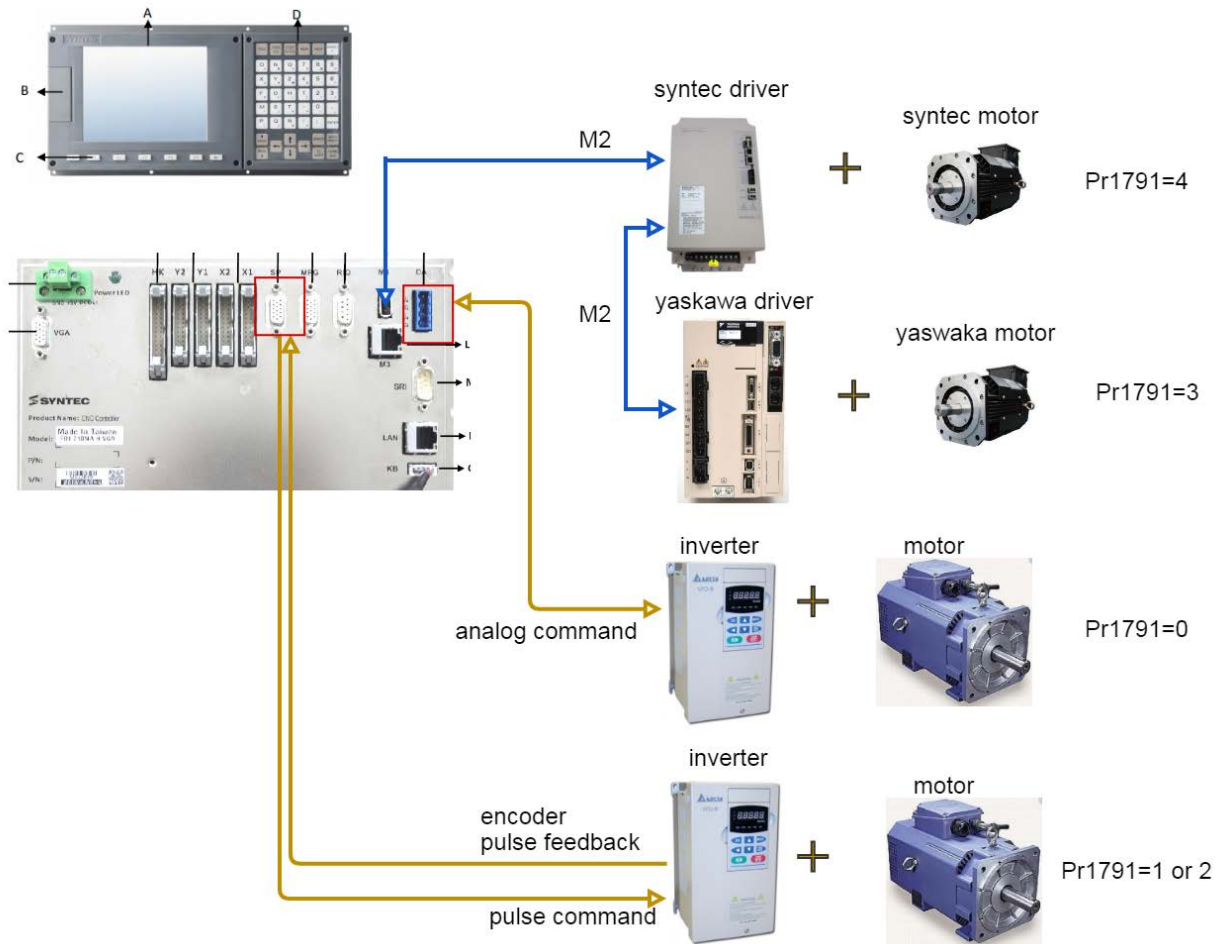


Рисунок 3.9 Схема підключення контролера Syntec 6TA

3.3 Діагностика та налагодження системи Syntec

Для забезпечення стабільної роботи системи числового програмного керування важливими етапами є її діагностика та налагодження. Ці процеси дозволяють виявити можливі несправності, оптимізувати роботу обладнання та налаштувати параметри, які відповідають технологічним вимогам. Налагодження системи включає перевірку апаратних компонентів, аналіз сигналів та корекцію параметрів програмного забезпечення. [12]

Апаратна діагностика

На першому етапі здійснюється перевірка апаратної частини системи. Особлива увага приділяється стану підключень та правильності функціонування основних компонентів. Проводиться аналіз напруги живлення, яка подається на систему керування, шпиндель, сервоприводи та інші елементи. Для цього перевіряються контакти на роз'ємах, таких як P5, які забезпечують передачу сигналів між центральним контролером SYNTEC, генератором імпульсів (MPG) та іншими пристроями. Також тестується стан датчиків, таких як кінцеві вимикачі та датчики положення осей, які забезпечують точність роботи. У разі несправності будь-якого компонента система виводить попередження або тривогу, що фіксується в системних журналах SYNTEC. Для аналізу цих даних оператор може використовувати вбудовані інструменти діагностики.

Тестування сигналів

Система SYNTEC підтримує перевірку як вхідних, так і вихідних сигналів. Вхідні сигнали, що надходять через роз'єм P5, включають дані від ручного генератора імпульсів, перемикачів та датчиків. Вихідні сигнали, такі як команди керування шпинделем, подачею чи сервоприводами, передаються виконавчим механізмам. Для перевірки сигналів використовуються діагностичні інструменти, які відображають стан кожного входу та виходу у реальному часі. Це дозволяє виявити проблеми з підключенням чи збої в обробці даних. [14]

Налагодження осей

Один із ключових етапів налагодження – це калібрування осей. Використовуючи ручний генератор імпульсів (MPG), оператор налаштовує положення осей, задаючи нульові точки для кожної координати (X, Y, Z). Система SYNTEC дозволяє виконувати ці дії з мікрометровою точністю завдяки імпульсам, що генеруються MPG. Крім цього, здійснюється перевірка точності руху осей. Наприклад, під час тестових переміщень вимірюються фактичні відхилення інструмента від заданих координат, після чого вносяться необхідні корективи. Це важливо для забезпечення відповідності обробки технологічним вимогам.

Налаштування шпинделя

Налагодження шпинделя включає встановлення параметрів швидкості обертання та перевірку роботи системи охолодження. Система SYNTEC дозволяє тестувати обертання шпинделя на різних швидкостях та контролювати стабільність цих параметрів. У разі виявлення коливань обертів або перегріву шпинделя система автоматично генерує попередження для оператора.

Перевірка сервоприводів

Сервоприводи є основними виконавчими елементами для переміщення осей. Під час налагодження налаштовуються параметри швидкості, прискорення та гальмування. Крім того, перевіряється плавність їх роботи, щоб уникнути вібрацій або перевантажень. У разі потреби коригуються налаштування PID-регулятора для забезпечення стабільності рухів.

Програмна перевірка

Останній етап налагодження включає тестування програмного забезпечення. Виконується симуляція роботи верстата із завантаженими G-кодами для перевірки траєкторії руху інструмента без реальної обробки. Це дозволяє переконатися в правильності програмування та уникнути помилок під час реального виконання технологічної операції. Додатково налаштовуються параметри подачі, глибини різання та інших змінних, залежно від типу матеріалу, що обробляється. У разі виникнення помилок у програмі оператор може оперативно внести корективи.

Інструменти перевірки сервоприводів:

У системі Syntec є кілька корисних інструментів для перевірки та налаштування сервоприводів. Основним методом є використання команд G28 та G31, які використовуються для перевірки точності руху та налаштування системи.

G28 — команда повернення до референсної точки. Ця команда використовується для того, щоб верстат повернувся в стандартне положення (найчастіше в нульову точку координатної осі). Цей процес дозволяє перевірити

точність і стабільність роботи сервоприводів, а також забезпечити правильність стартових позицій перед початком основної обробки.

Приклад програми:

G28 X0 Z0 ; Повернення інструмента до референсної точки

G31 — команда для пропуску, що використовується для визначення точки контакту інструмента з матеріалом або з іншими елементами верстата. Зазвичай ця команда застосовується для калібрування, де необхідно точно визначити контакт між інструментом і поверхнею або датчиком. Це дуже корисно при налаштуванні датчиків і для автоматизації вимірювання заготовок.

Приклад програми:

G31 X50 Z50 ; Пропуск для визначення позиції контакту

Методи компенсації похибок:

Компенсація похибок є важливою частиною роботи на верстатах з ЧПУ, оскільки вона допомагає зменшити помилки, що виникають через механічні похибки або точність серводвигунів.

Компенсація геометрії інструмента (G41/G42): Це дозволяє врахувати розмір і форму носика інструмента під час обробки. Якщо інструмент має певний радіус, командою G41 (для лівої компенсації) або G42 (для правої компенсації) можна автоматично коригувати траєкторію руху, щоб врахувати цей радіус і уникнути помилок позиціонування. Це важливо для досягнення високої точності при обробці.

Приклад програми для компенсації носика інструмента:

G41 D1 ; Компенсація носика інструмента з лівої сторони

G42 D1 ; Компенсація носика інструмента з правої сторони

Автоматична корекція траєкторії: Вона використовується для корекції руху інструмента, якщо є відхилення в роботі сервоприводів або механічних похибках,

таких як люфти або неточності в передавальних механізмах. Це забезпечує точне позиціонування навіть при незначних відхиленнях у роботі машини, що дозволяє зберігати високу якість обробки протягом тривалого часу.

Приклад програми для корекції траєкторії:

G05 ; Автоматична корекція траєкторії

Постійна діагностика та корекція є необхідними для забезпечення стабільної роботи верстатів з ЧПУ. У системах Syntec для цього використовуються різноманітні інструменти, які дозволяють автоматично або вручну здійснювати корекцію на різних етапах обробки. Це дає змогу максимально зменшити технічні проблеми, підвищити точність та продовжити термін служби обладнання. [8]

3.4 Типові сценарії використання ПЛК Syntec на виробництві

Токарні верстати:

Нарізання різьби: Завдяки циклам нарізання різьби, таким як G21, ПЛК Syntec дозволяє ефективно автоматизувати процес нарізання різьби з можливістю налаштування кроку і кількості витків, що робить процес швидким і точним.

Обробка торців і зовнішніх поверхонь: Використання команд G24 для обробки торців дозволяє точно контролювати рухи інструмента по прямолінійним або конічним траєкторіям.

Фрезерні верстати:

Полярна інтерполяція: Використання команд G12.1 та G13.1 для полярної інтерполяції дозволяє ефективно обробляти ексцентричні форми, що є критично важливим для виготовлення таких деталей, як шестерні, колеса або інші складні геометрії.

3D обробка: ПЛК Syntec здатний управляти складними траєкторіями, що дозволяє обробляти 3D форми з високою точністю.

Складні обробні процеси:

Автоматизація виробничих ліній: Syntec використовується для автоматизації виробничих ліній, де необхідна висока точність при виготовленні великих серій однакових деталей, наприклад, у виробництві автомобільних компонентів, електронних виробів або машинних частин.

Інтеграція з роботизованими системами: Завдяки можливостям підключення до систем, що використовують Mechatrolink III, контролер Syntec може бути частиною автоматизованих ліній, де роботи та ЧПУ машини працюють разом для підвищення ефективності та зменшення людського втручання.

Обробка металу і пластмаси:

Токарні і фрезерні операції: Виробництво точних металевих деталей із різноманітними механічними властивостями, з використанням стандартних та спеціальних G-кодів для обробки як металів, так і пластмас.

Шліфування і полірування: ПЛК Syntec використовується для шліфування та полірування поверхонь з високо точним управлінням осями, що необхідно в галузях, таких як авіаційна та медична промисловість.

Обробка деревини:

ПЛК Syntec можна інтегрувати в верстати для обробки деревини, такі як фрезерні та токарні машини для створення меблів або деталей для будівництва, де потрібні високі стандарти точності.

Масове виробництво:

Автоматизація з допомогою програмованих макрокоманд: У великосерійних виробництвах використовуються макрокоманди G65 для виклику підпрограм, що дозволяє зменшити час на налаштування та скоротити програмний код, підвищуючи продуктивність.

Ці сценарії демонструють широкий спектр можливостей, які ПЛК Syntec пропонує для різних типів виробництва, підвищуючи точність, ефективність та автоматизацію процесів.

Висновки за розділом

У даному розділі було детально розглянуто використання програмованого логічного контролера Syntec 6ТА у системі керування токарним верстатом. Контролер Syntec 6ТА є високопродуктивним рішенням, яке забезпечує ефективне управління основними функціями верстата, такими як переміщення осей, обертання шпинделя, моніторинг стану системи та обробка сигналів від датчиків і виконавчих механізмів.

Система керування, побудована на базі Syntec 6ТА, має низку переваг:

Висока точність: Завдяки підтримці інкрементальних сигналів (А, В, Z) і алгоритмам компенсації похибок забезпечується мікрометрова точність позиціонування осей і інструмента.

Простота інтеграції: Завдяки стандартним інтерфейсам (USB, Ethernet, RS-485, MPG) контролер легко підключається до периферійних пристроїв та автоматизованих систем.

Гнучкість налаштувань: Контролер підтримує широкий набір функцій для токарних та фрезерних операцій, що дозволяє використовувати його у багатьох виробничих процесах.

Надійність: Розширені можливості діагностики дозволяють виявляти та усувати несправності на ранніх етапах, знижуючи ризик простоїв обладнання.

Особливу увагу було приділено діагностиці та налагодженню системи Syntec. Використання інструментів для перевірки сигналів, налаштування осей і програмного забезпечення забезпечує стабільну роботу системи навіть в умовах високих виробничих навантажень. Модульність конструкції дозволяє швидко замінювати компоненти без значних затрат часу.

Таким чином, використання програмованого логічного контролера Syntec 6ТА у керуванні токарним верстатом дозволяє досягти високої ефективності, точності та надійності виробничих процесів. Завдяки своїй гнучкості та широкому функціоналу, система Syntec є ідеальним рішенням для сучасних автоматизованих

виробничих середовищ, забезпечуючи відповідність найвищим технологічним вимогам.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ДО СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

4.1. Розробка функціональної схеми системи управління токарним верстатом

У сучасних виробничих процесах, особливо в машинобудуванні та автоматизованих системах управління, значну роль відіграють технології числового програмного керування (ЧПК). Вони забезпечують високу точність обробки, автоматизацію виробничих операцій та зниження впливу людського фактора на якість і ефективність роботи обладнання. Одним з важливих аспектів розробки таких систем є інтеграція різноманітних елементів, що забезпечують злагоджену взаємодію між датчиками, механізмами, інтерфейсами користувача та зовнішніми комунікаціями. Для створення надійної системи керування розроблено функціональну схему, що представлена на рис. 4.1. Пропонована схема системи управління дозволяє автоматизувати процеси за допомогою високоточних датчиків і виконавчих механізмів, що у свою чергу покращує ефективність виробничих процесів. Зокрема, за допомогою інтерфейсів користувача оператори мають можливість контролювати роботу системи, отримувати зворотний зв'язок і вчасно реагувати на неполадки або зміни в умовах роботи.

Центральний модуль (Syntec PLC) є основним контролером системи, який обробляє всі сигнали та управляє іншими компонентами через вхідні та вихідні канали, забезпечуючи їх інтеграцію для здійснення завдань обробки або виробництва.

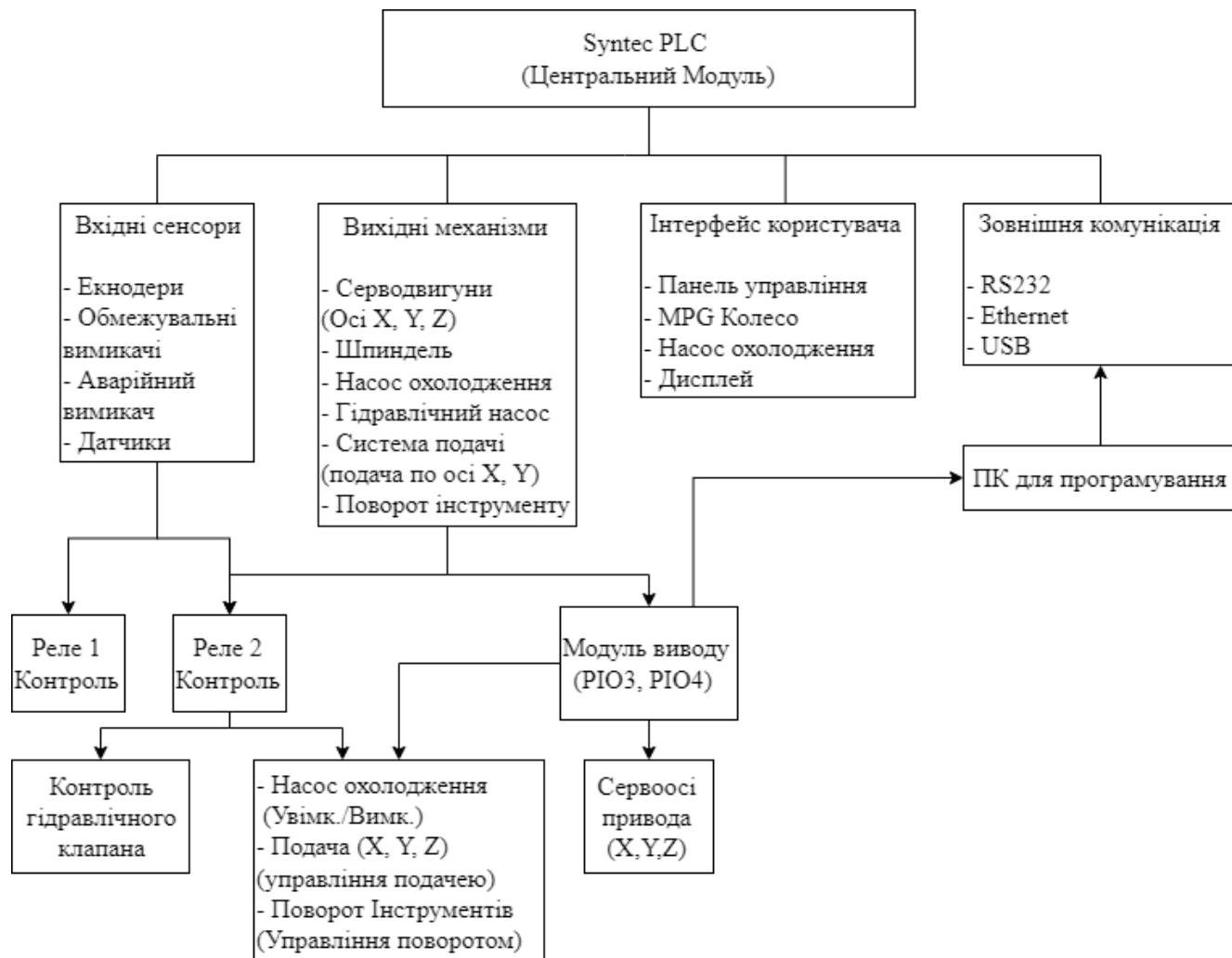


Рисунок 4.1 Функціональна схема системи управління токарним верстатом

Вхідні сенсори збирають інформацію з верстата або процесу, надаючи систему даних для аналізу та обробки. В свою чергу енкодери вимірюють положення та рухи різних частин машини (наприклад, осі). Обмежувальні вимикачі слідкують за досягненням меж руху механізмів, щоб запобігти їхньому пошкодженню. Аварійний вимикач (E-STOP) вимикає систему в разі аварійної ситуації, забезпечуючи безпеку. Датчики використовуються для визначення температури, тиску та інших параметрів що впливають на роботу системи.

Реле відповідають за управління пристроями та компонентами: електричні ланцюги для двигунів, насоси. У схемі є два реле: Реле 1 і Реле 2 вони використовуються для управління функціями та каналами живлення в системі.

Блок **вихідні механізми** містить всі механізми, які виконують фізичні дії на основі команд з центрального модуля: серводвигуни, що керують рухами осей (X, Y, Z), що дозволяє точно позиціонувати інструменти та деталі; шпиндель обертає інструмент для обробки матеріалів; насос охолодження використовується для забезпечення охолодження під час роботи, щоб уникнути перегріву; гідравлічний насос забезпечує роботу гідравлічних систем для утримання тиску або переміщення деталей.

Інтерфейс користувача дозволяє оператору взаємодіяти з системою, вводити команди та отримувати зворотний зв'язок з наступних елементів:

Панель управління: містить кнопки та світлодіоди для ручного керування роботою машини.

MPG колесо: пристрій для точного ручного регулювання положення осей.

Дисплей: показує інформацію про стан системи, повідомлення про помилки, параметри роботи тощо.

Зовнішня комунікація забезпечує зв'язок із зовнішніми пристроями або іншими системами для збору даних, керування процесами або дистанційного моніторингу. Для цього застосовується RS232, Ethernet, USB: інтерфейси для підключення до комп'ютерів або інших пристроїв для налаштування або збору даних.

Модулі **вводу/виводу** (PIO3, PIO4) використовуються для підключення додаткових пристроїв або для розширення можливостей системи, наприклад, для підключення додаткових датчиків або механізмів.

ПК для програмування використовується для програмування або налаштування системи, в тому числі для написання програм для роботи на числових керуючих системах, що можуть включати складні обчислення, траєкторії руху та інші параметри. Робочий процес реалізується наступним чином. Оператор налаштовує систему через інтерфейс користувача, вибираючи необхідні функції та параметри.

Вхідні сенсори фіксують стан машини та передають ці дані в центральний модуль для обробки. Центральний модуль керує різними вихідними механізмами (наприклад, серводвигунами, насосами, шпинделем) через відповідні реле. Всі операції можуть бути моніторинговані через дисплей та змінюватися через MPG колесо або інші елементи управління. Для комунікації з іншими пристроями або для віддаленого доступу система використовує зовнішні інтерфейси зв'язку (RS232, Ethernet, USB).

Розроблена функціональна схема детально відображає складові системи управління токарним верстатом, включаючи механізми для подачі, обертання інструментів і підтримку процесу охолодження, що є критичними для точності та ефективності токарної обробки.

4.2 Розробка алгоритмів до системи керування токарним верстатом

Розробка алгоритмів потребує комплексного підходу, оскільки включає взаємодію між різними компонентами верстата, такими як приводи, датчики, інструменти, а також необхідність моніторингу безпеки та якості обробки. Алгоритм керування верстатом повинен бути здатний оперативно реагувати на зміни в процесі обробки, забезпечуючи точність і стабільність роботи при мінімізації ризиків поломок або аварій.

Першим етапом є створення основного алгоритму керування, який охоплює всі етапи технологічного процесу, починаючи від підготовки та налаштування верстата до завершення обробки деталі. Основний алгоритм спроектований так, щоб забезпечити ефективну взаємодію між усіма підсистемами верстата: контролем швидкості обертання шпинделя, управлінням рухом осей, налаштуванням параметрів обробки та реагуванням на можливі аварійні ситуації. Розроблений алгоритм представлений на рис. 4.2.

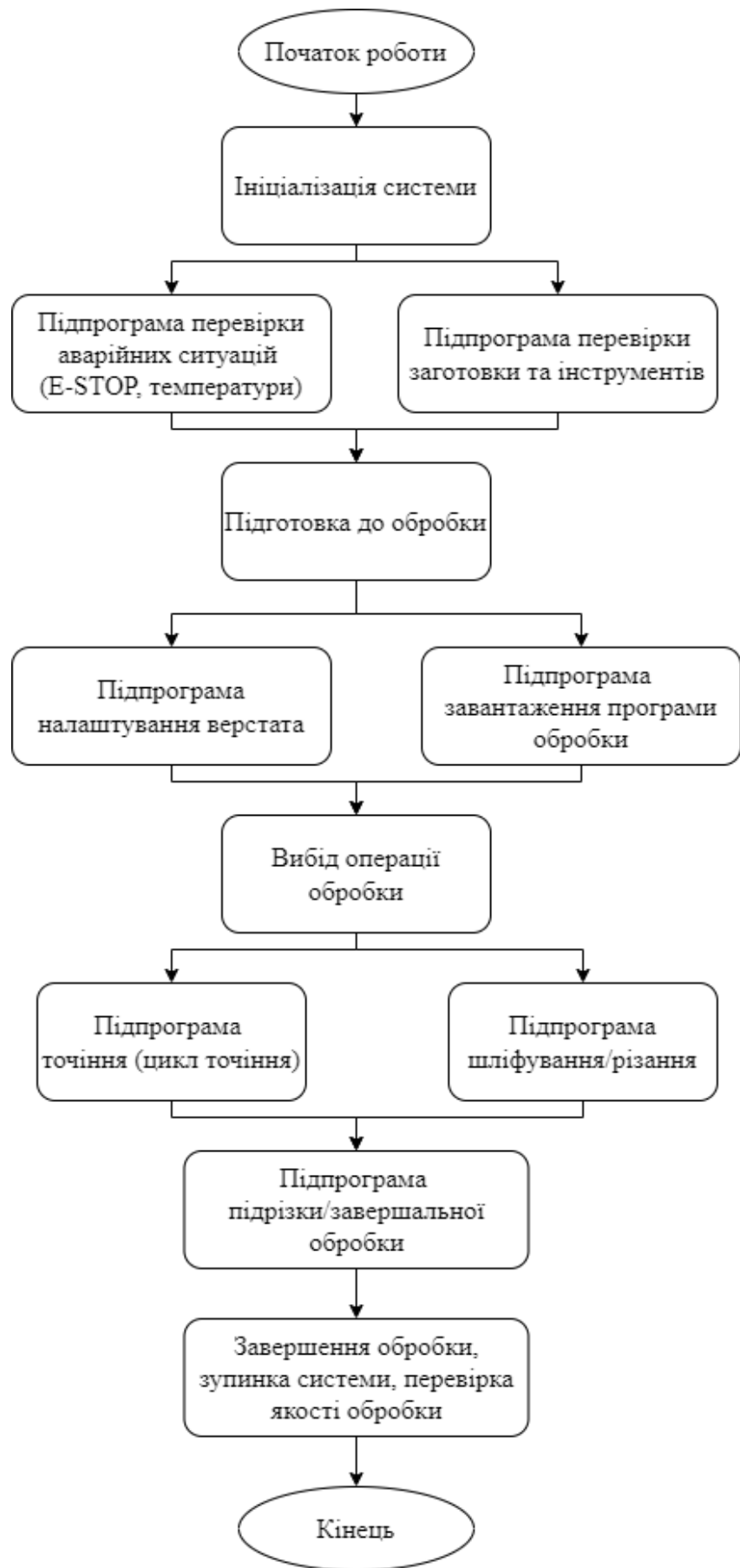


Рисунок 4.2 Основний алгоритм програми керування токарним верстатом

Основний алгоритм для керування токарним верстатом включає кілька послідовних етапів, що забезпечують безперебійну та безпечну роботу верстата. Кожен етап алгоритму відповідає за певну функцію або операцію, що необхідна для виконання точного оброблення заготовки. Ось детальний опис роботи алгоритму. На етапі ініціалізації системи відбувається підготовка системи до запуску та перевірка її працездатності. На початку програми здійснюється перевірка наявності аварійних ситуацій, а саме перевіряється, чи не натиснута кнопка аварійної зупинки (E-STOP). Якщо вона активована, програма припиняє виконання і виводить сигнал про непрацездатність системи. Перевіряється температура двигунів, датчики перегріву і інші критичні елементи системи. Якщо температура перевищує допустимі межі, програма негайно зупиняє всі процеси для запобігання пошкодженню обладнання. Проводиться самоперевірка всіх систем верстата (приводів, датчиків, інструментів), щоб впевнитись у їх готовності до роботи.

Після перевірки аварійних ситуацій запускаються базові механізми верстата, наприклад, шпиндель, подача інструментів і двигуни осей. Спочатку ці механізми запускаються на нульових значеннях для перевірки правильності їх роботи.

На наступному етапі підготовки системи до виконання основних оброблювальних операцій виконуються наступні підпрограми:

Підпрограма перевірка заготовки, що зображена на рис.4.3 – алгоритм перевіряє, чи правильно встановлена заготовка на верстаті. Це здійснюється за допомогою датчиків положення або візуальним

контролем оператором. Якщо заготовка встановлена неправильно або має дефекти, програма виводить попередження та зупиняється.

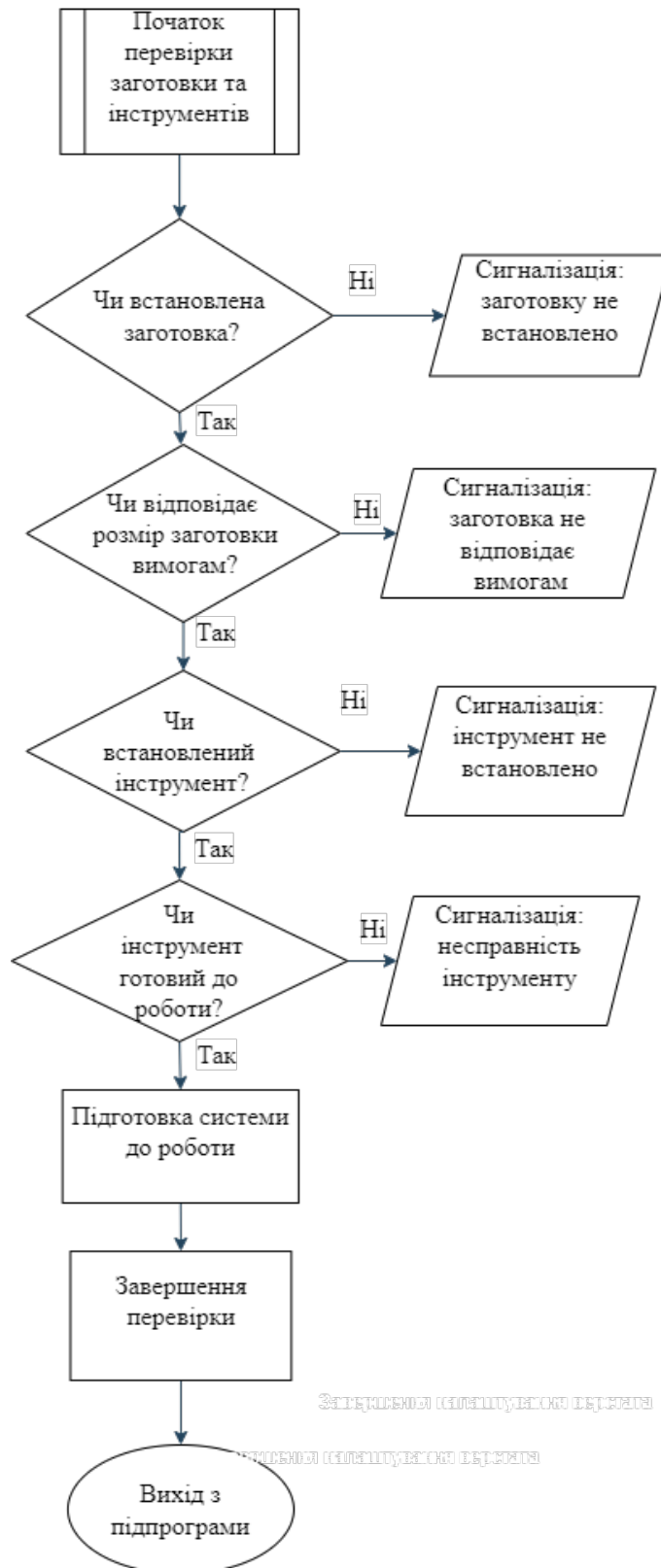


Рисунок 4.3 Алгоритм підпрограми перевірки заготовки та інструментів

Перевірка інструментів – перевіряється наявність необхідних інструментів: основного різця, підрізного, точильного інструменту тощо. Якщо інструменти не встановлені або пошкоджені, програма виводить сигнал про помилку. У разі необхідності відбувається автоматична зміна інструментів.

На наступному етапі запускається підпрограма Підготовка до обробки. В свою чергу вона включає в себе підпрограми налаштування верстата (рис.4.4) та завантаження програми обробки. Відбувається перевірка встановлення необхідних інструментів, встановлюються параметри роботи (такі як швидкість, глибина та кут), перевірка системи безпеки, калібрування інструментів та збереження налаштувань з програмою обробки в пам'ять верстата.

Налаштування параметрів обробки – задаються параметри обробки: швидкість обертання шпинделя, подача інструмента, глибина різку та інші технологічні параметри, залежно від матеріалу заготовки і типу обробки (наприклад, точіння, шліфування). Програма отримує ці значення від оператора або завантажує їх з попередньо підготовленої програми.

Запуск основних оброблювальних операцій виконує наступні функції:

Позиціонування осей: алгоритм переміщує інструмент у стартове положення. Для цього кожна вісь (X, Y, Z) рухається до визначеного нульового положення або координат початку обробки. Під час цього етапу також можна здійснити коригування положення інструменту або заготовки, якщо це необхідно для точності обробки.

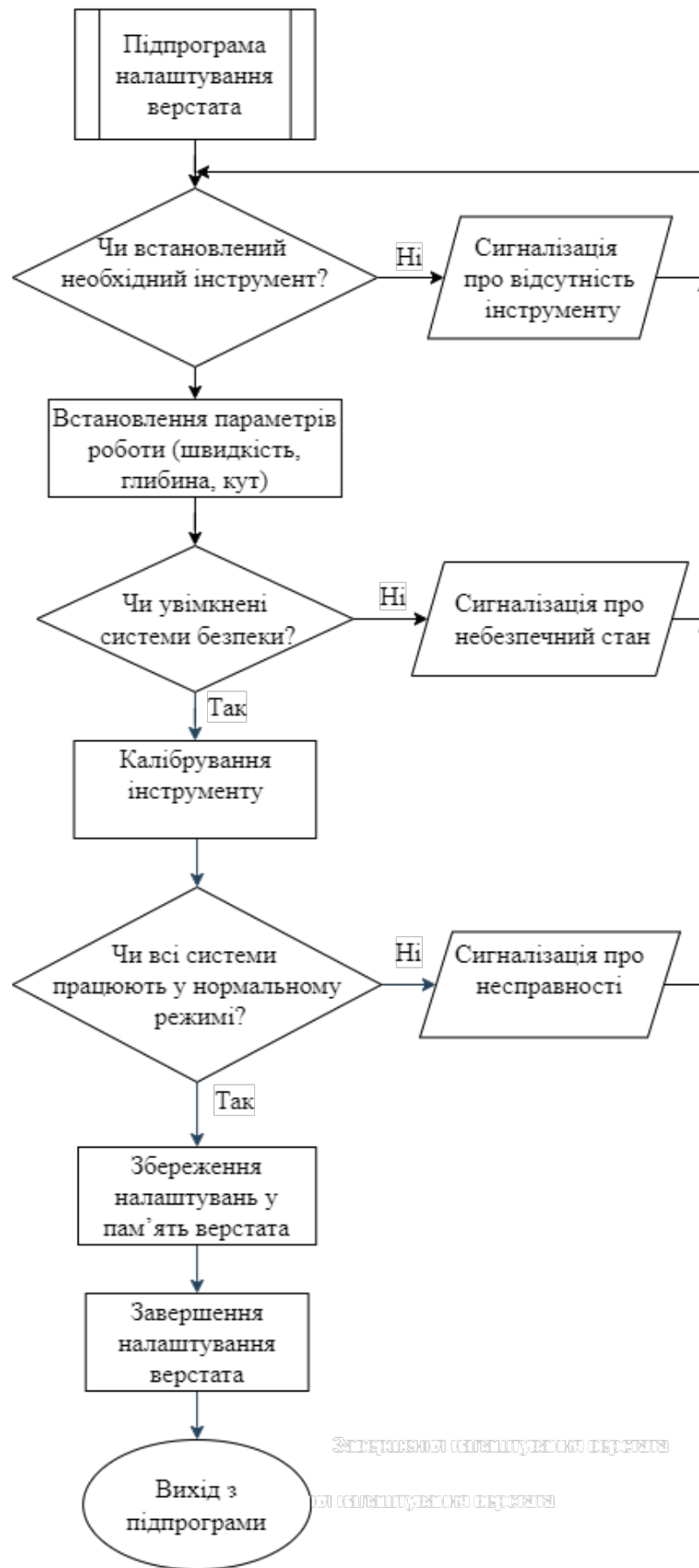


Рисунок 4.4 Алгоритм підпрограми налаштування верстата

Запуск шпинделя: алгоритм активує шпиндель, встановлюючи його на необхідну швидкість обертання згідно з обраними параметрами. Швидкість обертання може бути автоматично змінена в залежності від етапу обробки (наприклад, для різних етапів точіння можуть використовуватись різні швидкості).

Управління подачею інструменту: інструмент починає поступове переміщення до заготовки для виконання основної операції обробки. Подача інструменту по осях X, Y, Z контролюється відповідно до заданих параметрів (швидкість подачі, глибина різу). Подача може бути постійною або змінною в залежності від етапу обробки.

Основні операції обробки виконують технологічні операції, такі як точіння, різання, шліфування та підрізка.

Підпрограма точіння (рис.4.5): інструмент подається до поверхні заготовки, і починається процес точіння, тобто видалення матеріалу на задану глибину та діаметр. Алгоритм контролює точність руху інструмента та коригує подачу у разі необхідності.

Підпрограма шліфування/різання (рис.4.6): якщо програма передбачає шліфування або різання, параметри обробки коригуються відповідно до типу обробки, і інструмент виконує потрібні операції для досягнення заданої форми чи розміру.

Підрізка/завершальна обробка: підрізка здійснюється для остаточного формування деталі або відрізання зайвої частини заготовки. У цей момент перевіряються всі критичні параметри, щоб уникнути помилок в остаточному розмірі.

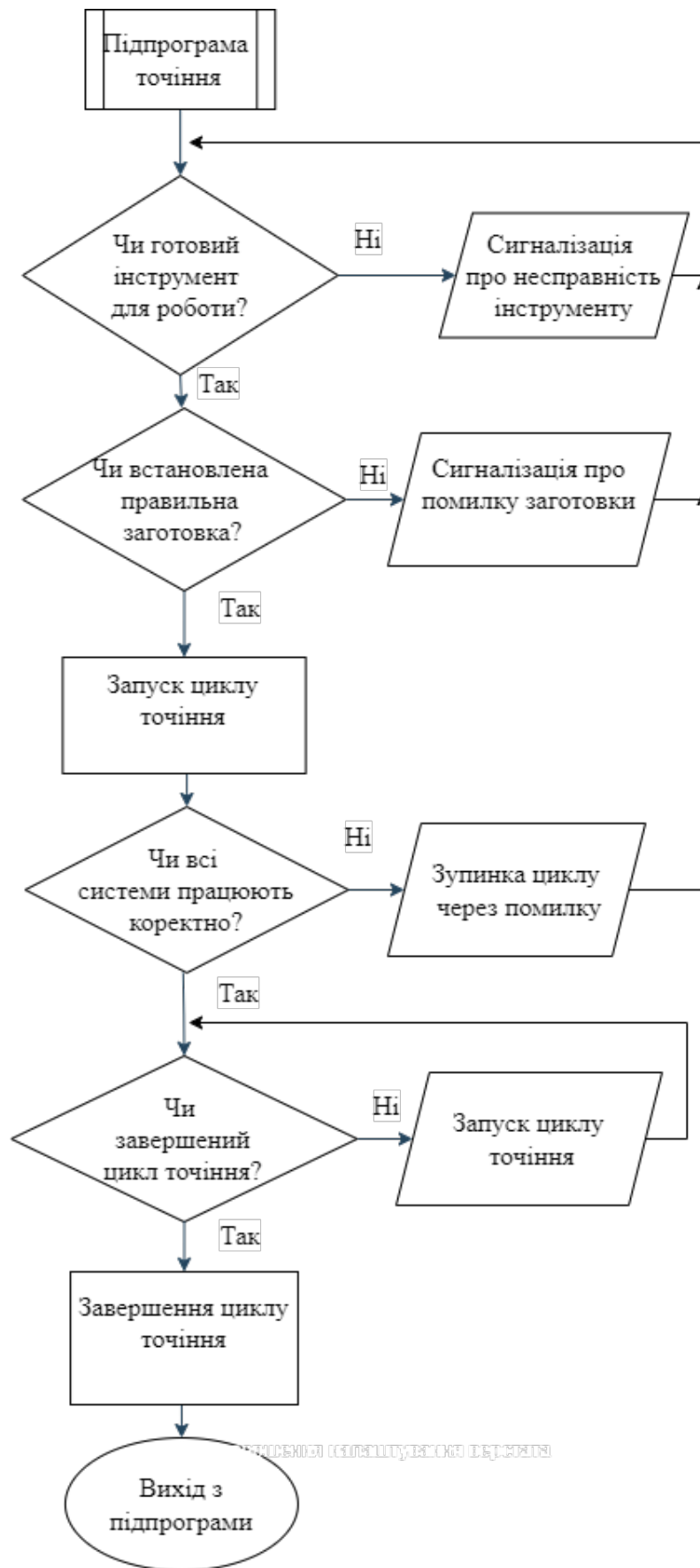


Рисунок 4.5 Алгоритм підпрограми точіння

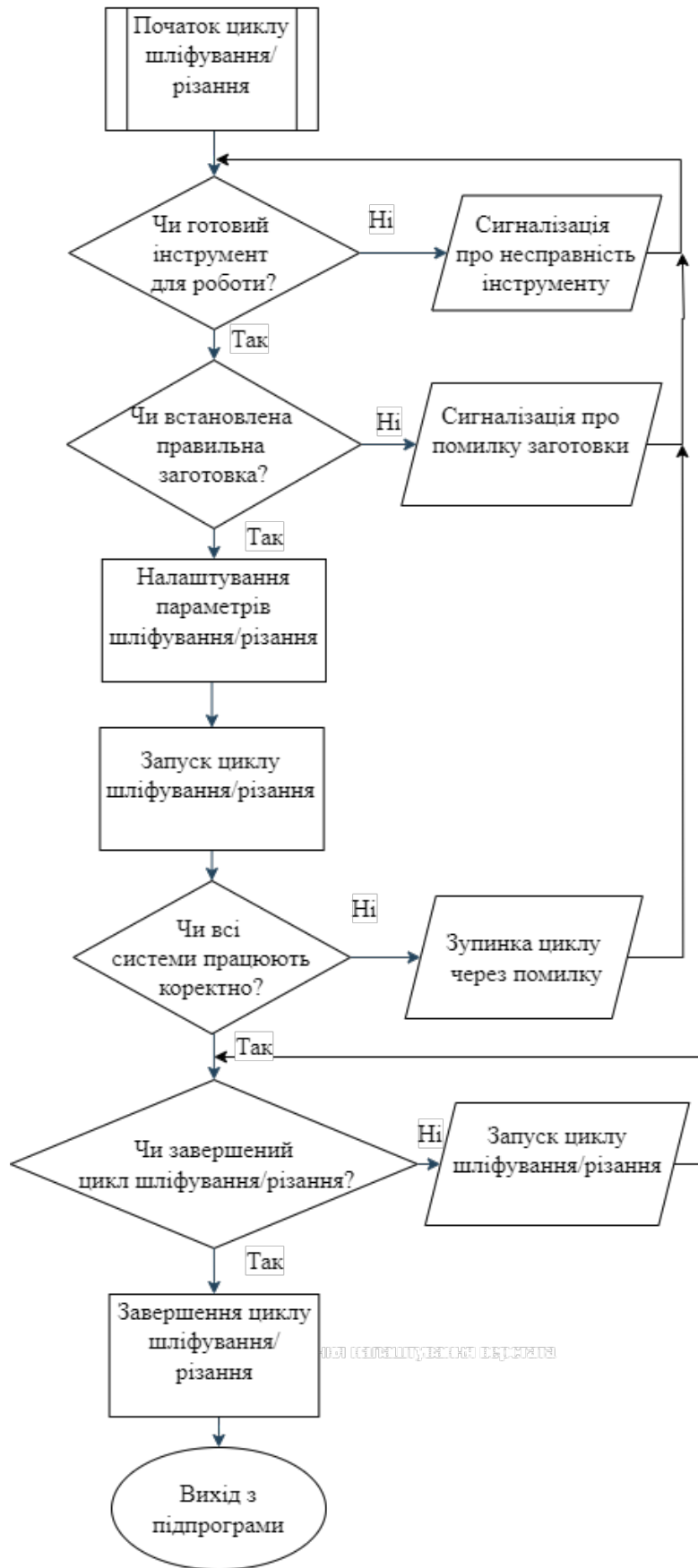


Рисунок 4.6 Алгоритм підпрограми шліфування/різання

Контроль стану системи: алгоритм постійно моніторить стан системи: температуру двигунів, стан інструментів, навантаження на верстат. Якщо виявляється відхилення від норми (наприклад, перевищення температури або перевантаження двигуна), програма здійснює зупинку та виводить сигнал про помилку.

Останім етапом програми є завершення обробки і зупинка системи.

Зупинка шпинделя: після завершення обробки деталі шпиндель зупиняється, і програма переходить до наступного етапу.

Переміщення інструменту в безпечне положення: інструмент переміщається в позицію "безпеки" (наприклад, вище заготовки), щоб уникнути пошкоджень чи зіткнень із заготовкою.

Перевірка якості обробки: за допомогою датчиків або візуального контролю здійснюється перевірка геометрії і розмірів деталі. Якщо деталь не відповідає заданим параметрам, оператор отримує сигнал про необхідність корекції процесу обробки або повторного запуску програми.

Завершення програми: програма виводить повідомлення про успішне завершення обробки, фіксує результати та може зберегти їх для подальшого аналізу.

Система переходить в режим очікування, готова до запуску наступної програми або обробки.

4.3 Розробка програми системи керування верстатом

Розробка програми системи керування токарним верстатом є ключовим етапом у створенні автоматизованого рішення для ефективного управління виробничими процесами. Для визначення рухів верстата, параметри обробки та інші функції, які необхідні для виконання конкретних операцій ПЛК використовує G-коди приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 G-коди системи

Назва функції	G code			Index
	Type A	Type B	Type C	
Позиціонування (швидкий хід)	G00	G00	G00	7
Лінійна інтерполяція (різальна подача)	G01	G01	G01	9
Кругова інтерполяція (CW)	G02	G02	G02	11
Кругова інтерполяція (CCW)	G03	G03	G03	11
Продовження роботи	G04	G04	G04	16
Циліндрична інтерполяція	G07.1	G07.1	G07.1	17
Точна перевірка зупинки	G09	G09	G09	19
Програмоване введення даних	G10	G10	G10	20

Почніть інтерполяцію полярних координат	G12.1	G12.1	G12.1	22
інтерполяція полярних координат Скасувати	G13.1	G13.1	G13.1	22
Вибір площини X-Y	G17	G17	G17	25
Вибір площини Z-X	G18	G18	G18	25
Вибір площини Y-Z	G19	G19	G19	25
Цикл різання зовнішнього/внутрішнього діаметра	G90	G77	G20	26
Цикл потоків	G92	G78	G21	31
Цикл торцевого різання	G94	G79	G24	36
Поверніться в початкове положення	G28	G28	G28	41
Повернення з будь-якої опорної позиції	G30	G30	G30	43
Функція пропуску	G31	G31	G31	44
Нарізка різьби	G32	G33	G33	46
Скасувати компенсацію радіуса вершини інструмента	G40	G40	G40	56
Компенсація радіуса носа інструмента (зліва)	G41	G41	G41	56
Компенсація радіуса носа інструмента (праворуч)	G42	G42	G42	56

Вирізання багатокутника	G51.2	G51.2	G51.2	66
Налаштування локальної системи координат	G52	G52	G52	69
Установка системи координат машини	G53	G53	G53	70
Вибір системи координат заготовки	G54 ~G59.9	G54 ~G59.9	G54 ~G59.9	72
Дзвонить самотній марсо	G65	G65	G65	74
Спеціальний модальний виклик марсо	G66	G66	G66	74
Введення в імперську систему	G20	G20	G70	75
Введення в метричній системі	G21	G21	G71	75
Цикл тонкого різання	G70	G70	G72	76
Зняття запасу в токарній обробці	G71	G71	G73	81
Зняття запасу в облицюванні	G72	G72	G74	88
Візерунок повторюється	G73	G73	G75	95
Торцеве свердління	G74	G74	G76	99
Свердління зовнішнього/внутрішнього діаметра	G75	G75	G77	102
Багатопотоковий цикл	G76	G76	G78	105
Стандартний цикл для свердління скасовано	G80	G80	G80	
Цикл для торцевого свердління	G83	G83	G83	112

Цикл для натискання на обличчя	G84	G84	G84	115
Цикл для обличчя нудний	G85	G85	G85	119
Цикл для бокового свердління	G87	G87	G87	112
Цикл для бічного постукування	G88	G88	G88	115
Цикл для бокового розточування	G89	G89	G89	119
Налаштування системи координат/макс. налаштування швидкості шпинделя	G50	G92	G92	121
Швидкість подачі за хвилину (мм/хв.)	G98	G94	G94	122
Швидкість подачі на оборот (мм/об.)	G99	G95	G95	122
Постійний контроль швидкості поверхні	-	G96	G96	123
Скасування контролю постійної швидкості на поверхні	-	G97	G97	123
Повернення до початкової точки	-	G98	G98	-
Поверніться до точки R	-	G99	G99	-

Позиціонування (G00)

Команда G00 переміщує інструмент у позицію в системі заготовки, визначену абсолютною або інкрементальною командою зі швидкістю швидкого ходу. У цій команді немає дії вирізання. Основна мета - заощадити час руху, коли дія не включає різання. У програмі токарного

верстата він зазвичай використовується в інструменті від нульової точки верстата до початкової точки різання або від кінцевої точки до нульової точки верстата. В абсолютному режимі (G90) інструмент переміщується до вказаної позиції в системі координат у режимі збільшення (G91), інструмент переміщується до вказаної позиції на задану відстань.

G00 X(U)_Z(W) // X, Z: задана позиція (абсолютний режим) U, W: задана позиція (режим збільшення)

Абсолютний режим

G00 Z0.0 // A.^B.

X40.0 // B.^O.

G00 X40.0 Z0.0 //A.^C.^O.

G00 X40.0 //A.^D.

Z0.0 //D.^C.^O.

Інкрементний режим

G00 W-100.0 // A.^B.

U-60.0 // B.^O.

G00 U-60.0 W-100.0 //A.^C.^O.

G00 U-60.0 //A.^D.

W-100.0 // D.^C.^O.

Комбінація абсолютного режиму та режиму збільшення

G00 Z0.0 or G00 W-100.0 U-60.0 X40.0

G00 X40.0 or G00 U-60.0 W-100.0 Z0.0

G00 X40.0 W-100.0 or G00 U-60.0 Z0.0

1.3 Лінійна інтерполяція (G01)

G01 виконує лінійну інтерполяцію, переміщується в задану позицію зі швидкістю подачі, визначеною значенням F. Він може обробляти: зовнішній (внутрішній) діаметр, торець, зовнішню (внутрішню) конусність, зовнішню (внутрішню) ємність, фаску... тощо.

G01 X(U)_Z(W)_F //X, Z: задане положення (абсолютний режим) U, W: задане положення (режим збільшення) F: Швидкість подачі, одиниця: мм/хв (дюйм/хв) для режиму G94, мм/об (дюйм/об) для режиму G95β режим за замовчуванням

G92 X50.0 Z160.0 S10000 //встановити нульову точку програми, макс.

// швидкість 10000 об/хв

T01 //використовувати інструмент NO1

G96 S130 M03 //постійна поверхнева швидкість, поверхнева швидкість //=130 м/хв, шпиндель обертається CW

M08 //ріжуча рідина ON

G00 X20.0 Z111.0 // позиціонування в задану точку P0

G01 Z90.0 F600 // лінійна інтерполяція P0 □ P2

X26.0 //P2 □ P3

X30.0 Z88.0 //P3 □ P4

Z60.0 //P4 □ P5

X40.0 Z20.0 //P5 □P6

Z0.0 //P6 □P7

G00 X50.0 // повернути інструмент

Z160.0 // повернення до нульової точки

M05 M09 // шпиндель зупиняється, налаштування рідини ВИМК

M30 // закінчення програми

1.4 Кругова інтерполяція (G02/G03)

Команда G02 ,G03 переміщуватиме вказаний інструмент вздовж дуги кола на площині XZ, налаштування параметрів такі:

G02: Кругова інтерполяція (CW)

G03: Кругова інтерполяція (CCW)

X(U) ,Z(W): кінцева точка дуги

R: радіус дуги (менше 180°)

I, K: X(Z) відстань осі від початкової точки дуги до центру кола.

Позитив чи негатив визначається напрямком.

F: Швидкість подачі різання

Програма для формування деталі 1

T01 //використовуйте інструмент №1

G92 S10000 // максимальна швидкість шпинделя 10000 об/хв

G96 S130 M03 //постійна поверхнева швидкість, поверхнева швидкість =130 //мм/хв, шпиндель обертається CW

M08 //ріжуча рідина ON

G00 X0.0 Z41.0 //позиціонування O.[^]P

*G01 Z40.0 F600 // лінійна інтерполяція, швидкість подачі 600
мм/об,*

X10.0 //P¹^P₂

*G03 X20. Z35.0 R5.0 // кругова інтерполяція CCW P²^P.₃, // радіус 5
мм*

G01 Z25.0 //P₃^P₄

G02 X30.0 Z20. R5.0 //кругова інтерполяція CW P.[^]P , //радіус 5 мм

G01 X40.0 //P₅^P₆

*G03 X50.0 Z15.0 R5.0 // кругова інтерполяція CCW P₆^P₇, // радіус 5
мм*

G01 Z5.0 // P ^P-.

*G02 X60.0 Z0.0 R5.0 // кругова інтерполяція CW P₈^P₉ , //радіус 5
мм*

G00 Xi00.0 //вихід інструмента, вихід з заготовки

G00 Z65.0 //повернення до початкової точки

M09 //охолодження вимкнене

M05 //зупинка шпинделя

M30 //кінець програми

Програма для формування деталі 2

T01 //використовувати інструмент №1
 G92 S10000 //максимальна швидкість обертання шпинделя
 10000 об/хв
 G96 S130 M03 //постійна поверхнева швидкість, поверхнева
 швидкість=130 мм/хв, обертання шпинделя за годинниковою стрілкою
 M08 //охолодження ВКЛ
 G00 X0.0 Z110.5 //позиціювання, наближення до початкової
 точки
 G01 Z110.0 F500 //лінійна інтерполяція, подача 500 мм/хв
 G03 X20.0 Z83.82 K-15.0 //кругова інтерполяція проти годинникової
 стрілки, //P1 ->P2, радіус 15 мм
 G01 Z70.0 //лінійна інтерполяція, P2^P3
 X30.0 //P3^P4
 X50.0 Z50.0 //P4^P5
 G02 X50.0 Z30.0 R10.0 //кругова інтерполяція за годинниковою
 стрілкою, P5^P6, радіус 10 мм
 G03 X50.0 Z10.0 R10.0 //кругова інтерполяція проти годинникової
 стрілки, P6^P7, радіус 10 мм
 G01 Z0.0 //лінійна інтерполяція, P7^P8
 M09 //охолодження ВИКЛ
 G00 X100.0 //вихід інструмента, вихід з заготовки
 Z160.0 //повернення до початкової точки

M05 //зупинка шпинделя

M30 //кінець програми

Циліндрична інтерполяція (G07.1)

G07.1 запускає різницю циліндрів, G02/G03-> функцію кругової інтерполяції, G40/G41/G42-> функцію компенсації радіуса вершини інструменту.

Через складність обчислення вектора в центрі кола ми використовуємо спосіб адреси R_radius. Швидкість подачі F_ — це лінійна швидкість на поверхні циліндра. Щодо способу подачі, ми повинні спочатку переключити його на G94 у системі токарного верстата, оскільки вісь C, є головним валом.

G19 Z0 C0 //вибір робочої платформи

G07.1 C //початок різниці циліндрів, C радіус циліндрів опис маршруту ...

G07.1C0 //кінець різниці циліндрів

G28 U0 W0

T0202

G97 S1000 // налаштування швидкості обертання головного вала

G00 X50.0 Z0.

G94 G01 X40.0 F100.

G19 C0 Z0 // вибрати CZ робочу платформу

G07.1 C20.0 // початок G07.1, радіус 20,0

G41 // запустити процес G01 Z-10.0 C80.0 F150.0

G01 Z-25.0 C90.0

G01 Z-80.0 C225.0

G03 Z-75.0 C270.0 R55.0

G01 Z-25.0

G02 Z-20.0 C280.0 R80.0

G01 C360.0

G40 // завершення процесу

G07.1 C0 // скасувати G07.1 G01 X50.0

G00 X100.0 Z100.0

M30

Точна зупинка (G09)

Під час обробки кута ми не можемо вирізати точно кут, і відбувається закруглення, оскільки інструмент рухається занадто швидко або сервосистема затримується. У ситуації, коли нам потрібен прямий кут, ми можемо використовувати G09, щоб запобігти закругленню гострих кутів ЧПК. Він контролює уповільнення інструменту при наближенні до кута та повну зупинку в кінці блоку. Коли інструмент досягне вказаної позиції, буде виконано наступний блок.

G09 X__ Z__ //X ,Z: вказана позиція кута

Програмоване введення даних (G10)

Команда G10 є програмованою командою введення даних. Ми можемо використовувати цю команду для зміни значення корекції інструменту під час програмування.

G10 P_X_Z_R_Q or G10 P_U_W_C_Q

P: номер корекції

Для P вказується номер корекції інструмента:

Для носія інструмента (Tool wear offset) значення P — це номер корекції зношеного інструмента.

Для геометрії інструмента (Tool geometry offset) значення P дорівнює 10000 плюс номер корекції геометрії інструмента.

X: значення корекції на осі X (абсолютне значення)

Y: значення корекції на осі Y (абсолютне значення)

Z: значення корекції на осі Z (абсолютне значення)

U: значення корекції на осі X (інкрементальне значення)

V: значення корекції на осі Y (інкрементальне значення)

W: значення корекції на осі Z (інкрементальне значення)

R: значення корекції радіусу носика інструмента (абсолютне значення)

C: значення корекції радіусу носика інструмента (інкрементальне значення)

Q: уявний номер носика інструментаІнтерполяція полярних координат (G12.1/G13.1)

Функція інтерполяції полярних координат передає програмні інструкції візерунків у прямокутній координаті на лінійний рух (рух ножа) та обертальний рух (рух заготовки). Цей спосіб зазвичай використовується при різанні торця та фрезеруванні кулачкового вала в токарному верстаті.

Площина інтерполяції полярних координат: G12.1 запускає інтерполяцію полярних координат і вибирає площину інтерполяції полярних координат (нижче). Інтерполяція полярних координат виконується на площині.

G12.1 //Початок інтерполяції полярних координат (Почати лінійну або кругову інтерполяцію в прямокутній координаті, а прямокутна координата складається з лінійної та обертальної осей) ...

G13.1 //Скасувати інтерполяцію полярних координат

T0101

G00 X110. C0 Z_ //позиціонування

G40 G94

G12.1 //почати інтерполяцію полярних координат, використовувати програму редагування площини декартових координат X—C

G42 G01 X20. F_

C10.

G03 X10. C20. R10.

G01 X-20.

C-10.

G03 X-10. C-20. R10.

G01 X20.

C0

G40 X110.

G13.1 //скасувати інтерполяцію полярних координат

M30

Вибір площини (G17/G18/G19)

Внесення попередніх зміни під час використання інструмента команди кругової інтерполяції та команди компенсації радіусу. G17, G18, G19 активує різні площини. Контролер оброблятиме лише вибрану січну площину.

G17 Вибір площини XY

G18 Вибір площини ZX < площини контролера за замовчуванням

G19 Вибір площини YZ

Цикл різання зовнішнього (внутрішнього) діаметра (G20)

G20 можна використовувати в циклі різання зовнішнього (внутрішнього) діаметра та кінцевого різання. За допомогою функції циклу ми можемо використовувати лише один блок для повторення програми, таким чином спрощуючи процес.

1. Лінійний цикл різання: G20 X(U) Z(W) F

2. Цикл кінцевого різання: G20

X(U) Z(W) R F X,Z: кінцеве положення різання (абсолютне)

U, W: кінцеве положення різання (поступове)

R: значення радіуса різниці між початковою та кінцевою точками

F: швидкість подачі

G92 S5000//макс. швидкість 5000 об/хв

T01 //використовувати інструмент №1

G96 S130 M03 //постійна поверхнева швидкість, поверхнева швидкість 130 м/хв, обертання шпинделя за годинниковою стрілкою

M08 //охолодження ВКЛ

G00 X60.0 Z65.0 //позиціювання до а. (початкова точка)

G20 X45.0 Z15.0 F600 //виконання циклу прямого різання, подача 600 мм/об, а.^b.^f.^k.^a.

X40.0 //а.^с.^g.^k.^a.

X35.0 //а.^d.^h.^k.^a.

X30.0 //а.^e.^i.^k.^a.

N007 G28 X60.0 Z70.0 //позиціювання до вказаної середини, потім повернення до нульової точки станка

M09 //охолодження ВИКЛ

M05 //зупинка шпинделя

M30 //кінець програми

G92 S5000//макс. швидкість 5000 об/хв

T01 //використовувати інструмент №1

G96 S130 M03 //постійна поверхнева швидкість, поверхнева швидкість 130 м/хв, обертання шпинделя за годинниковою стрілкою

M08 //охолодження ВКЛ

G00 X60.0 Z65.0 //позиціювання до а. (початкова точка)

G20 X53.0 Z15.0 R-7.5 F600 //Цикл конічного різання, подача 600 мм/об, а.^b.^f.^k.^a.

X48.0 //а.^с.^g.^k.^a.

X42.0 //а.^d.^h.^k.^a.

X35.0 //а.^e.^i.^k.^a.

G28 X60.0 Z70.0 //позиціювання до вказаної середини, потім повернення до нульової точки станка

M09 //охолодження ВИКЛ

M05 //зупинка шпинделя

M30 //кінець програми

Цикл нарізання різьби (G21)

Команда G21 — цикл нарізання різьби. Це спрощує багато повторюваних блоків для нарізання різьби в один блок.

Цикл нарізання прямої різьби: G21 X(U)_Z(W)_H___ (F___ or E___)

Цикл нарізання конічної різьби: G21 X(U)_Z(W)_R_H___ (F___ or E___)

X, Z: кінцева точка обробки (абсолютне значення)

U, W: кінцева точка обробки (інкрементальне значення)

R: різниця радіусів між початковою і кінцевою точкою

F: крок різьби метричної системи (одиниця: мм/зуб)

E: крок різьби англійської системи (одиниця: зуб/мм)

H: кількість зубців (наприклад, H3 для різьби з трьох зубців)

Цикл нарізання прямої різьби, тип 3 зуба

T03 //використовувати інструмент №3

*G97 S600 M03 //постійна швидкість обертання, 600 об/хв за
годинниковою стрілкою*

G00 X50.0 Z70.0 //позиціювання до початкової точки циклу

M08 //охолодження ВКЛ

*G21 X39.0 Z20.0 H3 F2.5 //виконання циклу різання різьби, тип з
одним зубом, перший цикл*

X38.3 //другий цикл

X37.7 //третій цикл

X37.3 //четвертий цикл

X36.9 //п'ятий цикл

X36.75 //шостий цикл

*G28 X60.0 Z75.0 //позиціювання до вказаної середини і повернення
до нульової точки станка*

M09 //охолодження ВИКЛ

M05 //зупинка шпинделя

M30 //кінець програми

Цикл нарізання конічної різьби, тип одного зуба

T03 //використовувати інструмент №3

G97 S600 M03 //постійна швидкість обертання, 600 об/хв за годинниковою стрілкою

G00 X50.0 Z55.0 //позиціювання до початкової точки циклу

M08 //охолодження ВКЛ

G21 X39.0 Z15.0 R-10.0 F2.5 //виконання циклу нарізання конічної різьби, перший цикл

X38.3 //другий цикл

X37.7 //третій цикл

X37.3 //четвертий цикл

X36.9 //п'ятий цикл

X36.75 //шостий цикл

G28 X60.0 Z70.0 //позиціювання до вказаної середини і повернення до нульової точки станка

M09 //охолодження ВИКЛ

M05 //зупинка шпинделя

M30 //кінець програми

Цикл точіння торця (G24)

Команда G24 - цикл різання торця. Це спрощує кілька повторюваних торцевих ріжучих блоків в один блок.

1. Цикл прямого різання торця: G24 X(U)_Z(W)_F

2. Цикл кінцевого різання торця: G24 X(U)_Z(W)_R_F

X, Z: кінцева точка обробки (абсолютне значення)

U, W: кінцева точка обробки (інкрементальне значення)

R: різниця довжини між початковою і кінцевою точкою

F: подача (швидкість подачі)

Цикл різання прямого торця.

G92 S3000 //макс. швидкість обертання 3000 об/хв

T01 //використовувати інструмент №1

G96 S130 M03 //постійна поверхнева швидкість, поверхнева швидкість 130 м/хв

M08 //охолодження ВКЛ

G00 X52.0 Z35.0 //позиціювання до початкової точки циклу

G24 X20.0 Z25.0 F600 //виконання циклу прямого різання торця, подача 600 мкм/об, перший цикл

Z20.0 //другий цикл

Z15.0 //третій цикл

Z10.0 //четвертий цикл

G28 X70.0 Z40.0 //позиціювання до вказаної середини, потім повернення до нульової точки станка

M09 //охолодження ВИКЛ

M05 //зупинка шпинделя

M30 //кінець програми

Цикл різання конічного торця

G92 S3000 //макс. швидкість обертання 3000 об/хв

T01 //використовувати інструмент №1

G96 S130 M03 //постійна поверхнева швидкість, поверхнева швидкість 130 м/хв

M08 //охолодження ВКЛ

G00 X52.0 Z35.0 //позиціювання до початкової точки циклу

G24 X20.0 Z32.0 R-10.0 F600 //виконання циклу нарізання конічного торця, подача 600 мкм/об, перший цикл

Z28.0 //другий цикл

Z24.0 //третій цикл

Z20.0 //четвертий цикл

G28 X70.0 Z35.0 //позиціювання до вказаної середини, потім повернення до нульової точки станка

M09 //охолодження ВИКЛ

M05 //зупинка шпинделя

M30 //кінець програми

Повернення контрольної точки (G28)

Коли виконується команда G28, інструмент переміститься до вказаної проміжної точки, а потім повернеться до контрольної точки (нульової точки верстата) зі швидкістю G00 Щоб запобігти перешкодженню інструменту та деталі, G28 тримає інструмент подалі від деталі під час повернення.

В абсолютному режимі це абсолютне значення до проміжної точки, у режимі приросту це збільшене значення від початкової точки до проміжної точки.

G28 X(U)_Z(W) //X, Z: вказана середина (абсолютна) U, W: вказана середина (інкрементна)

Повернення з контрольної точки (G29)

Команда G29 використовується в поєднанні з поверненням контрольної точки (G28).

Зауважено, що G29 не можна виконувати окремо. G29 не вказує власну проміжну точку, вона використовує проміжну точку, яку вказує G28, тому G29 можна виконати лише після виконання команди G28.

G29 повертає ЧПК до проміжної точки, запрограмованої в G28, а потім до координат, запрограмованих у блоці G29. Коротше кажучи, він може рухатися в задану позицію через проміжну точку від контрольної точки.

В абсолютному режимі це абсолютне значення до проміжної точки, у режимі збільшення це збільшене значення від початкової точки до проміжної точки.

G29 X(U)_Z(W) //X, Z: вказана точка (абсолютна) U, W: вказана точка (інкрементна)

Будь-яке повернення контрольної точки (G30)

Щоб було зручно змінювати інструмент і перевіряти, ми вказуємо іншу точку відліку від нульової точки верстата параметром. Машині не потрібно повертатися до нульової точки машини під час зміни інструменту, що підвищує ефективність зміни. Використання цієї команди таке ж, як і команди G28, за винятком іншої точки повернення інструменту. Команда G30 зазвичай використовується в ситуації, коли позиція зміни інструменту відрізняється від початкової. Режимом переміщення є режим G00 (позиціонування).

G30 Pn X(U)_Z(W)

X, Y, Z: координати середньої точки.

Pn: вказує референсну точку (налаштовується параметром #2801 ~ #2860).

P1: точка нульового положення машини (machine zero point).

P2: друга референсна точка (second reference point).

P_default: за замовчуванням — P2.

Результатами програмування є циклограми роботи системи та роботи приводів, що зображені на рис.4.7 та рис.4.8 відповідно.

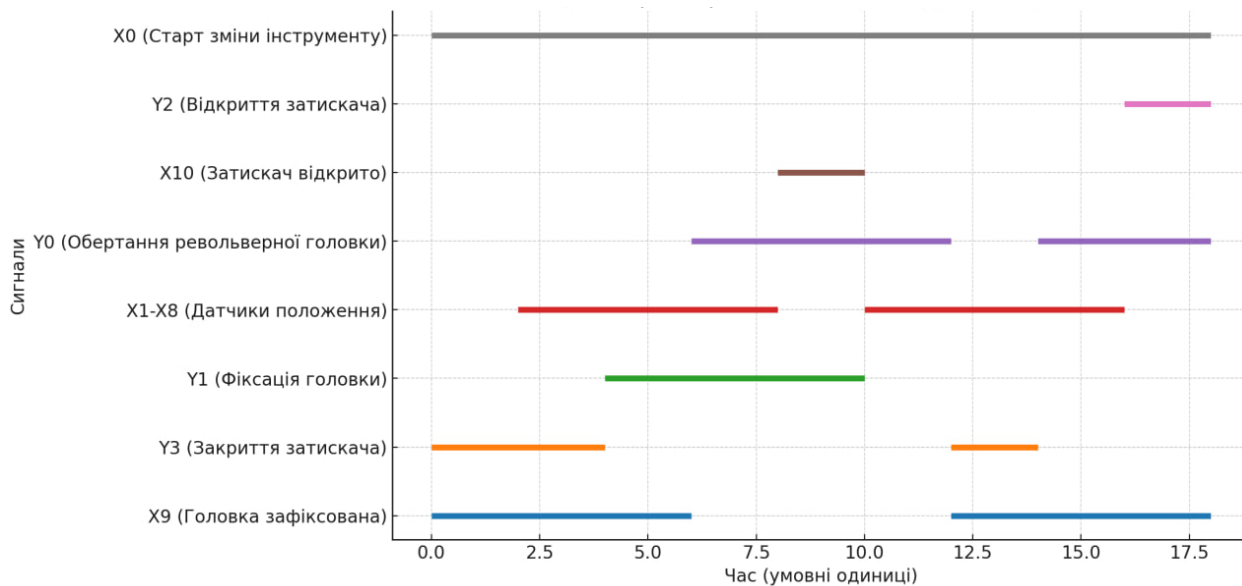


Рисунок 4.7 Циклограми роботи системи токарного верстата

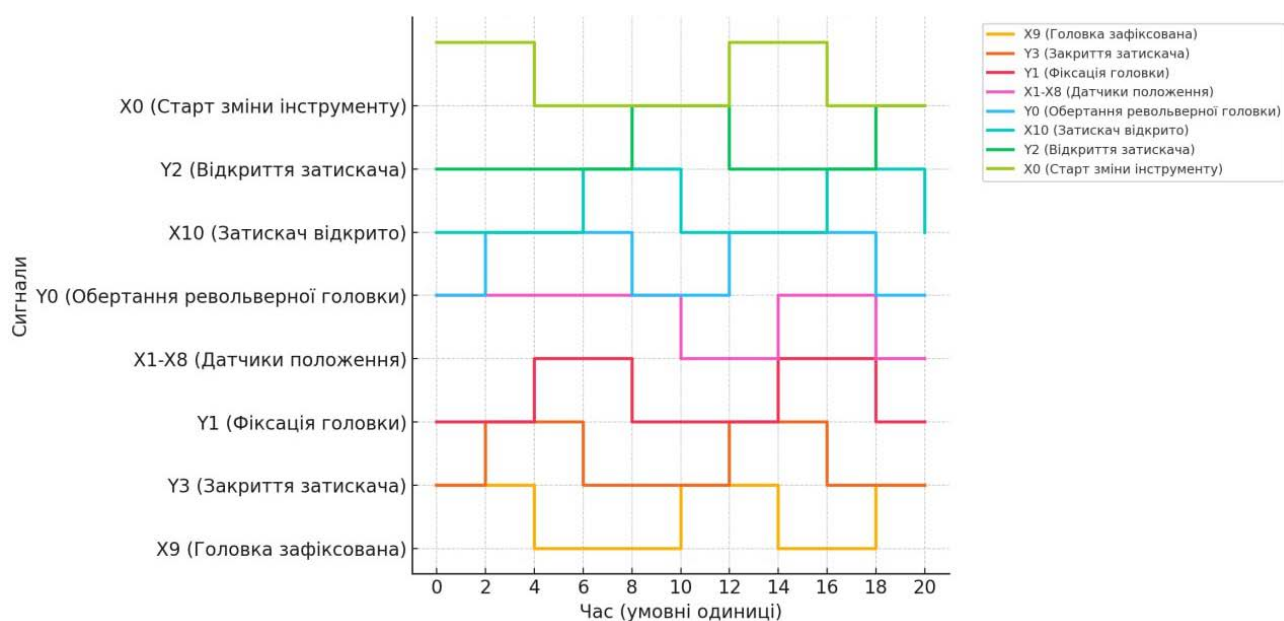


Рисунок 4.8 Циклограми роботи приводів токарного верстата

Висновки за розділом

У даному розділі було проведено детальне дослідження та розробку алгоритмів, які забезпечують ефективне керування токарним верстатом за допомогою програмованого логічного контролера (ПЛК). Було створено функціональну схему системи управління, яка відображає основні компоненти та їх взаємодію, а також розроблено основний алгоритм, що охоплює всі етапи роботи верстата — від ініціалізації системи до виконання технологічних операцій і завершення роботи.

Розроблена функціональна схема системи керування забезпечує злагоджену взаємодію між апаратними елементами, такими як сенсори, серводвигуни, шпиндель, реле, та інтерфейсом користувача. Завдяки цьому досягається висока точність і стабільність у роботі токарного верстата.

Використання G-кодів у програмному забезпеченні ПЛК дозволяє автоматизувати виробничі процеси та забезпечує гнучкість у налаштуванні параметрів обробки. Зокрема, реалізовано підтримку таких функцій, як лінійна та кругова інтерполяція, нарізання різьби, цикли точіння торців і багато інших, що дозволяє виконувати широкий спектр операцій на токарному верстаті.

Застосування програмованого логічного контролера дозволило забезпечити високий рівень точності при обробці деталей, а також підвищити безпеку оператора та обладнання за рахунок реалізації аварійних сценаріїв і моніторингу стану системи.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Ключові аспекти та нормативно–правова база

Охорона праці є ключовим аспектом будь – якого виробничого процесу, що спрямований на забезпечення безпеки працівників, збереження їхнього здоров'я та зниження ризиків виробничих травм і професійних захворювань. При роботі з токарними верстатами, оснащеними програмованими логічними контролерами (ПЛК), а також під час обслуговування електротехнічного обладнання, необхідно враховувати численні аспекти, пов'язані з безпекою праці, враховуючи можливі небезпечні та шкідливі фактори. Важливим є комплексний підхід до охорони праці, що включає не лише технічні рішення, а й врахування соціальних, екологічних та психологічних аспектів.

Нормативно–правова база:

1. Закон України "Про охорону праці" встановлює правові, соціально–економічні та організаційні засади охорони праці в Україні. Він визначає права і обов'язки роботодавців та працівників у сфері безпеки праці.
2. Кодекс законів про працю в Україні (КЗпП) містить норми, що регулюють забезпечення безпечних умов праці, визначає відповідальність за їх порушення та описує процедури захисту прав працівників.
3. Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві" гарантує відшкодування шкоди працівникам, які постраждали на виробництві.
4. ДБН В.2.5–28–2006 та ДСН 3.3.6.042–99 встановлюють технічні норми щодо мікроклімату та освітлення в робочій зоні.
5. ДСН 3.3.6.037–99 визначає допустимі рівні шуму, ультразвуку та інфразвуку у виробничих приміщеннях.

5.2 Охорона праці при роботі з токарним верстатом

При роботі з токарним верстатом працівники можуть стикатися з наступними ризиками:

Механічні фактори є одними з основних ризиків при роботі з токарними верстатами та іншими виробничими механізмами, оскільки вони можуть призвести до серйозних травм або пошкоджень як працівника, так і обладнання.

Одним із таких ризиків є контакт із рухомими частинами обладнання, зокрема шпинделем, патроном, різальними інструментами та іншими елементами, що обертаються або рухаються з високою швидкістю. Такий контакт може спричинити серйозні травми, такі як розриви шкіри, переломи або ампутації, особливо при відсутності належного захисту або порушенні техніки безпеки. Наприклад, руки працівника можуть потрапити в зону обертання шпинделя чи патрона, що може призвести до значних пошкоджень, або несправності чи неуважності при зміні різального інструмента можуть спричинити випадковий контакт із обертовими частинами.

Ще одним ризиком є відліт стружки або уламків, які утворюються під час роботи верстата. Ці елементи, вилітаючи з високою швидкістю, можуть пошкодити очі, шкіру чи навіть завдати серйозних травм. Наприклад, гострі осколки стружки можуть потрапити в очі, спричиняючи пошкодження зору, або травмувати шкіру.

Крім того, пошкодження або несправність верстата, наприклад, у системах обертання, механічних приводах чи інших компонентах, може призвести до раптового руху чи відриву частин, що створює серйозну загрозу для здоров'я працівників. Наприклад, несправність системи фіксації деталей може призвести до їх випадкового вилучення з патрона, а несправності гальмівної системи – до непередбачуваних рухів обладнання.

Іншим небезпечним фактором є заклинювання або застрягання інструментів, коли під час роботи з матеріалами інструмент може застрягти в заготовці, що

викликає різкий або неконтрольований рух обладнання. Це створює додаткові механічні навантаження, небезпечні для працівника. Наприклад, заклинювання різального інструмента в матеріалі може спричинити різке поштовхове або обертальне зусилля, яке становить ризик травмування, або відрив чи поломку елементів верстата, що створює додаткові небезпеки.

Також можуть виникати аварійні ситуації, пов'язані з пошкодженням деталей, наприклад, через неправильне кріплення або збої в роботі обладнання, що призводить до великої кількості уламків і небезпечних ситуацій на робочому місці. Такі ситуації, як вибух або розламування оброблюваної деталі, можуть спричинити розкидання уламків, викид гарячих частин чи рідин, що становить загрозу опіків або травмування.

Усі ці механічні фактори створюють серйозні ризики для працівників, тому дотримання стандартів безпеки, використання належних засобів захисту і регулярна перевірка технічного стану обладнання є вкрай важливими для мінімізації подібних небезпек.

Фізичні фактори можуть значно впливати на здоров'я працівників при використанні токарних верстатів, оскільки вони включають такі аспекти, як шум, вібрації, температурні зміни, освітлення, ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання, а також радіацію, що можуть призвести до фізичних травм або хронічних захворювань.

Одним із таких факторів є шум, який створюється токарними верстатами і може спричинити тимчасове або постійне погіршення слуху. Тривала робота в умовах високого шуму без належного захисту може призвести до глухоти, шуму у вухах (тинітусу) або інших захворювань слухової системи, особливо при рівні шуму понад 85 дБ.

Іншим серйозним фактором є вібрації, які виникають під час роботи токарних верстатів, особливо при обробці жорстких матеріалів або великих заготовок. Постійна дія вібрацій може викликати розлади нервово-м'язової системи,

проблеми із суглобами чи судинами, а також синдром вібраційної хвороби, що проявляється порушенням кровообігу в руках, болями в суглобах і судинними змінами, а також загальним стомленням і порушенням координації.

Температурні умови також можуть бути небезпечними як у спеку, так і в холод. Токарні верстати, що нагріваються під час обробки матеріалів, створюють ризик теплових травм, теплових ударів, опіків чи стресу від перегріву. Наприклад, контакт із гарячими частинами верстата або матеріалами може спричинити опіки, а робота в умовах високих температур — перегрівання тіла, що може призвести до теплового виснаження чи стресу.

Низьке або погане освітлення також впливає на безпеку працівників, оскільки може знизити точність операцій і збільшити ймовірність помилок, що можуть спричинити аварії. Погане освітлення створює додаткове навантаження на очі, викликаючи втому зору і головні болі. Зниження видимості, у свою чергу, може призвести до неправильного налаштування верстата чи інструмента, що також збільшує ризики.

Деякі токарні верстати генерують ультрафіолетове або інфрачервоне випромінювання, що може пошкодити шкіру й очі, викликаючи опіки, пошкодження сітківки або перегрівання шкіри й м'язів. Наприклад, ультрафіолетові промені можуть спричинити опромінення шкіри та очей, а інфрачервоне випромінювання може викликати теплові травми.

У певних випадках, особливо при роботі з матеріалами, що містять радіоактивні елементи, може виникати ризик радіації. Вплив іонізуючого випромінювання або довготривалий контакт із радіацією можуть призвести до променевих захворювань, що є серйозною загрозою для здоров'я працівників.

Таким чином, фізичні фактори становлять значну небезпеку, тому важливо дотримуватися всіх необхідних заходів безпеки, використовувати засоби захисту і забезпечувати належні умови праці для зниження ризиків, пов'язаних із їх впливом.

Хімічні фактори, які виникають під час використання токарних верстатів, охоплюють різноманітні речовини й матеріали, що можуть негативно впливати на здоров'я працівників, зокрема через випаровування, гази, пил або безпосередній контакт із хімікатами. У процесі роботи часто використовуються мастила та охолоджувальні рідини, які при випаровуванні потрапляють у повітря й можуть містити токсичні або шкідливі компоненти. Вдихання таких випаровувань може викликати подразнення дихальних шляхів, головні болі, нудоту, а в довгостроковій перспективі — хронічні респіраторні захворювання, пов'язані з вдиханням токсичних речовин.

Шкідливі гази, які утворюються під час обробки матеріалів, особливо металів або пластмас, є ще одним важливим фактором ризику. При перегріванні матеріалу або використанні спеціальних хімічних речовин можуть виділятися токсичні пари, такі як окис азоту чи чадний газ. Удихання цих газів може спричинити гострі або хронічні отруєння, респіраторні захворювання та навіть порушення роботи центральної нервової системи.

Додатковою загрозою є утворення пилу та аерозолів під час обробки матеріалів. Частки металу, пластмаси чи інших матеріалів, що потрапляють у повітря, при вдиханні можуть викликати серйозні захворювання органів дихання, такі як металоз або пневмоконіози, а також алергічні реакції, спричинені токсичними властивостями пилу з пластмаси чи синтетичних матеріалів.

Контакт із хімічними речовинами, які використовуються для обробки або очистки верстатів, також є небезпечним. Агресивні чистячі засоби, розчинники та інші хімічні компоненти можуть викликати хімічні опіки, подразнення шкіри або навіть серйозні пошкодження очей, якщо хімікати потрапляють на слизові оболонки чи відкриті ділянки шкіри. Наприклад, кислоти, лужні речовини або розчинники здатні спричинити хімічні опіки, а їхнє потрапляння в очі може призвести до тимчасової або постійної втрати зору.

Викиди від продуктів обробки, такі як дрібні частинки або токсичні гази, також становлять загрозу для здоров'я працівників. Обробка металевих матеріалів

може призвести до виділення важких металів, таких як свинець чи кадмій, які небезпечні через здатність викликати отруєння, пошкодження дихальних шляхів або нервової системи. Окрім цього, процеси окиснення деяких металів під час обробки можуть утворювати токсичні сполуки, зокрема оксиди азоту, які шкідливі для дихальних шляхів і можуть спричинити захворювання легень, нервової системи або печінки.

Таким чином, хімічні фактори становлять значний ризик для здоров'я працівників, тому важливо впроваджувати заходи для зниження впливу шкідливих речовин, забезпечувати використання засобів захисту та контролювати безпеку робочого середовища.

Електричні фактори становлять серйозну небезпеку на робочих місцях, де використовуються токарні верстати, оскільки постійна взаємодія з електричними установками, обладнанням і системами живлення може спричинити низку ризиків.

Одним із найбільш поширених і небезпечних є електричні удари, що можуть виникати через контакт з оголеними проводами, несправним обладнанням або електричними компонентами, такими як двигуни чи пускачі. Це може призвести до опіків, порушень роботи серця або навіть летальних наслідків, особливо якщо струм потрапляє на корпус верстата через несправність.

Іншим серйозним ризиком є коротке замикання або перевантаження електричної системи, що може стати причиною пожеж чи пошкодження компонентів обладнання. Такі ситуації зазвичай виникають через неправильне підключення, зношування кабелів або відсутність регулярного обслуговування. Наприклад, коротке замикання може викликати іскріння або вибух, тоді як перевантаження призводить до перегріву електричних ліній, що підвищує ризик пожежі.

Важливим аспектом безпеки є належне заземлення електричного обладнання. Відсутність чи несправність заземлення може спричинити ураження струмом або пошкодження техніки. Якщо струм потрапляє на корпус верстата, а заземлення

неналежне, це створює значну небезпеку для працівників. Пошкоджене або неправильно встановлене заземлення також не забезпечує захисту в аварійних ситуаціях.

Окрім цього, несправність електричних компонентів, таких як двигуни, пускачі, реле або контактори, може призвести до аварій. Наприклад, зношений двигун чи пошкоджені проводи здатні викликати коротке замикання або пожежу, особливо якщо струм потрапляє на металеві частини обладнання.

Додатковою небезпекою є іскріння та накопичення статичної електрики, які можуть бути особливо небезпечними у присутності легкозаймистих матеріалів. Іскріння може стати джерелом займання, а розряди статичної електрики створюють ризики для працівників та можуть пошкодити чутливе електронне обладнання.

Нарешті, неправильне використання електроінструментів чи порушення інструкцій з експлуатації можуть спричинити коротке замикання або пошкодження електричних систем. Використання несправних чи несертифікованих інструментів, а також робота у вологих умовах значно підвищують ймовірність електричного удару чи інших аварій.

Отже, всі ці фактори підкреслюють важливість належного обслуговування обладнання, дотримання техніки безпеки та використання сертифікованих компонентів і інструментів для забезпечення безпечних умов праці.

Ергономічні фактори стосуються взаємодії працівника з робочим середовищем, обладнанням та інструментами, що можуть спричинити фізичні навантаження, дискомфорт, травми або хронічні захворювання. У випадку роботи з токарними верстатами ці фактори можуть викликати серйозні проблеми зі здоров'ям, такі як втома, біль у спині, травми суглобів, порушення постави та інші.

Неправильне розташування тіла при роботі, наприклад, постійне нахилання вперед або сидіння у незручній позі, може створювати навантаження на хребет, суглоби та м'язи, що спричиняє біль у спині, шиї, плечах, а тривала робота в таких умовах може призводити до хронічних порушень постави. Погана позиція рук і ніг

під час роботи з верстатом може стати причиною болю в суглобах, м'язової втоми або травм.

Тривале фізичне навантаження, наприклад, при підніманні важких інструментів чи заготовок або тривалій роботі в одному положенні, спричиняє перевантаження м'язів і суглобів, погіршення кровообігу, втому та болі в спині. Неправильне використання інструментів може також викликати травми рук, зап'ясть і плечей.

Монотонність роботи на токарному верстаті, особливо коли завдання повторюються без змін положення тіла, може викликати втомленість, зниження уваги, підвищення ризику помилок і травм, а також сприяти розвитку синдрому карпального каналу та інших захворювань м'язово-скелетної системи.

Неналежне освітлення робочого місця може спричинити напруження очей, головний біль, втому, зниження концентрації та ефективності роботи, що підвищує ризик травм. Недостатнє освітлення ускладнює роботу з дрібними деталями та створює умови для помилок, які можуть призвести до аварій. Шум і вібрація, характерні для роботи токарних верстатів, погіршують робочу атмосферу, спричиняють втрату слуху, шумовий стрес, порушення концентрації, розвиток вібраційної хвороби, втому та зниження працездатності.

Невідповідно організоване робоче місце, наприклад, неправильне розташування обладнання чи зберігання важких інструментів у незручних місцях, змушує працівників здійснювати незручні рухи, часто нахилятися чи працювати в тісних умовах, що підвищує ризик травм та знижує продуктивність.

Використання незручного робочого одягу або засобів індивідуального захисту, які обмежують рухливість, можуть спричинити травми, зниження чутливості рук або дискомфорт, що впливає на безпеку та ефективність роботи.

Таким чином, для забезпечення безпечних і комфортних умов праці необхідно враховувати всі ці ергономічні аспекти, проводити належну організацію

робочого простору, використовувати якісний одяг та обладнання, а також слідувати за дотриманням правильної техніки виконання робіт. [15]

5.2.1 Запобіжні заходи під час експлуатації токарним верстатом

Запобіжні заходи під час експлуатації токарних верстатів включають кілька важливих напрямків, які спрямовані на забезпечення безпеки працівників і мінімізацію ризиків аварій.

До організаційних заходів належить проведення обов'язкового інструктажу з охорони праці для всіх працівників, що працюють із токарними верстатами, розробка і впровадження інструкцій з безпечного використання обладнання, а також регулярне навчання персоналу щодо дій у разі аварійних ситуацій. Крім того, важливо організувати регулярні перевірки знань працівників щодо безпечних методів роботи та дій під час надзвичайних ситуацій, що допоможе знизити ймовірність помилок через недосвідченість чи нехтування правилами.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) включають використання захисних окулярів, що забезпечують захист очей від стружки, протишумових навушників для зниження рівня шумового навантаження, а також спеціального одягу, який не має вільних частин, здатних зачепитися за механізми. Важливим є також використання захисних рукавичок, які дозволяють уникнути травм рук при роботі з деталями та інструментами. Для додаткової безпеки можна передбачити використання протипилових масок, якщо під час роботи утворюється пил або токсичні пари.

Серед технічних заходів важливими є оснащення верстатів захисними кожухами, які ізолюють небезпечні зони, встановлення системи аварійного відключення, що дозволяє швидко зупинити верстат у разі небезпеки, організація ефективної вентиляції для видалення випарів мастильно-охолоджувальних рідин, а також проведення регулярного технічного обслуговування і ремонту обладнання

для підтримання його у належному стані. Встановлення системи автоматичного контролю температури і тиску в критичних зонах верстатів дозволить своєчасно виявляти перевищення допустимих значень і запобігти перегріву чи збої в роботі.

Враховуючи всі ці аспекти, можна стверджувати, що систематичне дотримання запобіжних заходів є важливим елементом запобігання нещасним випадкам та забезпечення здоров'я та безпеки працівників. Створення безпечних умов праці на підприємствах, де використовуються токарні верстати, вимагає ретельної уваги до кожного етапу виробничого процесу та постійного контролю за виконанням усіх вимог безпеки. Тільки комплексний підхід до організації безпечної роботи з обладнанням може гарантувати збереження життя і здоров'я працівників, а також підвищити ефективність та надійність виробничих процесів. [16]

5.3 Охорона праці при роботі з електротехнічною частиною

Токарні верстати є одними з найбільш поширених і важливих машин у виробничих процесах, особливо в металопереробній та механічній галузях. Однак, як і будь-яке технічне обладнання, вони супроводжуються рядом потенційно небезпечних факторів, що можуть становити загрозу для працівників. Безпечне використання токарних верстатів вимагає уважного аналізу та управління різними ризиками, такими як електричні небезпеки, перегрів обладнання та вплив електромагнітних полів. Зрозуміння цих факторів та вжиття відповідних заходів дозволяє значно знизити ймовірність аварій та забезпечити безпечне робоче середовище.

Електричний струм є одним з основних небезпечних факторів на робочих місцях, де використовуються токарні верстати та інше електричне обладнання. Ураження струмом може статися через пошкоджену ізоляцію проводів, неправильне заземлення або порушення встановлених правил безпеки, що може

призвести до серйозних травм або навіть летальних наслідків. Крім того, перевантаження електричних мереж може викликати коротке замикання або навіть пожежу, що виникає через неправильно підібране обладнання або його неправильне підключення до мережі. Це створює умови для перегріву проводки, що може стати причиною займання, підвищуючи загрозу не тільки для працівників, а й для всього виробничого процесу.

Тривалий вплив електромагнітних полів, особливо в безпосередній близькості до джерел випромінювання, може мати серйозні негативні наслідки для здоров'я працівників, викликаючи різноманітні захворювання, зокрема порушення роботи нервової системи, проблеми з серцево-судинною системою, головні болі, стрес та зниження загальної працездатності. Підвищений рівень електромагнітного випромінювання є особливо небезпечним для тих, хто працює в таких умовах без належного захисту, що може мати тривалий негативний ефект на здоров'я.

Перегрів обладнання є серйозною загрозою для безпеки на виробництві. Високі температури можуть спричинити поломки електричних компонентів, пошкодження ізоляції проводів, або створити умови для займання. Особливо вразливими є електричні двигуни, трансформатори, пускачі та інші компоненти, які через перегрів можуть вийти з ладу, що призводить до аварій або непередбачених зупинок виробництва. Крім того, перегрів електричних компонентів збільшує ризик коротких замикань та пожеж, що є серйозною небезпекою для всього виробничого процесу.

У результаті проведеного аналізу потенційно небезпечних факторів, пов'язаних з експлуатацією токарних верстатів, стало зрозуміло, що безпека на робочому місці залежить від своєчасного виявлення та усунення загроз, які можуть виникнути через електричний струм, електромагнітні поля та перегрів обладнання. Несправність ізоляції, порушення заземлення або перевантаження мережі можуть призвести до серйозних травм або навіть смертельних випадків через ураження електричним струмом або пожежу. Також, тривале перебування поруч з джерелами електромагнітного випромінювання може мати негативний вплив на здоров'я

працівників. Для запобігання аваріям важливо ретельно контролювати технічний стан обладнання, дотримуватися правил безпеки та здійснювати регулярне навчання персоналу. Тільки комплексний підхід до управління небезпеками може забезпечити ефективну та безпечну роботу на токарних верстатах.

Запобіжні заходи під час роботи з електротехнічною частиною обладнання є критично важливими для забезпечення безпеки працівників, оскільки електричні ризики можуть призвести до серйозних травм або навіть смертельних наслідків.

Організаційні заходи в даному випадку включають проведення регулярних інструктажів для працівників, що працюють з електрообладнанням, а також контроль за доступом до електричних установок, який має бути обмежений тільки для кваліфікованих спеціалістів. Це дозволяє уникнути несанкціонованого доступу до небезпечних зон та знижує ймовірність помилок, які можуть призвести до аварій.

Технічні заходи включають застосування сучасних пристроїв захисного відключення (ПЗВ), які здатні миттєво відключити електричну систему при виникненні небезпечної ситуації, тим самим запобігаючи ураженню струмом. Регулярна перевірка стану ізоляції проводів на наявність пошкоджень також є важливою частиною профілактики, оскільки старі або пошкоджені проводи можуть стати джерелом коротких замикань і пожеж. Важливо також забезпечити належне охолодження електричних щитів та інших компонентів вентиляційними системами, що дозволяє уникнути перегріву обладнання і знижує ймовірність виникнення пожежі.

Що стосується засобів індивідуального захисту, працівники повинні використовувати діелектричні рукавички, взуття та килимки, які забезпечують захист від електричного струму. Інструменти з ізольованими ручками є додатковим рівнем безпеки, оскільки вони мінімізують ризик прямого контакту з проводами, що перебувають під напругою.

Для забезпечення безпеки працівників при роботі з електротехнічною частиною обладнання необхідно застосовувати комплексний підхід, який включає організаційні, технічні заходи та використання засобів індивідуального захисту. Правильне дотримання цих заходів дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з електричними небезпеками, і забезпечити безпечні умови праці для всіх співробітників.

Детальний аналіз технічного стану токарних верстатів є важливою складовою частиною забезпечення безпечної та ефективної роботи обладнання. Постійний моніторинг і своєчасна діагностика дозволяють виявити проблеми на ранніх стадіях і уникнути серйозних поломок, що можуть призвести до зупинки виробництва чи аварій.

Оцінка технічного стану вимагає використання різних методів діагностики, контролю параметрів обладнання та встановлення чітких інтервалів технічного обслуговування. Для діагностики технічного стану використовуються кілька методів. Віброакустичний метод діагностики застосовується для виявлення небажаних коливань, що можуть бути ознаками пошкодження підшипників чи інших рухомих частин верстата. Акустична емісія дає змогу реєструвати звукові сигнали, що виникають під час роботи обладнання, і визначати появу тріщин або дефектів. Спектральний аналіз мастил дозволяє оцінити наявність металевих частинок у мастилі, що може свідчити про знос деталей. Термографічний контроль використовується для виявлення перегріву компонентів, що є ознакою несправностей.

До важливих параметрів технічного стану токарних верстатів належать точність позиціонування, биття шпинделя, стан напрямних та напружень, люфт у з'єднаннях і характеристики електропривода. Точність позиціонування є критично важливою для забезпечення високої якості обробки заготовок, тому регулярний контроль цієї характеристики є необхідним. Биття шпинделя може негативно впливати на точність обробки та швидкість роботи верстата. Стан напрямних і напружень впливає на стабільність роботи і знос деталей, тому ці параметри також

потребують уваги. Люфт у з'єднаннях може призвести до нестабільності в роботі верстата, а характеристики електропривода — до зниження ефективності та можливих збоїв у роботі обладнання.

Для забезпечення безперервної та ефективної роботи токарних верстатів важливо встановити чітку періодичність технічного контролю. Щоденний огляд дозволяє виявити очевидні дефекти та забруднення, що можуть вплинути на роботу обладнання. Щотижневий профілактичний огляд включає перевірку основних механізмів і систем, що потребують регулярного обслуговування. Щомісячне технічне обслуговування передбачає більш детальний огляд, змащення рухомих частин і заміну зношених елементів. Капітальний ремонт, що проводиться кожні 3–5 років, передбачає повне відновлення обладнання, заміну зношених деталей і вдосконалення технічних характеристик верстата. Такий систематичний підхід до діагностики та технічного обслуговування дозволяє значно продовжити термін служби токарних верстатів, зберегти їх працездатність на високому рівні і забезпечити безпечні умови для оператора.

У результаті проведеного аналізу технічного стану токарних верстатів можна зробити висновок, що регулярна діагностика та своєчасне технічне обслуговування є основою для підтримки безпеки та ефективності роботи цього обладнання. Використання сучасних методів діагностики, таких як віброакустичний контроль, акустична емісія, спектральний аналіз мастил і термографія, дозволяє точно визначати стан верстатів, виявляти потенційні проблеми та запобігати серйозним поломкам. Важливою частиною процесу є також контроль параметрів, таких як точність позиціонування, стан шпинделя, напрямних, люфт з'єднань і характеристики електропривода, що безпосередньо впливають на якість обробки та стабільність роботи верстатів.

Забезпечення належного технічного стану потребує регулярного проведення оглядів і профілактичного обслуговування, що дозволяє вчасно виявити зношування чи несправності і мінімізувати ризики аварій. Періодичне технічне обслуговування, включаючи щоденні, щотижневі, щомісячні перевірки та

капітальний ремонт, є необхідною умовою для підтримки належної працездатності верстатів та продовження їх терміну служби. Підвищена увага до технічного стану токарних верстатів дозволяє знижувати витрати на ремонт, уникати простоїв і створювати безпечні умови праці для операторів.

Інноваційні технології відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки праці, зокрема, завдяки використанню штучного інтелекту в системах безпеки, які дозволяють значно підвищити ефективність моніторингу та управління ризиками на виробництві. Завдяки передбачувальній аналітиці виробничих ризиків можна прогнозувати можливі аварії та небезпечні ситуації, що дозволяє здійснювати своєчасні коригувальні дії. Використання машинного навчання допомагає прогнозувати аварійні ситуації, що значно знижує ймовірність їх виникнення. Інтелектуальні системи моніторингу обладнання дають змогу в реальному часі виявляти будь-які відхилення у роботі техніки, а автоматизована діагностика потенційних несправностей дозволяє вчасно реагувати на проблеми і запобігати серйозним пошкодженням.

Також важливим інструментом для забезпечення безпеки є біометричний контроль стану працівників, який включає моніторинг фізіологічних параметрів у реальному часі. Це дає змогу своєчасно виявляти ознаки втоми чи стресу, а також аналізувати мікрорухи та координацію, що допомагає запобігати травмам. Превентивне виявлення передаварійних станів працівників дозволяє знизити ризик виникнення небезпечних ситуацій і забезпечити високий рівень безпеки на робочому місці. Використання цих інноваційних методів значно покращує управління безпекою, підвищує ефективність робочих процесів і знижує ймовірність виникнення нещасних випадків на виробництві.

Поглиблена ергономіка робочого місця спрямована на наукову організацію праці, що включає в себе кілька важливих аспектів, які впливають на ефективність і безпеку роботи.

Одним із ключових елементів є біомеханіка робочих рухів, яка враховує оптимальні кути нахилу корпусу для зниження навантаження на спину та інші

частини тіла, мінімізацію статичного напруження для зниження втоми і покращення загального стану працівника, а також розрахунок навантажень на опорно-руховий апарат для уникнення перевантажень. Індивідуальна адаптація робочого місця до потреб працівника є важливим етапом, оскільки дозволяє створити комфортні умови для ефективної праці та зменшити ризик травм.

Психофізіологічні основи праці також мають важливе значення, оскільки враховують індивідуальні особливості працівника, що дозволяє більш точно налаштувати робоче місце. Вплив кольорового оформлення робочого місця, акустичне середовище і освітленість безпосередньо впливають на психо-емоційний стан і продуктивність праці, тому ці фактори потребують ретельного підходу при організації робочого простору. Правильне оформлення середовища здатне зменшити стрес і покращити концентрацію працівників.

Антропометричні стандарти також є важливими для створення комфортних умов на робочому місці, адже вони визначають, як розрахувати оптимальну висоту робочої поверхні для запобігання напруженню в спині та руках, які зони є досяжними для зручності роботи, а також як врахувати індивідуальні фізичні параметри працівника для мінімізації ризиків перевантажень. Врахування цих аспектів ергономіки дозволяє значно підвищити ефективність праці та забезпечити комфортні умови для працівників.

Глибокий аналіз виробничих ризиків є важливою складовою частиною управління безпекою на підприємствах. Цей процес спрямований на виявлення та оцінку всіх потенційних небезпек, які можуть виникнути в результаті діяльності підприємства, а також на розробку ефективних стратегій для мінімізації цих ризиків.

Одним з основних інструментів є ризик-менеджмент, який включає як якісний, так і кількісний аналіз ризиків, що дозволяє систематично оцінювати рівень небезпеки на виробництві. Для цього також застосовуються методи, такі як матриця оцінки виробничих небезпек, методика FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), що дозволяє аналізувати можливі несправності та їх наслідки, а також

побудова дерева небезпечних подій, яке надає чітке уявлення про можливі ланцюги подій, що можуть призвести до аварій чи інцидентів.

Системний підхід до управління ризиками включає в себе кілька етапів. Спочатку необхідно провести ідентифікацію потенційних загроз, що дозволяє виявити всі можливі джерела небезпеки на виробництві. Оцінка ймовірності виникнення інцидентів допомагає визначити, наскільки реальна ймовірність кожної загрози, після чого розробляються превентивні заходи, спрямовані на мінімізацію чи усунення цих ризиків. Крім того, необхідно здійснювати постійний моніторинг та актуалізацію ризик-реєстру, щоб враховувати нові потенційні загрози та коригувати заходи безпеки на основі актуальних даних.

Поглиблена електробезпека є важливим аспектом для забезпечення безпеки працівників на виробництвах, де використовується електричне обладнання. Електричні ушкодження можуть мати серйозні наслідки для здоров'я, тому важливо впроваджувати ефективні системи захисту, технічні рішення та регулярні перевірки електричних систем. [17]

До основних засобів захисту від електричних ушкоджень належать ізолюючі та захисні електрозахисні засоби, що забезпечують фізичний бар'єр між людиною та джерелом електричного струму, а також допоміжні та колективні засоби захисту, що створюють безпечні умови для груп працівників.

Крім того, технічні рішення, такі як захисне заземлення, занулення і автоматичні системи відключення, є основою для попередження ураження електричним струмом. Регулярні перевірки та випробування, включаючи вимірювання опору ізоляції, контроль заземлення та випробування на коротке замикання, допомагають виявити потенційно небезпечні несправності та забезпечити безпеку електричних систем.

Системи захисту від електричних ушкоджень включають різні типи електрозахисних засобів, серед яких ізолюючі, захисні, допоміжні та колективні засоби захисту. Ізолюючі засоби застосовуються для забезпечення фізичної ізоляції

працівника від джерела електричного струму. Захисні засоби включають пристрої, що обмежують можливість контакту з енергетичними частинами електричних установок. Допоміжні засоби забезпечують додатковий захист і підтримку, а колективні засоби захисту, такі як захисні екрани та огорожі, використовуються для безпечного створення умов для групи працівників.

Технічні рішення в електробезпеці включають захисне заземлення, яке створює безпечний шлях для електричного струму до землі у випадку короткого замикання або інших аварійних ситуацій. Занулення є важливою частиною захисту, оскільки воно забезпечує з'єднання частин електричних установок, які можуть стати під напругою, з нульовим проводом. Системи автоматичного відключення дозволяють швидко відключати електричні установки у разі виявлення несправностей, щоб зменшити ризик ураження струмом.

Методи перевірки і випробування електричних систем включають вимірювання опору ізоляції для визначення її здатності запобігти протіканню струму через пошкоджену ізоляцію. Контроль заземлення є важливим для забезпечення правильного функціонування захисного заземлення, а випробування на коротке замикання дозволяють перевірити ефективність автоматичних систем відключення у разі короткого замикання.

Висновки за розділом:

Охорона праці при роботі з токарними верстатами та електротехнічним обладнанням є важливою складовою забезпечення безпеки на виробництві. Для ефективної реалізації заходів з охорони праці необхідно застосовувати комплексний підхід, який охоплює як технічні, так і організаційні, а також психологічні і ергономічні аспекти. Впровадження сучасних технологій, таких як штучний інтелект та біометричні системи, дозволяє зменшити кількість виробничих травм і професійних захворювань, підвищити ефективність роботи та забезпечити високий рівень безпеки на робочому місці.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи проведено детальне дослідження конструктивних особливостей і принципів роботи токарного верстата 1A616, який є універсальним обладнанням для обробки деталей з високою точністю. Завдяки можливості налаштування різних параметрів верстат забезпечує виконання токарних операцій з різноманітними різьбами, що робить його ефективним як для індивідуального, так і для серійного виробництва. Розглянуто систему числового програмного управління "Контур 2ПТ-71", що є важливим елементом автоматизації виробничих процесів, що дозволяє підвищити точність і ефективність роботи верстата, однак застарілі технології та відсутність інтеграції з новітніми CAD/CAM системами створюють певні труднощі для адаптації в умовах сучасних виробництв.

Проаналізовано роботу програмованого логічного контролера Syntec 6TA, який використовується для управління токарним верстатом. Це обладнання є високопродуктивним і забезпечує точне управління основними функціями верстата, такими як переміщення осей, обертання шпинделя, моніторинг стану системи та обробка сигналів від датчиків і виконавчих механізмів. Застосування Syntec 6TA дозволяє досягти високої точності, гнучкості та надійності в роботі системи, що є важливим для автоматизації виробничих процесів.

Розроблено функціональну схему системи керування та алгоритм для управління токарним верстатом, що забезпечує високу точність обробки та стабільність у роботі. Використання G-кодів та інтеграція системи з іншими пристроями дозволяє виконувати широкий спектр операцій та знижує ймовірність помилок. Вбудовані механізми безпеки та моніторингу системи підвищують рівень безпеки на робочому місці, що є важливим аспектом для ефективної та безпечної роботи з токарними верстатами.

Отже, виконання роботи підтвердило, що інтеграція сучасних технологій управління та діагностики в роботу токарних верстатів забезпечує високу ефективність, точність і надійність виробничих процесів. Розроблені рішення сприяють підвищенню рівня автоматизації, безпеки та продуктивності на сучасних виробництвах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розширення технологічних можливостей токарно-гвинторізного верстата моделі 1A616. Режим доступу: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/90489>.
2. Детально про будівництво. Токарно-гвинторізний верстат 1A616 - характеристики, використання. Режим доступу: <http://stroyka-gid.com.ua/professiyno-pro-golovne/8931-verstat-1a616.html>.
3. Запчастини до верстатів. Суппорт до 16K20, 16K25, 1A616, 1K62, 1K625, 1K62Д, ТС70, 1М65, 1М63. Режим доступу: <https://kev.zp.ua/ua/p139321-support-16k2016k251a6161k621k6251k62d-ts701m651m63.html>.
4. Шильдики таблички бірки для верстатів та обладнання. Верстат 1A616 з механічною коробкою швидкостей. таблички, шильдики, таблиця резьб і подач. Режим доступу: <https://shildservice.com/product/stanok-1a616-tablichki-shildy-tablitsa-rezb-i-podach/?lang=uk>.
5. Ukraine Metal. Токарно-винторезный станок 1A616: характеристики, устройство, паспорт. Режим доступу: <https://ukraine-metal.com.ua/spr/tokarno-vintoreznyj-stanok-1a616-harakteristiki-ustrojstvo-pasport/>.
6. 3_OND_L2. Лекція № 5 МЕТОДИ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ. Режим доступу: https://fmab.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-FUB/%D0%A3%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%82%D0%B0_%D0%B0%D0%B4%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F/3_OND_L2.pdf.

7. Методи досліджень в освіті: наукова проблема і навчальний курс. *ЛЕКЦІЯ 3 Емпіричні методи наукового дослідження*. Режим доступу: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u97/lekcija_3.pdf.

8. Syntec Thailand. *CNC Controller Lathe Controller*. Режим доступу: <https://www.syntecthailand.com/cnc-controller>.

9. Syntec America. *6 Series 6TA-E*. Режим доступу: <https://www.syntecamerica.com/showproducts/productid/4435585/cid/462444/6-series/>.

10. Manual Machine. *syntec 6A Specification Manual*. Режим доступу: <https://manualmachine.com/syntec/6a/4713281-specification-manual/>.

11. Інституційний репозиторій. *ПРОГРАМУВАННЯ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК*. Режим доступу: https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/7357/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA.%20%D0%A7%D0%9F%D0%9A_2004.pdf.

12. Державний університет "Житомирська політехніка" - Освітній портал. *Лекція 12. ТОКАРНІ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПУ*. Режим доступу: https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/313876/mod_resource/content/1/%D0%9B.13%20%2812.2%29.%D0%A2%D0%BE%D0%BA.%20%D0%BE%D0%BF.%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%9C%D0%A0%D0%92%20%D0%B7%20%D0%A7%D0%9F%D0%A3.pdf.

13. Syntec Thailand. *6D/6-H/6-E/21/21-H/21-E/210-E/22/220 Series_Serial Bus Milling Machine Operation Manual*. Режим доступу: https://www.syntecthailand.com/_files/ugd/aa4b71_2d516d044689497fbf9c231e52722898.pdf.

14. Syntec Thailand. *SYNTEC CNC Parameters*. Режим доступу: https://www.syntecthailand.com/_files/ugd/aa4b71_095da7b7402f4cfe96ac957a9b91f0fd.pdf.

15. Державний навчальний заклад "Канівське вище професійне училище". *Інструкція з охорони праці № 135 під час роботи на токарному верстаті*. Режим доступу: <https://dnzkvpu.org.ua/news/15-01-09-03-09-2022/> .

16. Служба Охорони Праці. *Електробезпека: охорона праці*. Режим доступу: <https://pro-op.com.ua/article/745-elektrobezpeka> .

17. Elanati. *БЕЗПЕКА ПРАЦІ В ЕНЕРГОУСТАНОВКАХ*. Режим доступу: <http://ela.nati.org.ua:8080/bitstream/123456789/788/1/%D0%91%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0%20%D0%BF%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%96%20%D0%B2%20%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B0%D1%85.pdf> .

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кваліфікаційна магістерська робота на тему:
**ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМОВАНОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРУ У
КЕРУВАННІ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ**

Виконав: студент групи 6371м
Перевозчиков П. К.
Керівник: к.т.н., асистент кафедри
Іванов А. В.

Миколаїв – 2024

Слайд 1. Титульний лист

ДОДАТОК А
МУЛЬТІМЕДІЙНА ПРЕЗЕНТАЦІЯ

МЕТА ТА ЗАДАЧІ РОБОТИ

Мета роботи – Розробка та впровадження системи автоматизованого управління токарним верстатом на основі програмованого логічного контролера, що забезпечує підвищення точності та продуктивності виробництва.

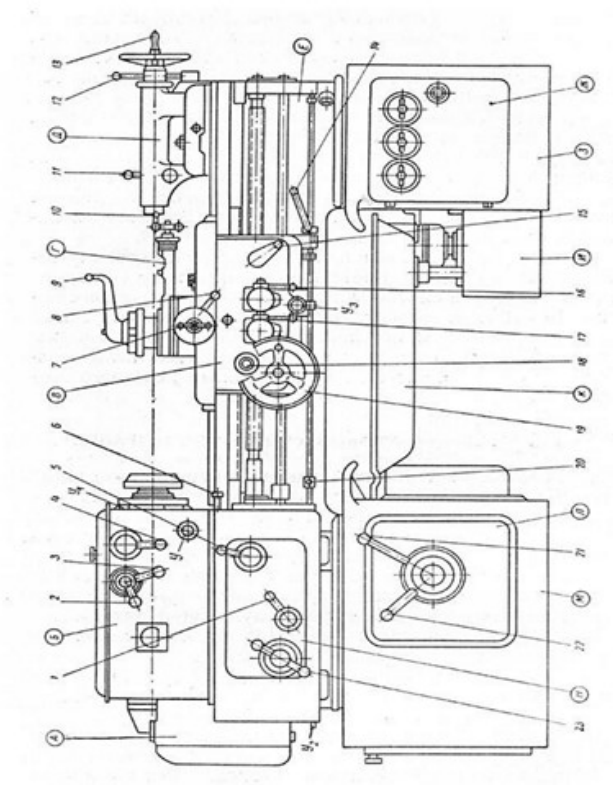
Задачі роботи:

- 1) Провести аналіз особливостей функціонування токарних верстатів і вимог до їх керуючих систем;
- 2) Дослідити можливості використання ПЛК у системах управління токарними верстатами;
- 3) Розробити алгоритм керування та програмне забезпечення для ПЛК;

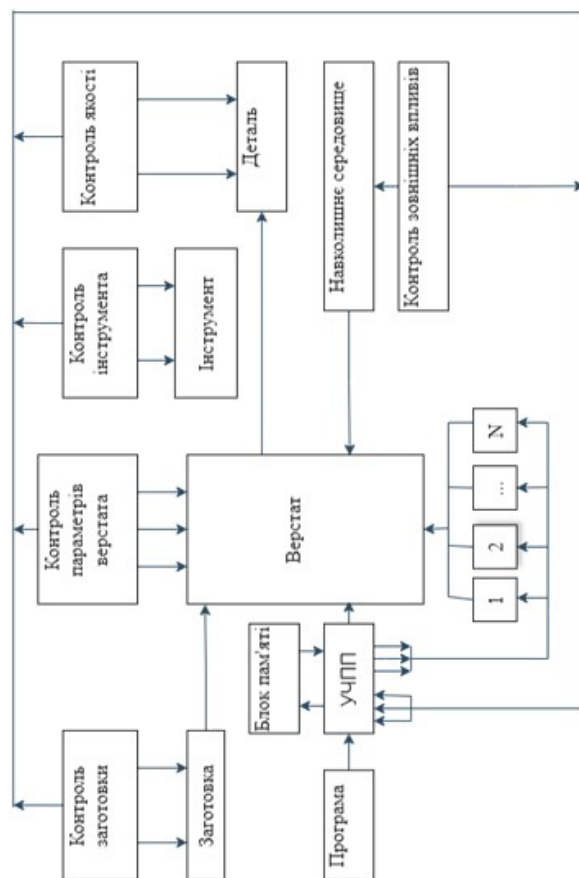
Об’єкт дослідження: Система керування токарним верстатом.

Предмет дослідження: Використання програмованого логічного контролера для автоматизації роботи токарного верстага.

ТОКАРНИЙ ВЕРСТАТ 1А616 ТА ЧПК



Будова верстата



Функціональна схема базового ЧПК Контур 2ПТ-71

ОБРАНИЙ ПРОГРАМОВАНІЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР SYNTEC 6A

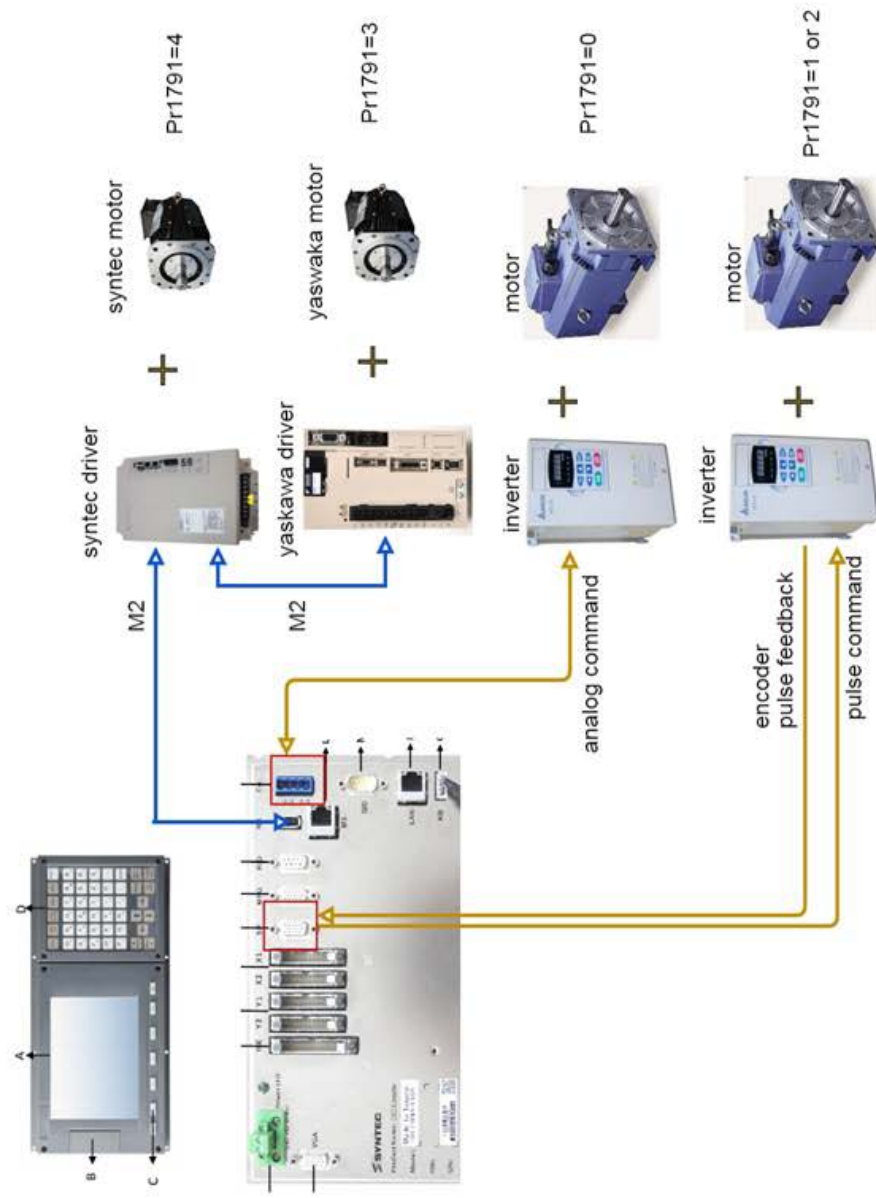


Загальний вигляд контролера

Задня панель пристрою

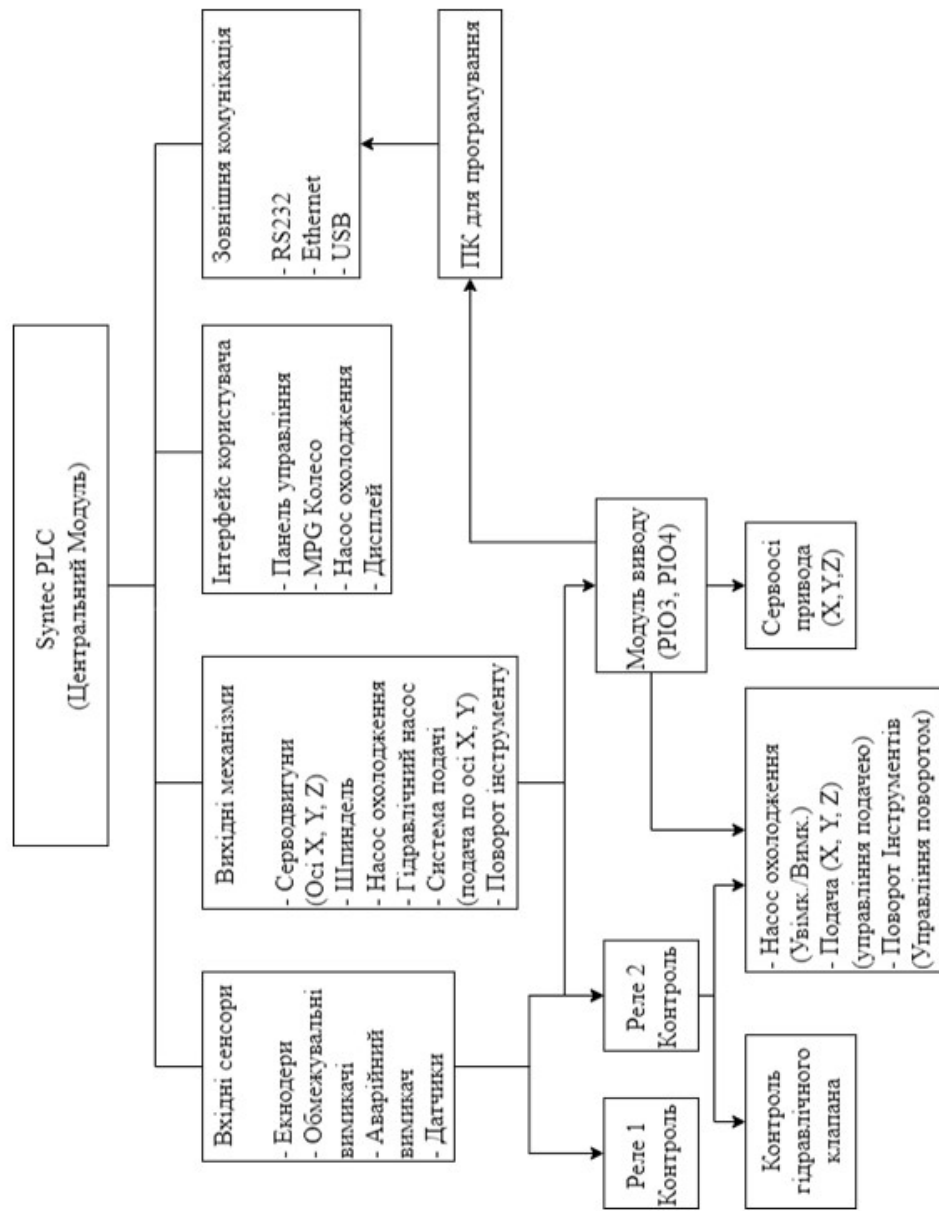
Слайд 4. Обраний програмований логічний контролер Syntec 6A

СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ КОНТРОЛЕРА З ОСНОВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ УПРАВЛІННЯ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ



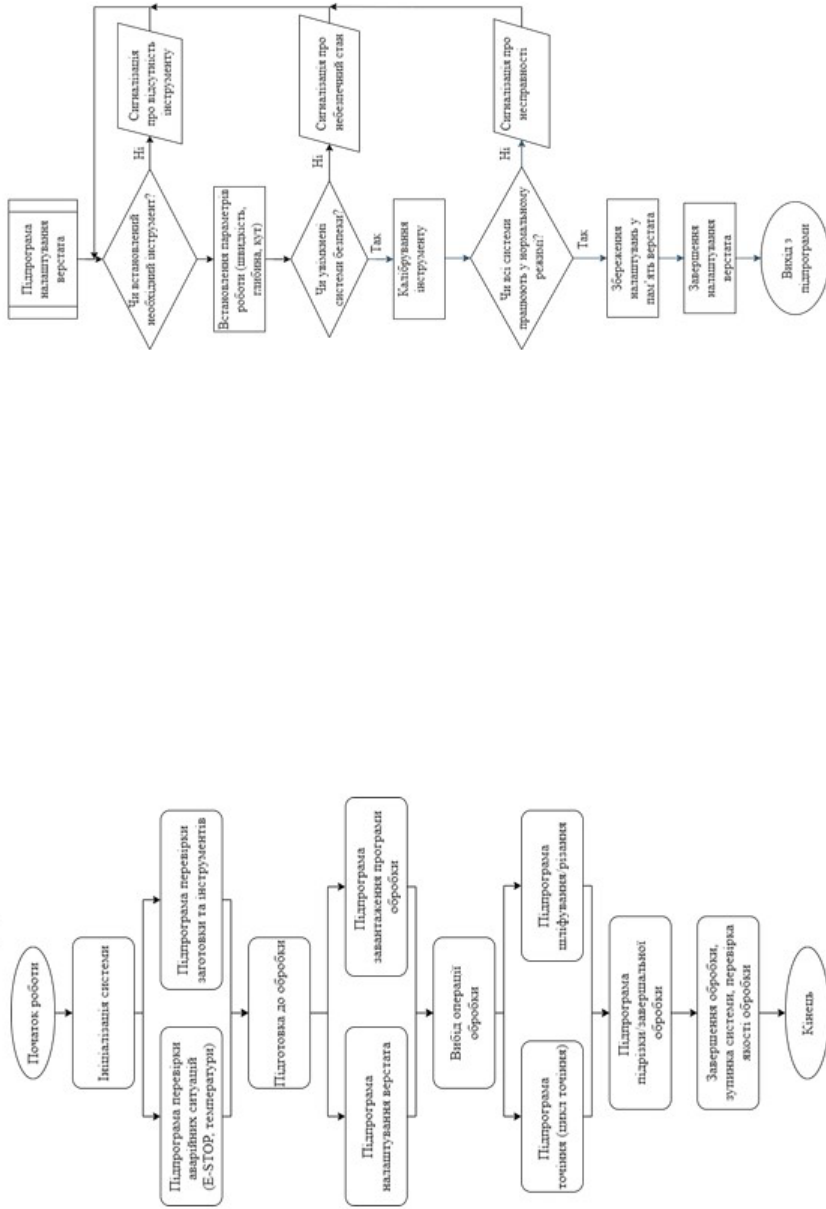
Слайд 5. Схема підключення контролера з основними елементами управління токарного

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТОКАРНИМ ВЕРСТАТОМ



Слайд 6. Функціональна схема системи управління токарним верстатом

АЛГОРИТМ ОСНОВНОЇ ПРОГРАМИ КЕРУВАННЯ ТОКАРНИМ ВЕРСТАТОМ ТА АЛГОРИТМ ПІДПРОГРАМИ НАЛАШТУВАННЯ ВЕРСТАТУ

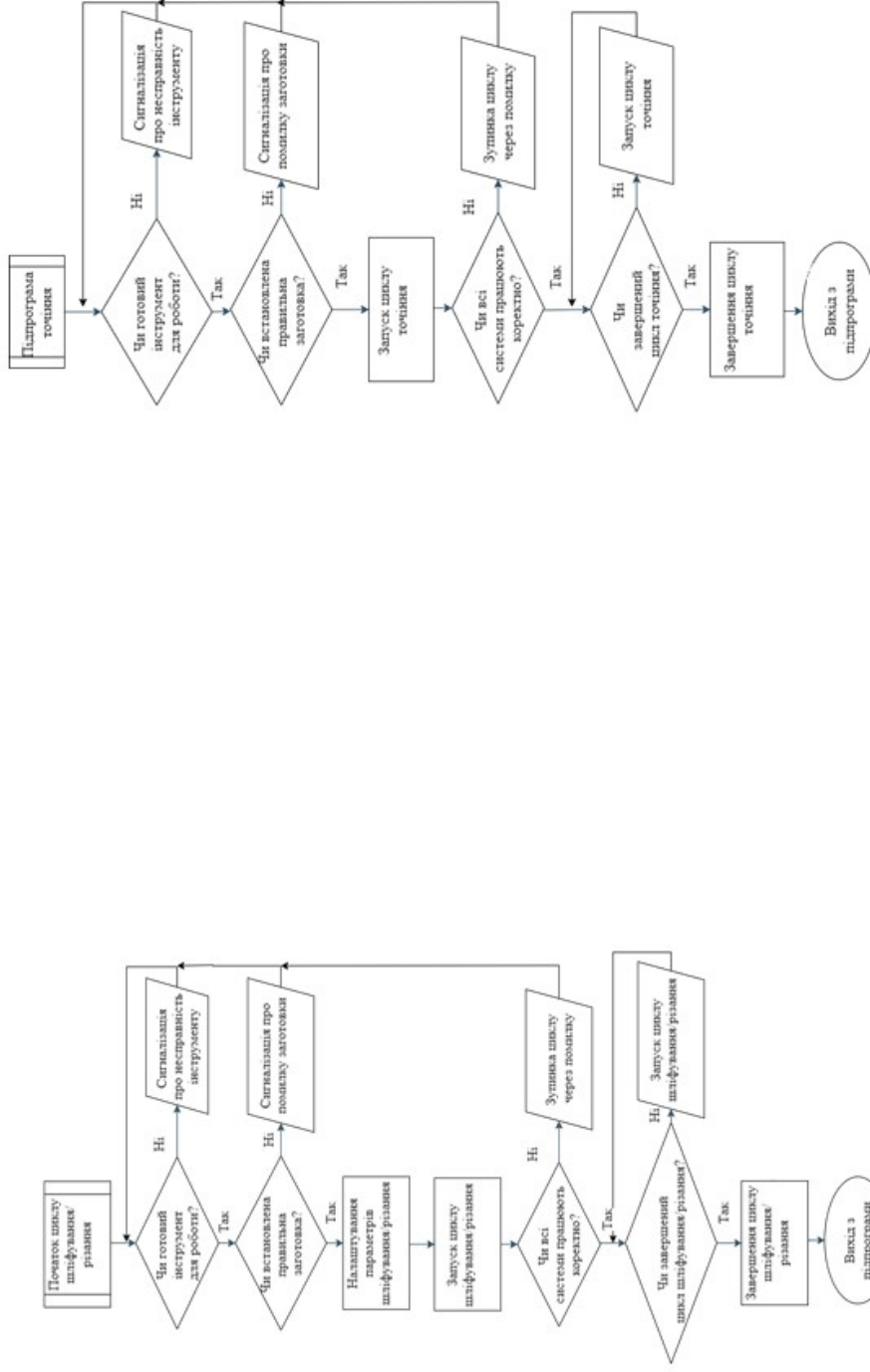


Основний алгоритм програми керування токарним верстатом

Алгоритм підпрограми налаштування верстата

Слайд 7. Алгоритм основної програми керування токарним верстатом та алгоритм підпрограми налаштування

АЛГОРИТМ ПІДПРОГРАМИ ТОЧІННЯ ТА АЛГОРИТМ ПІДПРОГРАМИ ШЛІФУВАННЯ/РІЗАННЯ

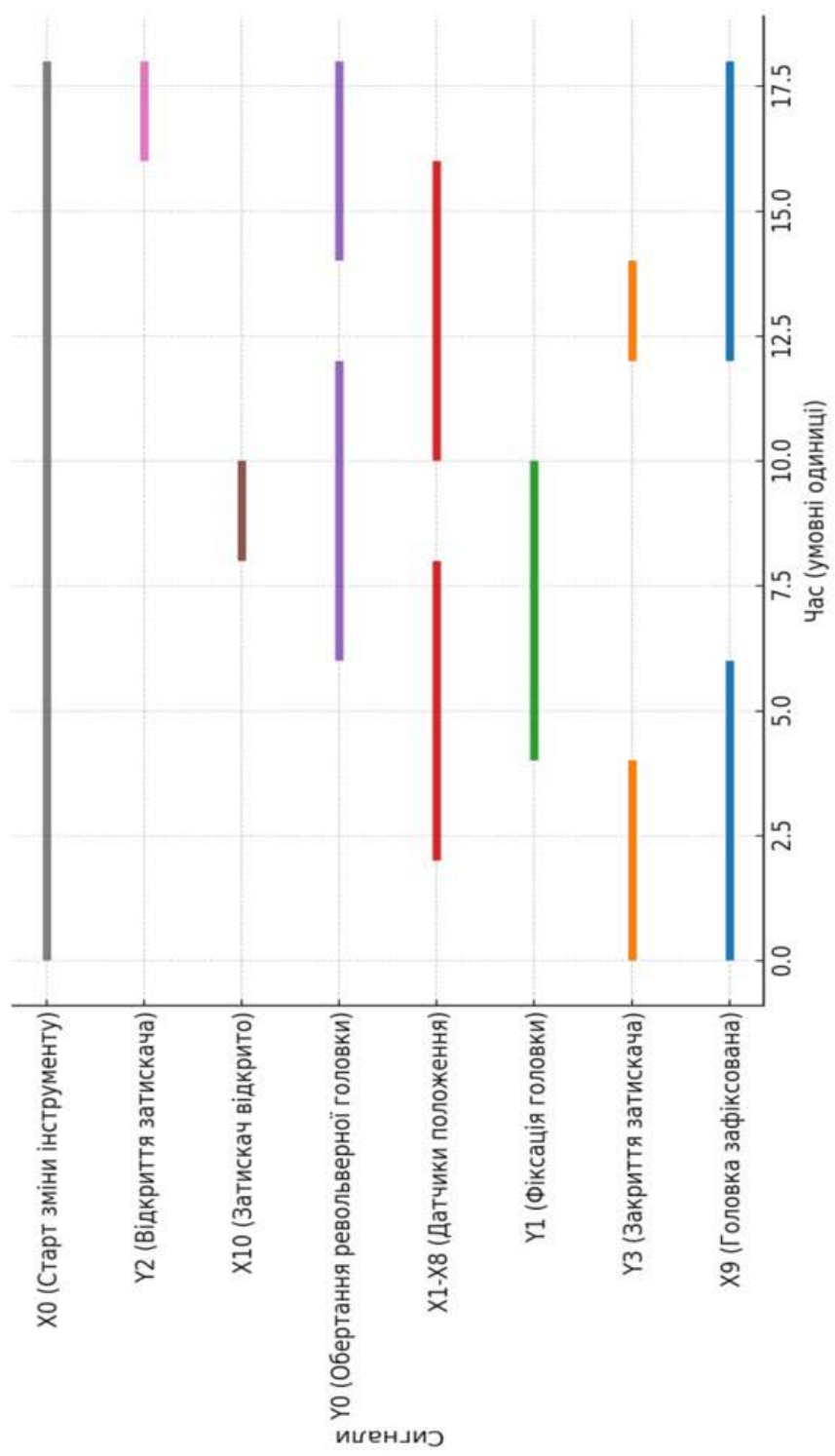


Алгоритм підпрограми шліфування/різання

Алгоритм підпрограми точіння

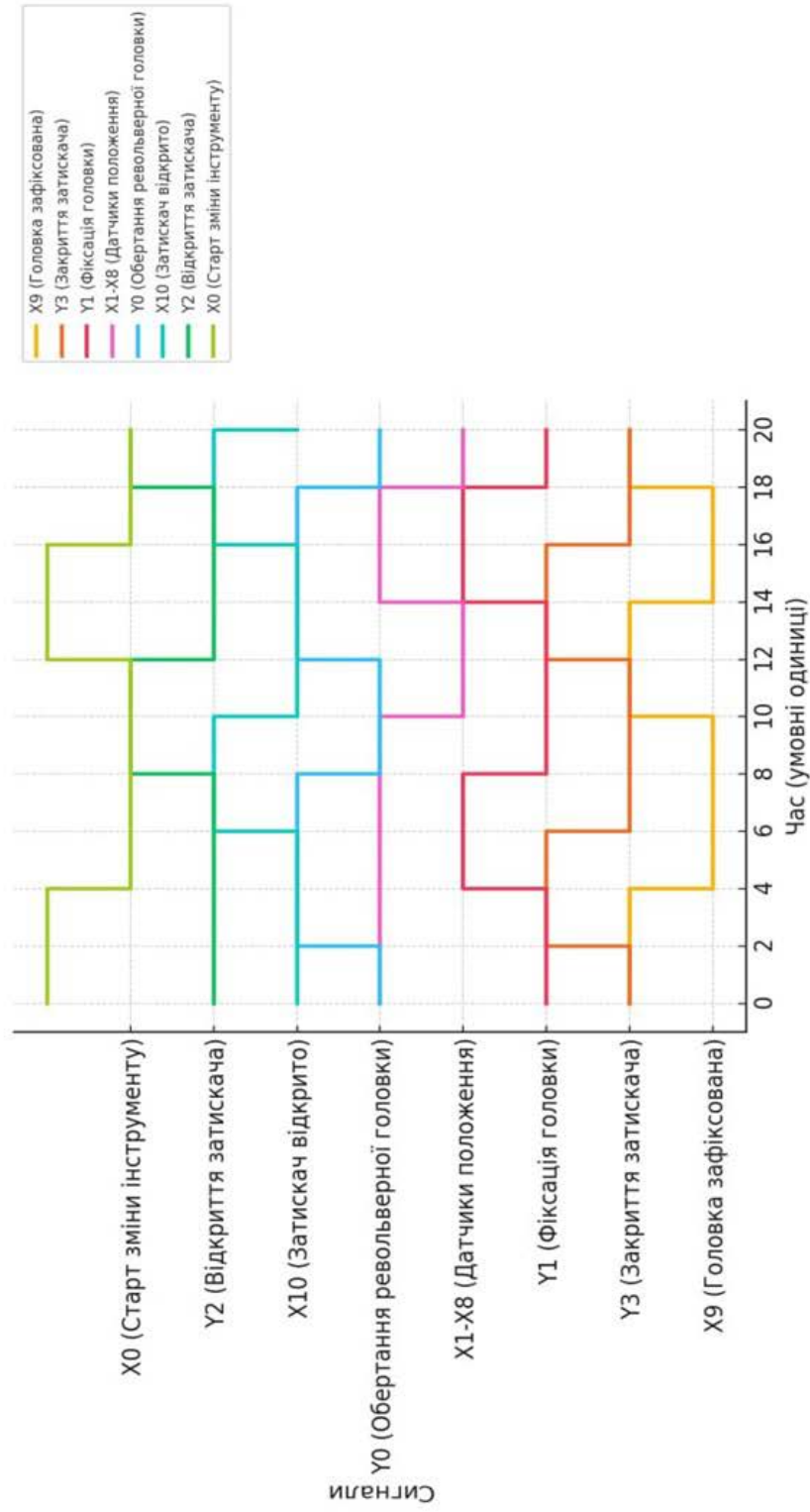
Слайд 8. Алгоритм підпрограми точіння та алгоритм підпрограми шліфування/різання

РЕЗУЛЬТАТИ ПРОГРАМУВАННЯ



Циклограми роботи системи токарного верстата

РЕЗУЛЬТАТИ ПРОГРАМУВАННЯ



Циклограми роботи приводів токарного верстата

Слайд 10. Результати програмування

ВИСНОВКИ

Виконано дослідження конструктивні особливості токарного верстата 1A616, що є універсальним і багатоцільовим обладнанням для обробки деталей різних розмірів і матеріалів. Верстат забезпечує високу точність та ефективність при виконанні різних токарних операцій. Завдяки широкому діапазону швидкостей обертання шпинделя і можливості налаштування параметрів, верстат є ідеальним для індивідуального та серійного виробництва.

Проаналізовано використання програмованого логічного контролера Syntec 6TA і аналіз показав, що він забезпечує точне управління основними функціями верстата, такими як переміщення осей та обертання шпинделя, що сприяє підвищенню ефективності та надійності виробничих процесів.

Розроблено алгоритми для ефективного керування верстатом, що забезпечують злагоджену роботу системи та високу точність обробки. Використання програмованого логічного контролера в поєднанні з сучасними автоматизованими системами дозволяє значно підвищити продуктивність і безпеку роботи верстата.

Отже, використання сучасних технологій автоматизації на токарних верстатах сприяє підвищенню точності обробки, стабільності роботи обладнання і зниженню ризиків аварійних ситуацій.