

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та  
робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Автоматизована система керування процесом гарячого штампування деталей

Назва теми

КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

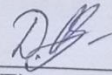
Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

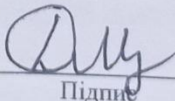
Виконав:

студент III курсу, група АКІТс-22-1

  
Підпис

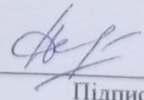
Дмитро ЮРА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник

  
Підпис

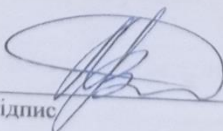
Максим ДИХА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

  
Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:  
зав. кафедри автоматизації  
та комп'ютерно-інтегрованих  
технологій та робототехніки

  
Підпис

Валерій МАРТИНЮК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 17 » червня 2025 р.

Хмельницький 2025

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТтаР

Валерій МАРТИНЮК

07 лютого 2025р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

ЮРІ Дмитру Ікторовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизована система керування процесом гарячого штампування деталей

Керівник роботи канд. техн. наук. Диха Максим Олександрович

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025 р. №23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.

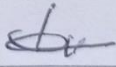
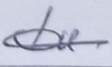
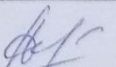
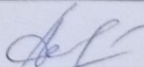
3 Вихідні дані до роботи Завдання на кваліфікаційну роботу

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Огляд методів розв'язання поставленої задачі. Розробка схемотехнічних рішень. Розробка алгоритму роботи програмного забезпечення. Висновки

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)  
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

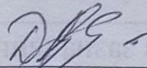
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2025р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

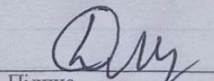
Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1 Вибір та затвердження теми кваліфікаційної роботи; розробка завдання на кваліфікаційну роботу; складання календарного графіка виконання кваліфікаційної роботи	01.03.2025	Виконано
2 Вивчення предметної області, в якій планується використання системи автоматизації; аналіз вимог до системи автоматизації	15.03.2025	Виконано
3 Проектування та розробка загальної архітектури і структури системи автоматизації, інтерфейсу користувача; вибір засобів реалізації системи автоматизації	29.03.2025	Виконано
4 Програмна реалізація та тестування системи автоматизації	12.04.2025	Виконано
5 Написання тексту пояснювальної записки та розробка графічних матеріалів	19.04.2025	Виконано
6 Остаточне коригування кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника; оформлення кваліфікаційної роботи як документа відповідно до вимог	11.04.2025	Виконано
7 Отримання супровідних документів (відгуку керівника, рецензії, довідки про перевірку на плагіат); нормоконтроль	30.05.2025	Виконано
8 Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи	03.06.2025	Виконано

Студент

  
Гідпис

Дмитро Юра  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

  
Гідпис

Максим ДИХА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована система керування процесом гарячого штампування деталей».

Автор роботи: Дмитро ЮРА

Керівник роботи: Максим ДИХА

Пояснювальна записка: 62 с., 9 рис., 14 табл., 1 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 15 презентаційних слайдів.

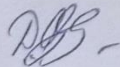
СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ, ГАРЯЧЕ ШТАМПУВАННЯ,  
КОНТРОЛЕРНИЙ ПРИСТРІЙ, БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи керування процесом гарячого штампування деталей.

Після виконання вищезазначених робіт була розроблена система керування машиною гарячого тиснення. Система управління реалізована за допомогою ПЛК Siemens SIMATIC S 7-300. Це контролер середнього класу, розроблений для побудови систем автоматизації низької та середньої складності, і ідеально підходить для цього завдання автоматизації РТК.

Перевагами цієї системи управління є: надійність роботи, легко контролювати, можливість діагностики роботи контролера, можливість модернізації систем управління, ціна прийнятна.

Систему керування можна вдосконалити, наприклад, підключивши ПЛК до промислового комп'ютера або об'єднавши декілька контролерів у мережу.







Підпис студента

19.06.25

Дата

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ .....	4
ВСТУП .....	5
1 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ .....	8
1.1 Обґрунтування необхідності автоматизації роботехнічного комплексу гарячого штампування .....	8
1.2 Технічне завдання .....	13
1.3 Висновки до першого розділу .....	19
2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ .....	21
2.1 Розробка структури системи управління .....	21
2.2 Вибір апаратних засобів системи управління .....	23
2.3 Розробка електричної схеми підключення .....	39
2.4 Висновки до другого розділу .....	42
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ .....	44
3.1 Опис системи програмування .....	44
3.1.3 Крос-референси та відстеження .....	50
3.1.4 Обмін даними та розширена комунікація .....	50
3.1.5 Функції діагностики й захисту .....	51
3.1.6 Управління версіями й архівація .....	51
3.1.7 Налагодження та тестування .....	51
3.1.8 Інтерфейс людина–машина (НМІ) .....	52
3.1.9 Підтримка стандарту ІЕС 61131-3 .....	52

КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Літ.	Лист	Листів
Розроб.	Юра Д.			17.06.25	Автоматизована система керування процесом гарячого штампування деталей	2		
Перевір.	Диха М.О. Д			17.06.25				
Н. Контр.	Корецька Л.О.			17.06.25	Пояснювальна записка	<b>ХНУ, АКІТс-21-1</b>		
Затв.	Мартинюк В.В.			17.06.25				

3.2	Опис мови релейно-контактної логіки.....	53
3.3	Висновки до третього розділу .....	56
	ВИСНОВКИ.....	58
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	60
	ДОДАТОК А Програма управління РТК гарячого штампування .....	63

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ПЛК – програмований логічний контролер

РТК – робототехнічний комплекс

СУ – система управління

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			4

## ВСТУП

У промисловості процеси формування металу тиском відіграють дуже важливу роль, оскільки вони дозволяють виготовляти заготовки або деталі бажаної форми, розміру та властивостей шляхом пластичного деформування металу. Гаряче штампування - один з найпоширеніших методів обробки металу тиском.

Автоматизація виробничого процесу дозволяє значно підвищити ефективність виробництва, підвищити якість продукції та раціональніше використовувати трудові ресурси, тим самим зменшуючи споживання енергії та ресурсів та приносячи величезний економічний ефект, що завжди було головним показником нових технологій.

Важливою складовою підвищення продуктивності обладнання є збільшення коефіцієнта його завантаження. Для цього необхідно забезпечити безперервність процесу. Це гарантує, що три основні показники будь-якого виробництва знаходяться на високому рівні: продуктивність, ефективність і якість продукції.

Можливість реалізації безперервного процесу у виробництві поковок не представляє труднощів, оскільки процес штампування характеризується невеликою кількістю операцій, які легко поєднуються між собою і зазвичай узгоджуються за часом (комбінація операцій).

Необхідність і доцільність автоматизації надзвичайно важлива у штамповому виробництві, оскільки воно пов'язане з важкими умовами праці. Основними несприятливими факторами в цьому виробничому процесі є висока температура, шум і вібрація. Автоматизація виробництва звільняє людей від функцій безпосереднього управління виробничим процесом, тим самим зменшуючи кількість людей, зайнятих поблизу шкідливих для здоров'я об'єктів.

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	5
		№ докум.	Підпис			

Впровадження нової системи управління потребує додаткових витрат на перетворення виробничого обладнання, але економічний ефект від впровадження мікроконтролерів у систему керування може зменшити виробничий брак, підвищити ефективність виробництва та запровадити нові рішення та методи, щоб проект міг отримати повну віддачу за відносно короткий період часу.

Ще одна не менш важлива причина для автоматизації — удосконалення організації робочого місця, грамотне його планування та оснащення зручною панеллю керування. Чим організованіший, зручніший і оснащений всім необхідним для безперебійної роботи, тим вища продуктивність праці і менше часу втрачається на непродуктивну роботу. Впровадження системи керування на базі нової бібліотеки елементів може знизити експлуатаційні витрати на обслуговування та перевірку обладнання [1-5].

Основною метою цього проекту є розробка системи керування пресом гарячого штампування, яка дозволить контролювати процеси завантаження та вивантаження деталей, що обробляються.

Завданнями роботи є:

1. Провести аналіз існуючих методів і засобів автоматизації процесів гарячого штампування на ковальських пресах.
2. Розробити функціональні вимоги до системи керування пресом, що забезпечують контроль операцій завантаження, пресування та вивантаження заготовок.
3. Спроекувати апаратну частину системи – обрати мікроконтролери, датчики (позиції, температури, тиску) та виконавчі механізми (приводи, електромагнітні клапани, індикатори).
4. Розробити алгоритми керування та безпеки (відстеження положення штампа, захист від перевантаження, аварійна зупинка), реалізовані на базі ПЛК або мікроконтролерів.

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	6
		№ докум.	Підпис			

5. Реалізувати програмну частину в середовищі розробки (Arduino IDE, CodeSys або еквівалент), забезпечивши інтерфейс людина–машина (панель керування, індикатори, сигналізація).

6. Провести стендові випробування та апробацію системи в умовах модульного тесту та промислового преси, оцінити її вплив на продуктивність, якість обробки та безпеку операторів.

					КВРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			7

## 1 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ

### 1.1 Обґрунтування необхідності автоматизації роботехнічного комплексу гарячого штампування

Питання автоматизації процесу гарячого штампування стає актуальним, оскільки ставиться мета зменшити частку ручної праці. У той же час це забезпечує підвищення продуктивності та безпеки на робочому місці. Штампування - це обробка металевих і неметалевих заготовок тиском у штампі.

Обробка металу тиском відноситься до пластичної деформації заготовки в матриці, і потік металу обмежений розміром простору для штампування [1]. Процес штампування можна формувати без видалення стружки, що забезпечує високу точність виробу та високу продуктивність праці.

Переваги штампування перед куванням: висока продуктивність, висока точність розмірів, низька шорсткість поверхні, можливість виготовлення деталей складної форми і однакових розмірів. Недоліками є висока вартість інструменту (тому штампування зазвичай використовують для масового виробництва), одним інструментом можна виготовити виріб лише одного розміру, а також виготовляти деталі невеликої ваги (0,3...100 кг). Існує два основних види тиснення: об'ємне тиснення і листове тиснення.

Гаряче штампування - це процес виготовлення поковок за допомогою спеціального обладнання - штампів (як показано на малюнку нижче). Матриця молотка складається з двох сталевих бойків (матриці та пуансона), які мають на плоскій поверхні з'єднувача насічки, що відповідають формі деталі. Під дією сили молотка або тиску преса нагріта заготовка деформується і заповнює порожнину форми. Результатом штампування є деталь, форма і розміри якої відповідають формі і розмірам штампованої деталі.

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	8
		№ докум.	Підпис			

Гаряче об'ємне штампування забезпечує виготовлення поковок з високою точністю розмірів і дозволяє істотно знизити металомісткість деталей, що виготовляються, і знизити трудомісткість подальшого різання. Крім того, штампування забезпечує якісну поверхню кування, усуваючи необхідність подальшого вирізання всієї поковки, лише тих частин, які контактують з іншими деталями.

У порівнянні з відкритим куванням об'ємне штампування має такі переваги:

- 1) підвищення продуктивності в 50...100 разів (десятки і навіть сотні поковок на годину);
- 2) висока рівномірність і точність поковок (припуск і похибка кування в 3...4 рази менше, ніж кування), що значно знижує витрату металу на стружку;
- 3) можна отримати поковки складної форми без перекриття;
- 4) висока якість поверхні.

Залежно від складності, матеріалу, якості та способу штампування заготовки з однієї матриці можна виготовити від 10 000 до 25 000 поковок.

Недоліки об'ємного штампування: складні і дорогі штампи (іноді багаторазові), обмежена маса ковки (0,3 ... 100 кг), тому що зусилля деформації при штампуванні значно більше, ніж при куванні.

Об'ємне штампування найбільш ефективно при великосерійному і великосерійному виробництві.

За типом матриці штампування поділяється на відкриту матрицю, закриту матрицю та екструзійну матрицю. Гаряче штампування здійснюють нагріванням до температур 200—1300 °С залежно від складу сплаву й умов обробки. Вихідним матеріалом є прокат, розділений на заготовки розміром, що дорівнює об'єму майбутнього кування (з урахуванням неминучих відходів). Штампи гарячого тиснення зазвичай складаються з двох половинок - верхньої та нижньої [1-5].

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	9
		№ докум.	Підпис			

Як правило, при штампуванні на молотку і вертикальному пресі нижня частина матриці нерухома, а верхня - рухома. Об'ємне штампування виконується у відкритому штампі (плоска поверхня з'єднувача перпендикулярна напрямку штампування) або в закритому штампі (плоска поверхня з'єднувача по периметру поковки). Відкрита прес-форма характеризується простотою конструкції і універсальністю, але гаряче штампування в ній пов'язане з утворенням затвора, що забезпечує заповнення складного рельєфу порожнини форми. Для розміщення фольги у формі передбачені спеціальні канавки. Після штампування заготовка вирізається в матриці різального верстата.

Пази молоткового штампування - технологія кування та гарячого об'ємного штампування Типи шліців круглої форми: вузька частина - міст, широка частина - магазин. Тип канавки вибирається згідно з довідником.

Штампування кування. Ковані, литі або штамповані – які диски краще і чим вони відрізняються? Тип колеса

У закритих штампах задирки (кінцеві задирки) дуже малі (не більше 1%) або зовсім відсутні, оскільки поковка формується з усього об'єму металу. Закриті штампи менш корисні — вони не можуть виробляти сферичні поковки. У випадках, коли необхідно отримати вихідну заготовку з досить високою об'ємною точністю, використовують закриту матрицю з компенсатором - додатковою порожниною, в яку витікає надлишок металу в заготовці. Компенсатор розташований на останньому місці входу металу в матрицю, щоб запобігти передчасному та надмірному потраплянню металу в компенсатор. Однак цей метод не є економічним, оскільки метал, що надходить у компенсатор, викидається. Технологія та обладнання механічного виробництва

Інша технологічна технологія гарячого об'ємного штампування - це використання штампувальних фасок, які робляться в порожнині форми для

полегшення викиду готового виробу. Форма ковки спотворена, наприклад, вона не циліндр, а усічений конус. У молоткових штампах нахил становить 7-10°, а в пресувальних — 5-70°, використовується ежектор. Надлишки металу (нахлест) на поковці також є відходами.

Автоматизація процесів гарячого штампування може здійснюватися за наступними напрямками в залежності від конкретних умов виробництва:

- автоматизувати процеси штампування на універсальних та багатопостових автоматичних пресах
- впровадити автоматичні лінії для досягнення повної автоматизації виробництва
- застосувати гнучкі виробничі системи для оперативної переналагоджуваності під різні деталі
- використати автоматизовані та гнучкі роботизовані комплекси для інтегрованого керування технологічними операціями.

Використання цих методів є складним як з точки зору необхідного обладнання, так і з точки зору підготовки до обслуговування виробництва.

Як основне обладнання для штампування, прес є машиною з надзвичайно високою продуктивністю. Важливим показником ступеня автоматизації штампування є коефіцієнт використання робочого ходу преса. При ручній подачі заготовок і зніманні деталей на ці операції витрачається до 85% робочого часу. При автоматизації допоміжних операцій може бути використано до 50% від загального числа ходів преса. Перенесення заготовок з одного місця в інше допомагає ще більше підвищити продуктивність.

Як правило, порядок виконання операцій дуже простий. Спочатку заготовки завантажуються на виробничий цех, потім вони обробляються в строго визначеному порядку і, нарешті, готові деталі вивозяться з виробничого цеху.



## 1.2 Технічне завдання

### 1. Найменування та сфера застосування системи управління

Системи контролю гарячого штампування РТК можуть бути використані в машинобудуванні, верстатобудуванні та інших галузях промисловості, де необхідно виготовляти деталі методом гарячого штампування.

### 2. Мета та призначення розробки

Основним завданням даної роботи є розробка та проектування системи управління РТК гарячого штампування, яка дозволить контролювати процес переміщення оброблюваних деталей з однієї ділянки обробки на іншу, скоротити витрати часу на це переміщення, зробити технологічний процес виготовлення деталей безперервним, а також полегшити працю працівників, зайнятих на цьому виробництві.

### 3. Режими роботи об'єкта

Hot Stamp РТК працює в автоматичному режимі. РТК починається після натискання кнопки START на панелі керування оператора. Для початку роботи РТК необхідна присутність групи з дозволу на рух (нікого в робочій зоні РТК). Технологічний цикл обробки деталей здійснюється в автоматичному режимі. Щоб вийти з циклу, натисніть кнопку Stop на консолі оператора.

### 4. Умови експлуатації системи керування

#### 1) Кліматичні умови експлуатації:

- температура навколишнього повітря в межах (5-50);
  - відносна вологість від 30 до 80%;
  - атмосферний тиск коливається від 84 до 106,7 кПа;
- середовище повинно містити корозійні пари та газ.

#### 2) Механічні умови:

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	13
		№ докум.	Підпис			

- амплітуда вібрації трохи більше 0,1 мм;
- частота вібрації не вище 25 Гц;
- удар не перевищує 3 децибел;
- зовнішнє магнітне поле напруженістю трохи більше 400 А/м;

3) Умови живлення системи:

- напруга - 24В, 220В;
- частота - 50 Гц.

5. Технічні вимоги.

РТК гарячого штампування включає: електропіч, прес, промисловий робот (ПР), бак гарту. Рух заготовки виконується обома руками ПР. Заготівлю необхідно нагріти в печі гарту, потім перемістити в робочу зону преса, а потім в резервуар гарту. У кожному циклі PR виконує ці операції над двома артефактами. РТК може бути в двох позиціях:

- положення 1: ліва рука ПР біля конфорки, права біля преса;
- позиція 2: ліва рука ПР біля преса і права рука біля бака для гартування.

PR-менеджмент здійснюється повністю відповідно до цієї системи управління. Система управління також контролює включення/вимикання електропечі до/після зняття нагрітої заготовки з ОР.

СУ повинен використовувати датчики для моніторингу положення ПР, розгинання/відведення руки ПР та захоплення.

Хід преса і перебування деталі в печі необхідно контролювати за допомогою прийому сигналів від блоку керування пресом і блоку керування піччю відповідно. Необхідно переконатися, що цикл РТК запускається тільки за умови повної безпеки комплексу. Загальний контроль: збір інформації з датчиків, генерація вихідних сигналів - має виконуватися ПЛК.

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			14

### 1.3 Поняття і завдання автоматизації виробництва

Автоматизація виробництва — вищий рівень розвитку машинобудування. Регулювання та управління виробничим процесом не вимагає участі людини, а здійснюється лише під контролем людини. Сучасний стан розвитку автоматизації виробництва призвів до появи абсолютно нових технічних машинних систем із засобами керування на основі електронно-обчислювальних машин, програмованих логічних контролерів, інтелектуальних засобів вимірювання та керування, інформаційного зв'язку через промислові мережі. Автоматизація виробництва є одним із основних напрямків науково-технічного прогресу [6-8].

#### Основні терміни

Основою будь-якого виробництва є технологічний процес – специфічна взаємодія знарядь і предметів праці, служб і транспортних систем, що утворюють складну багаторівневу виробничу систему, яка виробляє продукцію, що відповідає заданим стандартам якості.

Переміщення предметів праці від однієї стадії обробки до іншої можна визначити як матеріальний потік у виробничому просторі. Для забезпечення функціонування виробничих систем також необхідно організувати інформаційні та енергетичні потоки. Виробничі процеси можна представити як системи, що перетворюють енергетичні, матеріальні та інформаційні потоки.

З точки зору автоматизації, відповідно до характеру матеріального потоку, процес можна розділити на дві категорії: безперервний і дискретний.

#### Безперервна автоматизація виробництва

У безперервному процесі як матеріальний потік, так і інформація, що відображає матеріальний потік, є безперервними. Матеріал протікає через технологічне обладнання, і його властивості постійно змінюються.

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	15
		№ докум.	Підпис			

Безперервне виробництво включає виробництво, яке вимагає регулювання потоку, тиску, температури, напруги, руху рухомих елементів та інших величин у повному діапазоні варіацій. Це різноманітні хімічні реактори, процеси приготування їжі, металургія, системи тепло-, водо- та електропостачання.

Безперервне виробництво вимагає залучення меншої кількості людей, тому автоматизація може зменшити матеріальні та енергетичні витрати або стабілізувати процес, усунувши залежність від суб'єктивних факторів. Для керування таким виробництвом необхідне узгодження динамічних характеристик об'єкта керування та системи автоматичного керування у всьому діапазоні змін регульованої величини.

#### Дискретна автоматизація виробництва

Характеристика дискретного процесу полягає в тому, що вихідний продукт розраховується поштучно. Вихідні інгредієнти перетворюються в циклах, а готовий продукт виробляється партіями.

До дискретних належать процеси зі скінченною кількістю змінних станів, наприклад, увімкнено (відкрито) і закрито крани, заслінки та приводи на основі сигналів від подвійних датчиків положення.

Зі збільшенням кількості типів продукції та процесів у дискретному виробництві зростають вимоги до оперативної точності, а ступінь автоматизації відносно низький. Тут зайнята велика кількість фізичної праці. Дискретне виробництво характеризується великою кількістю варіантів автоматизації, які працюють по-різному з точки зору послідовності, вартості та ефективності. Їх порівняння вимагає формального опису алгоритмів керування обладнанням і розробки моделі організації виробництва.

У практичних задачах найбільш поширеним є поєднання двох типів виробництва, яке називається безперервно-дискретним виробництвом. Крім

того, дискретні методи автоматизації виробництва все частіше застосовуються для безперервної автоматизації виробництва.

#### Види автоматизації виробництва

За ступенем повноти автоматизацію виробництва можна розділити на такі категорії:

- частина - передбачає автоматизацію основних виробничих процесів,
- комплексний - передбачає не тільки автоматизацію виробничих процесів, а й передбачає автоматизацію процесів управління та обслуговування.

Комплексний – передбачає автоматизацію всіх основних і допоміжних процесів.

За принципом управління виробничі системи можна розділити на прості системи, складні системи та інтелектуальні системи. Їх можна розрізнити за типом алгоритму роботи та принципами прийняття рішень у ньому. Блок-схема простого системного алгоритму використовує лише блоки виконання, тоді як блок-схема складного системного алгоритму також використовує блоки рішень. Інтелектуальні системи характеризуються наявністю дерев рішень.

Залежно від типу технологічного рішення та сфери застосування сучасні виробничі системи в автоматизованому виробництві включають:

Верстати з ЧПК вперше з'явилися на ринку в 1955 році; однак їх швидке поширення почалося лише з використанням мікропроцесорів. Промислові роботи вперше з'явилися в 1962 році; їх широке використання також пов'язане з розвитком техніки мікроелектроніки.

Гнучкі виробничі системи характеризуються поєднанням технологічних комірок і керованих комп'ютером роботів, обладнаних пристроями для переміщення заготовок і зміни інструментів.

Автоматизовані системи зберігання та пошуку (AS/RS). Вони використовують підйомно-транспортне обладнання, кероване комп'ютером, для розміщення продуктів на складах і вивезення їх звідти за командою.

Системи автоматизованого контролю якості (CAQ) — це застосування комп'ютерів і машин, керованих комп'ютером, для перевірки якості продукції.

Дизайнери використовують системи автоматизованого проектування (САПР) під час розробки нових продуктів і проведення техніко-економічних обґрунтувань [6-9].

Використано виробничу технологію для підготовки систем автоматизації під час розробки процесу, включаючи системи автоматизованого планування процесу (САРР) і автоматизованого виробництва (САМ), Технічна документація та програми керування системами ЧПУ.

При формуванні конфігурації конкретної виробничої системи процес проектування повинен плануватися зверху вниз, а система повинна створюватися знизу вгору. Основними факторами при проектуванні літака є потік матеріалів та потік інформації.

Сукупність функцій в автоматизованій виробничій системі утворює системний комплекс, найважливішими з яких є:

Технологічні функції (зміни фізичного стану виробничих приміщень), носієм яких є технологічна система;

Оперативно-транспортна функції (розташування і розміщення виробничих приміщень і обладнання), носіями яких є засоби експлуатації і транспорту, що об'єднані в систему матеріальних потоків;

Функція керування, координації та синхронізації роботи елементів і систем та їх взаємодій базується на розподілі, передачі та інтеграції командних сигналів як потоку інформації, а її носієм є інформаційні технології та засоби керування.

Проектування технологічних рішень автоматизації виробництва включає розробку рішень автоматизації та конструкторської документації і на цій основі монтаж, налагодження та введення в експлуатацію систем автоматизації виробництва [10-15].

### 1.3 Висновки до першого розділу

У першому розділі обґрунтовано актуальність автоматизації роботехнічного комплексу гарячого штампування як шляху зниження трудомісткості та підвищення продуктивності виробництва. Пластична деформація металу в штампі дозволяє отримувати вироби високої точності без утворення стружки, що забезпечує економію матеріалів і підвищує якість поверхні. Порівняно з відкритим куванням об'ємне гаряче штампування прискорює випуск поковок у десятки—сотні разів і знижує припуски та відходи металу втричі—вчетверо. Серед головних переваг штампування — можливість виготовлення складних форм, висока однорідність розмірів і мінімальне шорстіння поверхні. Водночас гаряче об'ємне штампування потребує дорогих багаторазових штампів і обмежене по масі заготовок (0,3–100 кг), що доцільно лише в масовому виробництві.

Розглянуто класифікацію методів штампування за типом матриць — відкриті, закриті та екструзійні — із зазначенням їх технологічних особливостей і обмежень. Для організації безперервного випуску поковок необхідно автоматизувати допоміжні операції подачі та зняття заготовок, що може підвищити коефіцієнт використання ходу преса до 50 % і більше. Основні напрями автоматизації включають застосування універсальних і багатопостових пресів, автоматичних ліній, гнучких виробничих систем і роботизованих комплексів. Запровадження САПР, ЧПК і програмованих

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	19
		№ докум.	Підпис			

логічних контролерів сприяє інтеграції інформаційних та матеріальних потоків у єдину систему керування.

Отже, автоматизація гарячого штампування є ключовим кроком для підвищення ефективності, безпеки та економічності сучасного ковальсько-пресового виробництва.

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			20

## 2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

### 2.1 Розробка структури системи управління

Компоненти РТК гарячого штампування включають:

- електричну піч,
- промислові роботи,
- загартовувальна ємність.

Рух заготовки виконується обома руками ПР. ПР може бути в двох позиціях. У першій позиції ліва рука ПР була біля електропечі, а права – біля преса. У другому положенні ліва рука знаходиться біля преса, а права - біля бака для загартування [16-17].

У таблиці 2.1 наведено основні елементи технологічного циклу.

Система управління має трирівневу структуру. Нижній рівень - це електричні компоненти автоматизації та виконавчі механізми. Середній рівень контролює технологічне обладнання відповідно до заданих процедур. Верхній рівень реалізує взаємодію між Cosmos і операторами.

Завдання, якими необхідно керувати та контролювати в РТС:

- контролювати рух ОР по позиціях 1 і 2;
- контролювати рухи рук ПР;
- управління затвердженням ПР;
- контролювати відкриття та закриття електропечі;
- контролювати наявність деталей в електропечі;
- контроль ходу преса
- циклічний контроль дозволів.

Таблиця 2.1 – Технологічні цикли

№ елемента технологічного циклу	Найменування
1	Поворот ПР у позицію 1
2	Поворот ПР у позицію 2
3	Висунення лівої руки
4	Засування лівої руки
5	Висунення правої руки
6	Засування праворуч
7	Затискач схвату лівої руки
8	Розжим схвату лівої руки
9	Затискач схоплення правої руки
10	Розтискання схоплення правої руки
11	Робочий хід преса
12	Відкриття електричної печі
13	Закриття електричної печі

Для початку роботи РТК необхідно виконати кілька умов: оператор повинен натиснути кнопку запуску на панелі керування, а також необхідна циклічна роздільна здатність (RC). RC – сигнал від системи контролю запуску циклу, що відповідає умовам безпеки (в робочій зоні нікого).

У цій системі управління управління включенням/вимиканням ПР і електропечі здійснюється програмованим логічним контролером.

Положення ПР і заслінки топки будуть контролюватися датчиками.

Прес контролюється системою керування пресом, тому положення преса контролюється іншою системою керування, з якої має надходити сигнал до ПЛК.

Блок керування піччю визначає наявність деталі в печі та надсилає сигнал до ПЛК. В даному випадку використовувати датчики для контролю наявності деталі недоцільно, так як в печі заготовка витримується певний час і при певній температурі, ці параметри контролюються окремо від системи контролю блоком управління піччю, і необхідно отримати сигнал про готовність заготовки.

Контроль процесу гарячого штипування РТК здійснюється за такими основними кроками. Спочатку (за ходу 1) виконується позиціонування ПР у положення 1; у цей момент відбувається увімкнення електричної плити та відпускання правого затискача. Далі (за ходу 2) відпускається лівий затискач, а права рука переміщується в робочу зону преса; оброблена деталь затискається правою рукою, одночасно ліва рука утримує ПР. На ході 3 ліва рука фіксує заготовку, після чого праця правої руки спрямовується на проштовхування нагрітої частини (мірка 4). Під час ходу 5 відбувається активація лівого фіксатора, а ПР повертається в положення 2 (контур 6), після чого піч відключається.

У ходах 7–9 в результаті послідовного висування і втягування плеча ПР відбувається розміщення заготовки в робочій зоні преса та вивантаження обробленої деталі у гартівну ємність. На циклі 10 здійснюється сам хід преса, після чого (за опитування 11) відбувається введення правої руки, і робочий цикл РТК повторюється. З циклу можна вийти (РТК вимкнено), натиснувши кнопку STOP на панелі оператора [16-17].

## 2.2 Вибір апаратних засобів системи управління

Вибір технічної реалізації системи керування.

Асортимент пропонованої продукції ПЛК надзвичайно широкий. Проведемо коротку оцінку ринку контролерів [6].

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	23
		№ докум.	Підпис			

У таблиці 2.2 наведено деякі характеристики ПЛК виробництва різних компаній. Всі вони побудовані за основним модульним принципом, монтуються на панелі або DIN-рейці, працюють від мережі +24 В і мають широкий спектр модулів [18-20].

Таблиця 2.2 - Характеристики ПЛК різних виробників

Тип ПЛК	SISMA Q CQM1	SISM AQ C200H	SMAR T 2	ADAM 5510	SIMATI C S7-300	DL 205	SLC 500
Фірма-виробник	Omron	Omron	REP	Advantech	Siemens	PLCDirect	Allen-Bradley
Країна	Японія	Японія	Німеччина	США	Німеччина	США	США
Діапазон температур и (С)	0+55	0+55	-40+80	-10+70	-25+60	0+60	0+55
Вологість повітря (%)	10-90	10-90	5-95	5-95	5-95	5-95	5-95
Гарантійний термін (років)	3	3	3	2	1	1	1
Номенклатура (шт)	42	87	18	12	45	30	80
Кількість модулів у каркасі (шт)	До 11	3/5/8/10	До 14	4	До 8	3/4/6/9	4/7/10/13

Кінець таблиці 2.2 - Характеристики ПЛК різних виробників

Кількість каналів у модулі	8/16/32	8/16/3 2/64	8	16	8/16/32	4/8/12/ 16	8/16/32
Розміри модуля (мм)	110 × 32 × 107	130 × 32 × 118	78 ×31 ×70	110 ×31 ×75	125 ×40 ×120	90 ×28 ×75	140 ×35 ×145
Вага модуля (г)	160- 230	180- 300	40-70	65-95	190-300	65-80	190-30
Потужність споживання (Вт)	0,85- 1,2	0,24- 1,3	0,1- 0,27	0,25- 0,3	0,6-2,0	0,5-1,0	0,5-2,2

Як видно з таблиці, ці контролери мають однаковий функціонал, схожі техніко-експлуатаційні характеристики і навіть майже однакові розміри. У цьому випадку необхідно визначити критерії оцінки та вибору ПЛК, що відповідає поставленому завданню.

При цьому критерії відбору повинні враховувати споживчі характеристики, тобто співвідношення показників вартість/ефективність/надійність, а також техніко-експлуатаційні характеристики як обмеження для процедури відбору. Оскільки показники конфліктують один з одним, тобто поліпшення однієї характеристики майже завжди призводить до погіршення іншої, їх необхідно оцінювати відносно розв'язуваної управлінської задачі.

З аналізу переваг і недоліків технічних засобів керування дискретним процесом найбільш прийнятним пристроєм керування є програмований контролер Siemens SIMATIC S 7-300 (рисунок 2.1) [21].



Рисунок 2.1 - ПЛК SIMATIC S 7-300

Цей вибір базувався на таких основних факторах:

- простота засобів автоматизації;
- низька вартість контролера;
- процесорний модуль має досить хорошу продуктивність;
- достатня кількість дискретних і аналогових входів і виходів з можливістю розширення;
- зручне програмне забезпечення, що постачається разом з контролером, яке коштує відносно недорого;
- широкий набір модулів, які можна адаптувати до вимог розв'язуваної задачі;
- безкоштовне розширення функцій при модернізації систем управління;
- легка інтеграція контролера в конфігурацію мережі;
- зручна конструкція та експлуатація, природне охолодження.

Наведемо призначення та загальні технічними характеристиками контролера.

S 7-300 PLC використовується для автоматизації спеціального обладнання, текстильного та пакувального обладнання, механічного

виробничого обладнання, технічного контролю та виробництва електрообладнання, систем водопостачання.

Контролер призначений для вирішення наступних завдань:

1. Збір інформації з датчиків;
2. Видавати укази, що стосуються різних адміністративних установ;
4. Програмне керування технологічними установками, автоматичний пуск і зупинка технологічного обладнання;
5. Математично обробляти інформацію за різними алгоритмами;
6. Обслуговування оператора, приймання та виконання його розпоряджень, аварійної, попереджувальної та оперативної сигналізації із зазначенням значень прямих і непрямих параметрів;
7. При налагодженні, програмуванні, ремонті та перевірці технічного стану контролера сервісними техніками;
8. Самоконтроль і діагностика контролера, видача інформації про технічний стан контролера обслуговуючому персоналу;

До складу програмованого контролера С7-300 можуть входити [3]:

- центральний процесор (CPU). Залежно від складності розв'язуваної задачі в контролері може бути використано більше 20 типів центральних процесорів;
- джерело живлення (PS) використовується для живлення контролера через мережу змінного або постійного струму;
- сигнальні модулі (CM), призначені для введення і виведення дискретних і аналогових сигналів;
- комунікаційні процесори (КП) – інтелектуальні модулі, які автономно вирішують комунікаційні завдання в промислових мережах і системах зв'язку;
- функціональний модуль (FM) – інтелектуальний модуль, оснащений вбудованим мікропроцесором, здатний виконувати такі завдання, як

автоматичне налаштування, зважування, позиціонування, високошвидкісний підрахунок, контроль руху тощо. Навіть якщо центральний процесор припиняє роботу, деякі функціональні модулі можуть продовжувати виконувати призначені завдання;

– модуль інтерфейсу (ІМ) – використовується для підключення стелажів розширення до базового блоку контролера, що дозволяє використовувати до 32 модулів у локальній системі введення/виведення для різних цілей.

Контролер розроблено таким чином, щоб бути дуже гнучким і простим в обслуговуванні. Всі модулі монтуються на профільну шину S 7-300 і фіксуються в робочому положенні. Ці модулі об'єднуються в систему через роз'єми шини. Порядок, у якому модулі розміщуються в монтажній стійці, є довільним, за винятком модулів PS, CPU та ІМ, які займають фіксовані позиції.

Усі процесори S 7-300 мають такі характеристики:

- висока продуктивність;
- завантажувальна пам'ять у вигляді карт пам'яті micro MMC об'ємом до 8 Мб;
- розширені комунікаційні можливості, що підтримують велику кількість активних комунікаційних з'єднань одночасно;
- працює без резервного живлення від акумулятора.

MMC використовується для завантаження програм, збереження даних, коли центральний процесор вимкнено, зберігання архівів проекту з таблицями символів і коментарями, а також архівування проміжних даних.

Типовий набір вбудованих технологічних функцій дозволяє вирішувати завдання швидкісного підрахунку, вимірювання частот і тривалостей періодів, ПД-регулювання, позиціонування і переведення частини дискретних виходів в імпульсний режим.

Усі процесори S 7-300 оснащені зрозумілим інтерфейсом МРІ для програмування, діагностики та побудови найпростіших мережевих структур.

Система команд центрального процесора містить понад 350 інструкцій, які дозволяють:

- логічні операції, операції зсуву, операції обертання, операції додавання, порівняння, перетворення типів даних, операції таймера та лічильника;

- арифметика з фіксованою та плаваючою комою, операції квадратного кореня, логарифмічні операції, тригонометричні операції, операції з дужками;

- операції із завантаження, збереження та переміщення даних, операції перетворення, блокування викликів та інші операції.

S 7-300 можна запрограмувати та налаштувати за допомогою програмних пакетів STEP 7 або STEP 7 Lite. Крім того, для програмування контролерів S 7-300 доступний весь пакет програмного забезпечення для виконання, а також різні інженерні інструменти.

Промислові контролери — це модульні пристрої з різноманітними взаємозамінними модулями, які можна вільно встановлювати в одній рамі із загальною системною шиною.

Основні технічні дані центрального процесора S 7-300 CPU 312 показано у таблиці 2.3.

Модулі дискретного введення/виведення

Обрано цифровий модуль введення/виведення SM 323 (рисунок 2.2, 2.3) [22]. Технічні дані SM 323 наведено у таблиці 2.4. Властивості модулів введення/виведення:

- 16 входів, можливо розбитих на групи по 16;
- 16 виходів, можливо розбитих на групи по 8;
- номінальна вхідна напруга 24 В постійного струму;
- номінальна напруга навантаження 24 В постійного струму;
- виходи, придатні для вимикачів і 2-, 3- і 4-провідних реле наближення;







Властивості модуля введення:

- 16 входів, можливо розбитих на групи по 16;
- номінальна входна напруга 24 В постійного струму;
- підходить для вимикачів і 2-провідних, 3-провідних, 4-провідних датчиків наближення.

Цифрові входи 16×DC 24V

Технічні дані SM 321 у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5- SM 321 Технічні дані

Технічні дані SM 321; DI 16× DC 24 V	Характеристика
Розміри та вага	
Розміри ×ШВГ ×(мм)	40 ×125 ×117
Вага	Близько 200 г
Особливі дані модуля	
Тактова синхронізація	Так
Число входів	16
Довжина кабелю - неекранованого - екранованого	Макс. 600 м Макс. 1000 м
Напруги, струми, потенціали	
Максимальна напруга на навантаженні	24 У постійного струму
Число одночасно керованих входів	
- до 40°C	16
- до 60°C	8

Джерело живлення використовується для живлення контролера, а також датчиків і виконавчих механізмів. Обираємо блок живлення PS 307; 10А.

Цей блок живлення має такі основні характеристики:

- вихідний струм 10А;
- номінальна вихідна напруга 24 В постійного струму; регульований, стійкий до короткого замикання та холостого ходу;
- Підключається до однофазних систем змінного струму (номінальна вхідна напруга 120/230 В змінного струму, 50/60 Гц)
- надійна гальванічна розв'язка;
- може використовуватися як джерело живлення навантаження.

### 3. Модуль дискретного введення

Технічні дані PS 307 у таблиці 2.6 [24], а схема підключення рисунок 2.5.

Таблиця 2.6 Технічні дані PS 307

Технічні дані PS 307;	Характеристика
Розміри та вага	
Розміри ШВГ××	200 ×125 ×120
Вага	1,2 кг
Вхідні дані	
Вхідна напруга - номінальне значення	120/230 В змінного струму
Частота мережі - номінальне значення	50 Гц або 60 Гц
- допустимий діапазон	Від 47 Гц до 63 Гц
Номінальний водний струм	
- при 230 В	1,7 А
- при 120 В	3,5 А



використовуються для виявлення металевих предметів, забезпечуючи економічний спосіб безконтактного виявлення металевих предметів. Вони в основному використовуються в ситуаціях, коли існують високі вимоги до надійності, робочої точності, терміну служби, частоти перемикачів тощо. Принцип роботи: у датчику генерується високочастотне змінне поле, яке випромінюється з активної поверхні самого датчика; при наближенні об'єкта до активної поверхні датчик спрацьовує.

Тому більшість залізничних стрілочних переводів мають безконтактні системи керування.

Безконтактні колійні стрілочні переводи класифікують за конструкцією, сумісністю конструкції з обладнанням і умовами експлуатації, сумісністю зі схемами електричної автоматики.

Тому для управління положенням ПР, відкривання/закривання ручки ПР, висування/втягування руки ПР ми вибираємо безконтактні кінцеві вимикачі. Для управління відкриттям/закриттям електропечі можна використовувати контактний кінцевий вимикач.

В даний час безліч датчиків випускається різними компаніями. Нижче наведено кілька прикладів безконтактних колійних стрілочних переводів, принципи їх роботи та особливості [25].

Таблиця 2.7 - Характеристики SICK IN 06

Величина	Значення
Діаметр, мм	6,5
Напруга живлення,	24
Рід струму	Постійний
Струм споживання, мА	Менш 200
Частота комутації, Гц	5000
Ступінь захисту	IP 67



Таблиця 2.10 - Технічні дані контактного кінцевого вимикача серії ВПК-2110Б [8]

Дані	Значення
Номінальний струм, що комутується, А	10
Номінальна комутувана напруга постійного струму	440 В
Робочий хід	Не більше 5,3 мм
Число полюсів	1
Маса, кг	0,41

Таблиця 2.11 - Технічні параметри магнітного пускача ПМ12-010

Дані	Значення
Номінальний струм, що комутується, А	10
Номінальна комутувана напруга постійного струму,	380
Номінальна напруга котушок управління,	24
Число полюсів	1
Час спрацьовування, мс	17-27
Маса, кг	0,41
Загальний ресурс, млн. циклів	20

Затискання/розтискання рукоятки PR та висування/втягування руки PR здійснюється за допомогою пневматичних приводів.

Тому необхідно вибирати пневморозподільник, який містить електромагніт. Провідним світовим постачальником пневматичного обладнання є міжнародна група FESTO [26].





Таблиця 2.14 - Вихідні сигнали

№ п.п.	Найменування вихідного сигналу	Умовне позначення	Джерело вхідного сигналу	Адреса для ПЛК
1	Поворот ПР вліво	Пов.лів.	КМ1	Q 0.0
2	Поворот ПР праворуч	пов.прав.	КМ2	Q 0.1
3	Висунення лівої руки	Вдв.	УА1	Q 0.2
4	Засунення правої руки	Здв.лів.	УА2	Q 0.3
5	Висунення правої руки	Вдв.прав.	УА3	Q 0.4
6	Засунення правої руки	Задв.прав.	УА4	Q 0.5
7	Затискач схвату лівої руки	Заж.лів.	УА5	Q 0.6
8	Розжим схвату лівої руки	Розж.лів.	УА6	Q 0.7
9	Затискач захоплення правої руки	Заж.прав.	УА7	Q1 .0
10	Розтискання захоплення правої руки	Розж.прав.	УА8	Q1 .1
11	Робочий хід преса	Роб.хід	До СУ пресом	Q1 .2
12	Відкриття електричної печі	Еп.	КМ3	Q1 .3
13	Закриття електричної печі	Еп.закр.	КМ 4	Q1 .4

На основі таблиць вхідних і вихідних сигналів ми розробили електричну схему для підключення датчиків, магнітного пускача та електромагніту до ПЛК.

Для захисту схеми від ненормальних режимів роботи (перевантаження, струм короткого замикання) в ланцюзі повинен бути встановлений автоматичний вимикач. Наприклад, біполярний AP50B-2MT.

Характеристики автоматичного вимикача:

- електромагнітний розчіплювач - 10 In (In - номінальний струм);
- тепло - 1,05 - 1,35 In;
- номінальна напруга 220В;
- частота 50.
- виробник "АСКО".

#### 2.4 Висновки до другого розділу

У другому розділі розроблено логічну структуру системи управління РТК гарячого штампування, яка складається з трирівневої архітектури: нижній рівень виконавчих механізмів, середній рівень ПЛК та верхній рівень взаємодії з оператором і SCADA-системою. Виділено ключові технологічні елементи циклу — позиціонування ПР у дві фіксовані позиції, висування і втягування обох рук, захоплення й відпускання деталі, відкриття та закриття печі, а також робочий хід преса — і сформовано відповідну таблицю сигналів.

Для реалізації дискретного керування обрано програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-300 завдяки його модульній конструкції, широкому набору I/O, високій продуктивності та зручному програмному забезпеченню. У складі ПЛК-системи передбачено модули дискретного вводу-виводу SM 321 та SM 323 для роботи з безконтактними кінцевими вимикачами та пневмоелектричними приводами, а також блок живлення PS 307 на 10 А для живлення контролера і периферії. Для безконтактного визначення положення ПР і стану рукояток ПР вибрано індуктивні датчики Siemens SIMATIC PXI 300

з високим ступенем захисту IP67 і швидкісною комутацією. Відкриття й закриття електропечі реалізовано за допомогою контактних кінцевих вимикачів ВПК-2110Б, а пневмоприводи рукояток ПР — через компактні електромагнітні пневморозподільники FESTO CPE. Поворот ПР та керування приводами печі здійснюються трифазним асинхронним двигуном із дистанційним запуском через магнітний пускач ПМ12-010. Для захисту від перевантажень і коротких замикань у мережі живлення передбачено автоматичний вимикач AP50B-2MT із номінальним струмом 10 А. Запропоноване технічне забезпечення системи управління відповідає вимогам надійності, гнучкості та масштабованості, закладаючи міцну основу для подальшої реалізації безпечної та ефективної автоматизації гарячого штампування.

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			43

### 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

#### 3.1 Опис системи програмування

ПЛК контролює та контролює установку за допомогою програми S7. У програмі S7 доступ до модулів введення/виведення здійснюється через адреси. Характерною рисою ПЛК є його циклічна робота. Кожен цикл виконання керуючої програми складається з чотирьох фаз. Перший етап передбачає тестування апаратного забезпечення ЦП. Якщо результати тесту задовільні, запускається цикл. На другому етапі всі вхідні змінні опитуються та зберігаються в спеціальній області пам'яті даних під назвою РІ (Process Input Image). На третьому етапі центральний процесор використовує вхідне зображення та стан внутрішніх змінних як параметри для обчислення логічних виразів, які складають програму користувача. Останній використовується для вказівки режиму роботи системи та відображення стану програмно-емульованих таймерів і лічильників. Результатом виконання програми є значення вихідних змінних і нові значення внутрішніх змінних. Центральний процесор записує вихідні змінні в іншу спеціальну область пам'яті під назвою РОІ (вихідне зображення процесу).

Для використання даних, отриманих від датчика, програма використовує абсолютну форму адресації, яка дозволяє однозначно вказати відповідність між номером клеми на модулі вводу/виводу, до якого підключений датчик/виконавчий механізм, і назвою змінної як елемента керуючої програми [31].

Абсолютна адреса складається з таких частин:

- імена змінних - пишуться великими латинськими літерами (наприклад, I - область вхідної змінної);

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	44
		№ докум.	Підпис			

- байт адреси – визначає номер клемника на модулі введення/виведення (нумерація починається з 0, байти з сусідніми номерами знаходяться на одному модулі);

- пункти роздачі;

- адресний біт – визначає номер клеми в клемнику (нумерація починається з 0).

Для встановлення адреси джерела необхідно вказати термінали на модулі виводу, наприклад: Q 2.7, де Q – область, де розміщені вихідні змінні, 2 – кількість байтів (термінальний блок), а 7 – номер терміналу.

Програмне забезпечення SIMATIC STEP 7 використовується для програмування контролерів SIMATIC S 7-300 [4].

Доступні такі версії:

- SIMATIC STEP 7;

- SIMATIC STEP 7 Professional Edition;

-SIMATIC STEP 7 Lite.

STEP 7 Lite є недорогою обмеженою версією STEP 7. Вона доступна лише для контролерів SIMATIC S 7-300 і не дозволяє виконувати мережеві завдання.

STEP 7 Professional – програмний пакет STEP 7 доповнюється додатковими пакетами: мовами SQL і GRAPH 7. У цьому пакеті програмне забезпечення максимально відповідає стандарту IEC для програмованих логічних контролерів.

За допомогою програми STEP 7 можна виконувати ряд завдань зі створення та обслуговування систем автоматизації на базі ПЛК Siemens SIMATIC S 7-300 і SIMATIC S 7-400. Робота над проектом забезпечується основною утилітою STEP 7 - SIMATIC Manager. STEP 7 дозволяє конфігурувати програмовані логічні контролери та мережі. У процесі конфігурації визначається загальний склад пристрою, його модульне поділ,

спосіб підключення, мережа, яка буде використовуватися, і налаштування модуля. Система перевіряє правильність використання та підключення окремих компонентів. Конфігурація виконується шляхом завантаження вибраної конфігурації пристрою, яка, по суті, є налаштуванням пристрою. Утиліта налаштування дозволяє діагностувати пристрій і виявити апаратні помилки або неправильну установку пристрою [32]. Програмування контролера виконується редактором програм, який дозволяє писати програми трьома мовами:

- LD – мова сходової логіки;
- FBD – мова функціональних блок-схем;
- STL — це мова списку інструкцій.

На додаток до трьох основних мов можна додати чотири додаткові мови, які доступні окремо:

- SCL — це структурована мова керування з синтаксисом, подібним до Pascal;
- HiGRAPH 7 — мова керування, заснована на діаграмах стану системи.
- CFC – ланцюг постійної функції.

Можливість відстежувати поточний стан програми при використанні будь-якої мови програмування забезпечує не тільки налагодження програмного забезпечення, але й дозволяє усунути неполадки підключеного пристрою, навіть якщо він не має засобів діагностики. Проект STEP 7 може включати систему людино-машинного інтерфейсу, таку як панель оператора або персональний комп'ютер.

Для виконання та налагодження програми також можна використовувати програмований симулятор контролера, який дозволяє імітувати поведінку програми в різних ситуаціях залежно від стану входів





START, викликається відповідне переривання для виконання необхідних кінцевих операцій процесу, а потім перезапуску циклу.

### 3.1.1 Структура проєкту в SIMATIC Manager

При створенні нового проєкту в STEP 7 Lite у SIMATIC Manager формується ієрархія:

– проєкт (Project) — контейнер, який містить усі налаштування та програмні модулі.

– станція (Station) — об'єкт, що представлений одним чи кількома контролерами S7-300, а також приєднаними до них портами зв'язку.

– апаратура (Hardware Configuration) — розміщення віртуальної «стійки» з модулями (CPU, PS, SM, FM тощо). Тут обираються конкретні артикульові варіанти модулів, налаштовуються параметри мережевого інтерфейсу MPI/PROFIBUS і задаються адреси слотів.

Програми й бібліотеки [36-38]

Organization Blocks (OB) — організаційні блоки, що задають точки входу: OB1 (основний цикл), OB35/OB40 тощо (переривання від зовнішніх подій).

Function Blocks (FB) — модульні блоки з власним буфером пам'яті (Instance DB), які дозволяють реалізувати багаторазові обчислювальні алгоритми (наприклад, блок керування підігрівом печі з регулюванням часу та температури).

Functions (FC) — процедурні модулі без власного стану, для реалізації допоміжних обчислень.

Data Blocks (DB) — структуровані області пам'яті, в яких зберігаються константи і змінні проєкту (наприклад, налаштування тривалості затримки таймерів, параметри аварійних режимів).

### 3.1.2 Абсолютна й символна адресація

Абсолютна адресація — пряма прив'язка до конкретного індексу модуля і клеми: I 0.3 (байт 0 вхідної області, біт 3).

Символьна адресація — встановлення читабельних імен змінних у Symbol Table (наприклад, StartButton := I2.0, OvenHeater := Q1.3). Після цього в програмі замість I2.0 можна використовувати зрозумілі назви.

### 3.1.3 Крос-референси та відстеження

Після компіляції проєкту STEP 7 Lite автоматично створює cross-reference: де саме використовуються задані входи/виходи, змінні, блоки. Це суттєво полегшує:

- пошук усіх ланок, що працюють із певним датчиком чи приводом;
- аналіз впливу зміни константи в Data Block на виконання програми.

### 3.1.4 Обмін даними та розширена комунікація

Хоча STEP 7 Lite не підтримує налаштування PROFIBUS-станції, контролер S7-300 можна інтегрувати у просту мережу MPI для обміну даними з іншими ПЛК чи панелями оператора:

- PUT/GET Communication — блоки FC для асинхронного обміну даними через TCP/IP (якщо встановлені додаткові комунікаційні процесори).
- S7-Basic Communication — обмін між двома SIMATIC-контролерами через MPI-кабель.

### 3.1.5 Функції діагностики й захисту

У вікні Diagnostics STEP 7 Lite відображаються:

- статус CPU (RUN, STOP, ERROR);
- апаратні помилки модулів (відсутність живлення, перевантаження, несправні канали I/O);
- повідомлення про відсутність зв'язку в мережі MPI.

За допомогою System Data задаються критичні рівні напруги, температури CPU та резервні процедури на випадок помилки (наприклад, перехід у STOP-режим при перевантаженні).

### 3.1.6 Управління версіями й архівація

Хоч STEP 7 Lite не вбудовує повноцінну систему контролю версій, рекомендується:

- зберігати основний проєкт у хмарному сховищі (Git, SVN).
- використовувати можливість Archive Project у SIMATIC Manager — архівація з усіма внутрішніми налаштуваннями та створенням .zip-файлу.

Нумерація версій із зазначенням дати й основних змін у коментарях.

### 3.1.7 Налагодження та тестування

Online Mode — завантаження проєкту в вакансільованому режимі без відключення живлення.

Watch Table — формування списку «спостережуваних» змінних з миттєвим відстеженням їх значень під час виконання.

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	51
		№ докум.	Підпис			

Force Table — тимчасове «примусове» встановлення входів/виходів у необхідний стан для випробувань.

Simulation — в STEP 7 Lite обмежена можливість симулювати поведінку програми без реального обладнання; за потреби можна використовувати сторонні емулятори (PLCSIM).

### 3.1.8 Інтерфейс людина–машина (HMI)

Для відображення стану РТК, керування START/STOP та налаштування параметрів процесу часто інтегрують WinCC Flexible (у версіях STEP 7 Professional) або прості панелі Siemens TP. HMI підключається до CPU через MPI або PROFINET (у нових CPU), а теги входів/виходів та змінних зчитуються безпосередньо з проміжних областей пам'яті контролера.

### 3.1.9 Підтримка стандарту IEC 61131-3

Окрім традиційних LD, FBD і STL, STEP 7 Lite дозволяє використовувати SCL (Structured Control Language) для реалізації складних алгоритмів обробки даних (наприклад, розрахунків об'ємів поковок чи корекції часу циклу залежно від температурних вимірювань). Хоча SCL у Lite-версії обмежений, це дає змогу структурувати й модульно описувати бізнес-логіку.

Таким чином, середовище SIMATIC STEP 7 Lite забезпечує:

- повний цикл налаштування апаратури;
- розробку та налагодження програми в різних мовах IEC 61131-3;
- організацію обміну даними, діагностику й архівацію;

– інтеграцію з НМІ та протоколами комунікації.

Ці можливості дозволяють створити надійну, гнучку та масштабовану систему керування для робототехнічного комплексу гарячого штампування РТК.

Контактна схема реле керуючої програми наведена в додатку.

### 3.2 Опис мови релейно-контактної логіки

Сходова логічна мова (Ladder Diagram, LD або LAD) — це стандарт IEEE/IEC 61131-3 мова програмування промислових ПЛК, яка наслідує традиційні релейно-контактні схеми. Візуально вона нагадує дві шини живлення з горизонтальними “ланками” (rungs), що відповідають окремим логічним операціям. Завдяки такому графічному представлення інженери-електрики, ознайомлені з традиційними схемами з контактами й котушками реле, легко переходять до розробки програм для ПЛК [39-40].

Основні поняття та структура програми

1. Шини живлення – ліва вертикальна лінія зазвичай позначає “позитив” або джерело живлення, права — “нуль” або загальний провід.

2. Ланки (rungs) – кожна горизонтальна лінія між шинами є окремим “ланком” програми. Ланки виконуються зверху вниз у межах одного циклу сканування.

3. Вхідні контакти – нормально розімкнені ( $[ ]$ ) і нормально замкнені ( $[ / ]$ ) контакти в ланку включають змінні, що читаються з датчиків або внутрішніх бітів пам’яті.

4. Вихідні котушки (coils) – котушка ( $( )$ ) в кінці ланки присвоює результат логічної комбінації змінній-виходу (Q-змінній), наприклад, керування магнітним пускачем чи індикатором.

|—[ I0.0 ]—[ I0.1 ]—( Q0.0 )—|





```

|—[ I1.6 ]—[ I2.0 ]—( M0.0 RUN )—|
// Переміщення ПР у позицію 1
|—[ M0.0 ]—[ ¬BQ2 ]—( Q0.0 MOVE_LEFT )—|
// Очікування сигналу позиції 1
|—[ Q0.0 ]—[ BQ1 ]—( M0.1 POS1_OK )—|
// Активувати піч, коли ПР у позиції 1
|—[ M0.1 ]—( Q1.3 OVEN_ON )—|

```

Тут M0.0 запускає весь цикл, далі поетапно виконуються операції позиціонування, захвату й нагріву.

Мова LD залишається одним із найпоширеніших інструментів програмування ПЛК завдяки своїй наочності, простоті й сумісності з апаратними традиціями промислової автоматики. Для систем гарячого штампування вона забезпечує легке поєднання дискретних операцій (позиціонування, включення печі, робочий хід преса) з безпековими перевірками, таймерами й лічильниками, що гарантує надійне та передбачуване керування технологічним процесом.

### 3.3 Висновки до третього розділу

У третьому розділі описано архітектуру та принципи роботи програмного забезпечення PLC на базі контролера SIMATIC S7-300 із використанням середовища STEP 7 Lite. Продемонстровано, що циклічна модель виконання програми — з тестуванням апаратних засобів, зчитуванням вхідних образів, обчисленням логіки користувача та записом вихідних образів — забезпечує передбачуваність і стабільність керування. Розглянуто механізм абсолютної адресації I/O-модулів, який гарантує однозначну відповідність між

фізичними клемами та змінними програми. Детально проаналізовано інструментарій SIMATIC STEP 7: від налаштування конфігурації контролера через SIMATIC Manager до програмування на LD, FBD та STL із підтримкою додаткових мов SCL та GRAPH 7. Підкреслено роль відлагоджування й діагностики на рівні ПЛК, зокрема можливість емуляції виконання програми та моніторингу стану внутрішніх змінних у режимі реального часу. Важливим елементом стала організація обробки переривань для кнопок START/STOP, що дозволило реалізувати безпечний та оперативний запуск і зупинку циклу РТК. Сходова контактна логіка (LD) підтвердила свою зручність для інженерів-електриків за рахунок інтуїтивно зрозумілого графічного представлення релейних схем. Описані методи обробки таймерів і лічильників, а також умовні переходи, які забезпечують коректне виконання технологічних операцій у заданій послідовності. Наявність засобів архівації проектів у карті пам'яті ММС сприяє збереженню конфігурації та швидкому відновленню працездатності системи у разі аварійних ситуацій. Загалом програмне забезпечення системи керування гарячим штампуванням РТК поєднує надійність циклічного виконання, гнучкість адресації й багатомовність програмування, що гарантує високу ефективність і простоту модернізації.

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	57
		№ докум.	Підпис			

## ВИСНОВКИ

Виконаний проект присвячено розробці комплексної системи автоматизованого керування роботехнічним комплексом гарячого штампування. У вступі обґрунтовано актуальність автоматизації процесів гарячого штампування як одного з ключових напрямків металозбереження та підвищення продуктивності в ковальсько-пресовому виробництві. Показано, що впровадження PLC-керування здатне зменшити долю ручної праці, підвищити безпеку й забезпечити безперервність технологічного циклу.

У першому розділі проведено аналіз методів штампування, розкрито переваги об'ємного гарячого тиснення — висока швидкість випуску поковок, точність геометрії й мінімальні відходи металу. Визначено основні операції технологічного циклу та сформульовано технічне завдання: організувати автоматичну подачу заготовки, керування пресом, нагріванням у печі й вивантаженням готової деталі.

Другий розділ присвячено апаратному забезпеченню. Запропоновано трирівневу архітектуру керування: нижній рівень — датчики, виконавчі механізми й магнітні пускачі; середній рівень — PLC Siemens SIMATIC S7-300 із модулями SM 321/323 та блоком живлення PS 307; верхній рівень — інтерфейс оператора. Обґрунтовано вибір індуктивних датчиків SIMATIC PXI 300, пневморозподільників FESTO CPE, контактних кінцевих вимикачів ВПК-2110Б і асинхронного двигуна з пускачем ПМ12-010. Розроблено електричну схему підключення всіх сигналів I/O.

У третьому розділі висвітлено програмне забезпечення. Описано циклічну модель виконання PLC-програми в середовищі STEP 7 Lite, абсолютну адресацію вхідних і вихідних сигналів, використання мови LD для реалізації алгоритму обробки переривань START/STOP, а також моніторингу

					КвРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	58
		№ докум.	Підпис			

таймерів і лічильників. Підкреслено роль емуляції та діагностики для швидкого налагодження та відновлення працездатності системи.

Запропонована система забезпечує автоматичне позиціонування робота, керування циклом гарячого штампування, контроль безпеки й моніторинг процесу. Використання модульного PLC-рішення гарантує гнучкість і масштабованість, а реалізація візуального інтерфейсу спрощує експлуатацію. Це сприятиме підвищенню продуктивності, зниженню експлуатаційних витрат і покращенню якості поковок, що відповідає сучасним вимогам індустрії 4.0.

					КВРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			59

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Іваненко О. П. Автоматизація металургійних процесів: навч. посіб. К.: ВСВ «Брама-Україна», 2012. 248 с.
2. Петренко С. В. Теорія та практика гарячого штампування: монографія. Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2015. 312 с.
3. Smith J. Fundamentals of Metal Forming. Berlin: Springer, 2010. 287 p.
4. Brown T. Press Technology for Forging. New York: McGraw-Hill, 2008. 224 p.
5. Ковальчук В. М. Основи пластичної деформації металів: підруч. Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2014. 196 с.
6. Єфремов А. Г. Технологія об'ємного штампування: підручник. Дніпро: Пороги, 2016. 264 с.
7. Müller F. Hot Forging Processes: Principles and Applications. Munich: Carl Hanser Verlag, 2011. 338 p.
8. Johnson M. Lean Automation in Manufacturing. London: Wiley, 2013. 256 p.
9. Шевченко Л. П. Автоматизовані системи металургійного виробництва: монографія. Запоріжжя: ЗНУ, 2017. 288 с.
10. Garcia R. Continuous vs Discrete Production Control. Madrid: Ediciones Técnicas, 2009. 192 p.
11. Кузнецова Н. І. Економічна ефективність автоматизації: навч. посіб. Одеса: ОНУ, 2018. 210 с.
12. Andersen P. Robotics in Forging Operations. Copenhagen: TechPress, 2012. 174 p.
13. Зубенко Ю. Є. Інтеграція ЧПК і САПР/САМ у ковальському виробництві: стаття. // Автоматизація та управління. 2016. № 3. С. 45–53.

					КВРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			60

14. Hansen L. Safety Standards in Metal Forming. Oslo: Nordic Safety Pub., 2014. 129 p.
15. Павленко Д. О. Трудозберігаючі технології у машинобудуванні: підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2019. 322 с.
16. Siemens AG. SIMATIC S7-300 System Manual. Munich: Siemens, 2015. 352 p.
17. Omron Corporation. CQM1 PLC Hardware Reference. Kyoto: Omron, 2014. 290 p.
18. Advantech Co. ADAM-5510 I/O Module Catalog. Taipei: Advantech, 2016. 134 p.
19. Allen-Bradley. SLC 500 Programmable Controller User's Manual. Milwaukee: Rockwell Automation, 2013. 280 p.
20. Таценко П. Л. Вибір датчиків у промисловій автоматизації: монографія. Вінниця: Нова Книга, 2017. 204 с.
21. FESTO GmbH. Pneumatic Components Catalog. Esslingen: Festo, 2015. 312 p.
22. Schneider Electric. TeSys Motor Starters. Paris: Schneider Electric, 2012. 176 p.
23. Волков С. І. Електричні принципи промислових систем управління: підручник. Донецьк: ДОННТУ, 2014. 240 с.
24. Jacobsen K. Electrical Schematics for Industrial Automation. Berlin: VDE Verlag, 2011. 198 p.
25. Pneumatic Controls Ltd. Industrial Pneumatic Systems. London: PneumoPress, 2013. 152 p.
26. Siemens AG. SIMATIC PXI 300 Inductive Sensor Data Sheet. Munich: Siemens, 2014. 48 p.
27. SICK AG. IH 06 Sensor Specifications. Waldkirch: SICK, 2015. 56 p.
28. Omron Europe. E2A-S08 Sensor Manual. Hoofddorp: Omron, 2013. 72 p.

					КВРАКІТ.2022135.01.20 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			61

29. Пономаренко В. Г. Магнітні пускачі в системах керування: монографія. Чернівці: ЧНУ, 2018. 216 с.
30. Практика промислової автоматизації: збірник технічних рішень. Київ: Наукова думка, 2016. 344 с.
31. Siemens AG. SIMATIC STEP 7 Lite User's Guide. Munich: Siemens, 2015. 420 p.
32. IEC 61131-3:2013. Programmable Controllers – Part 3: Programming Languages. Geneva: IEC, 2013. 144 p.
33. Doyle R. Programming PLCs with Ladder Logic. Boston: TechBooks, 2012. 210 p.
34. O'Brien T. PLC Diagnostics and Troubleshooting. New York: McGraw-Hill, 2014. 256 p.
35. Кравченко А. В. Основи програмування ПЛК на STEP 7: навч. посібник. Київ: Логос, 2017. 192 с.
36. Müller H. Data Blocks and Memory Organization in SIMATIC S7. Stuttgart: Siemens Press, 2011. 168 p.
37. Smith L. Human–Machine Interface with WinCC. London: Siemens Press, 2013. 224 p.
38. Peterson J. PLC Simulation with PLCSIM. Chicago: Automation Press, 2015. 176 p.
39. Коломієць Д. С. Використання переривань у LD-програмах. *Автоматизація та обчислювальна техніка*. 2018. № 2. С. 61–68.
40. Brown S. Advanced Timers and Counters in Ladder Logic. Zurich: SwissAuto, 2014. 142 p.

# ДОДАТОК А

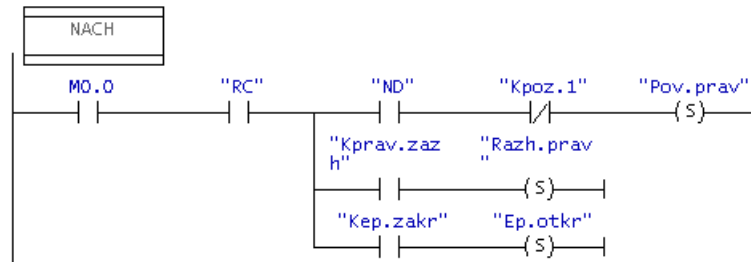
## Програма управління РТК гарячого штампування

OB1: CYCL\_EXC РТК гарячого штампування

Comment :

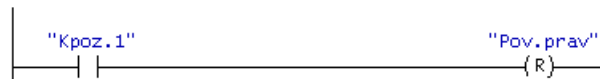
### Network 1 : Такт 1

1. Поворот ПР у позицію 1
2. Розтискання схоплення правої руки
3. Відкриття електричної печі



### Network 2: Title:

Вимкнення повороту праворуч



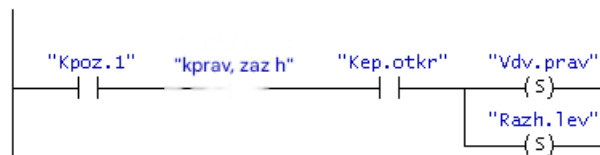
### Network 3: Title:

Вимкнення відкриття електропечі



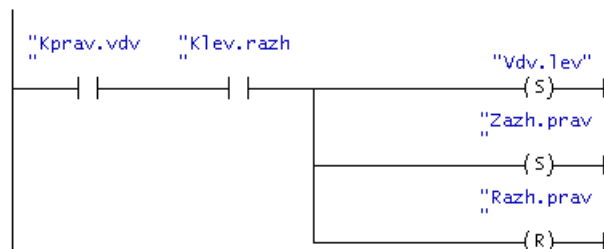
### Network 4 : Такт 2

1. Висунення правої руки
2. Розтиск схвату лівої руки



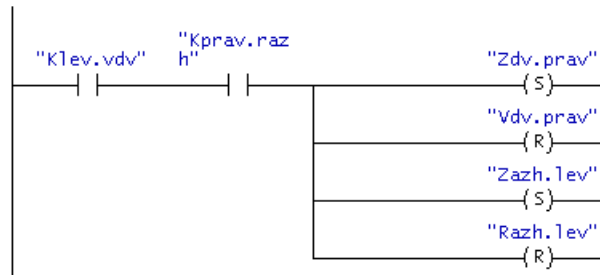
### Network 5 : Такт 3

1. Висунення лівої руки
2. Затискач схоплення правої руки



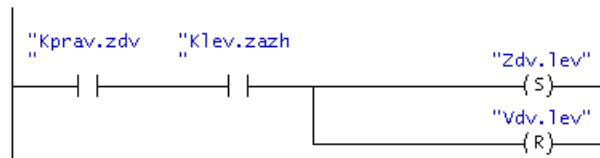
**Network 6 : Такт 4**

- 1. Засування правої руки
- 2. Затискач схвату лівої руки



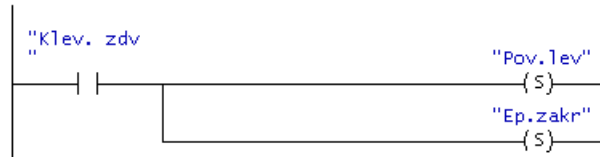
**Network 7 : Такт 5**

- 1. Засування лівої руки



**Network 8 : Такт 6**

- 1. Поворот ПР до позиції 2
- 2. Закриття електропечі



**Network 9 : Title:**

- Вимкнення повороту вліво



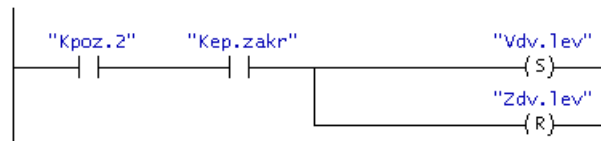
**Network 10 : Title:**

- Вимкнення закриття електропечі



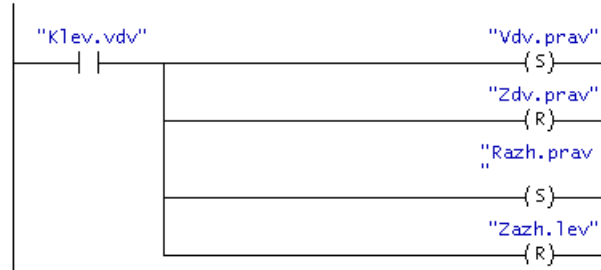
**Network 11 : Такт 7**

1. Висунення лівої руки



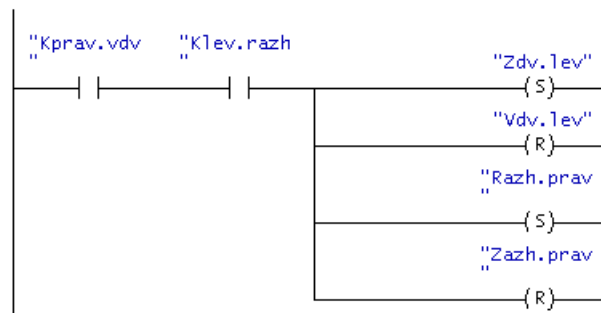
**Network 12 : Такт 8**

1. Висунення правої руки  
2. Розтискання схоплення лівої руки



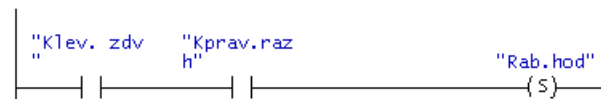
**Network 13 : Такт 9**

1. Засування лівої руки  
2. Розтискання схоплення правої руки



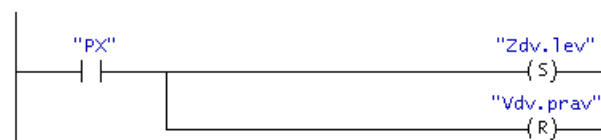
**Network 14 : Такт 10**

1. Робочий хід преса



**Network 15 : Такт 11**

Comment :



**Network 16 : Title:**

Перехід на початок циклу



**OB10: TOD\_INT0** Переривання ПУСК

Comment:

**Network 1** : Title:

Натиснута кнопка ПУСК -> встановити прапор в осередку пам'яті MO.



**Network 2** : Title:

Перевірка: затиснутий схват лівої (правої) руки  
перевірка висунуті руки ПР чи ні (Так засунення)  
якщо затиснутий, то повернути руку ПР із затиснутою заготовкою до гартного бака  
висунути руку, розтиснути схват.



**Network 3** : Title:

Comment:



**Network 4** : Title:

Схоплення правої/лівої руки ПР не затисне перейти на мітку EXIT - відділ 2  
переривання



**Network 5** : Title:

Засування рук ПР, якщо висунуто



**Network 6** : Title:

Comment:



**Network 7 : Title:**

Якщо схват лівої руки затиснутий



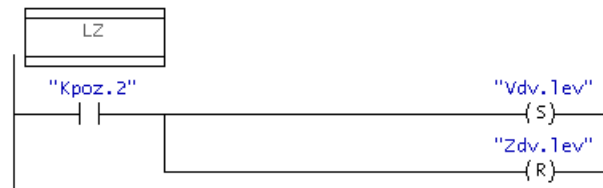
**Network 8 : Title:**

Comment:



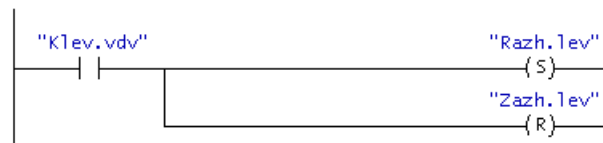
**Network 9 : Title:**

Comment:



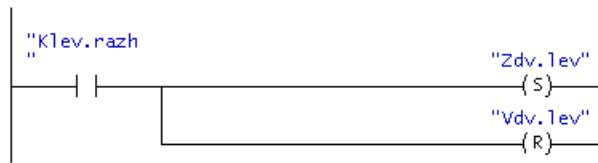
**Network 10 : Title:**

Comment:



**Network 11 : Title:**

Comment:



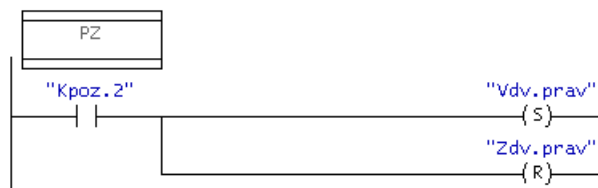
**Network 12 : Title:**

Comment:



**Network 13 : Title:**

Якщо схоплення правої руки затиснуто



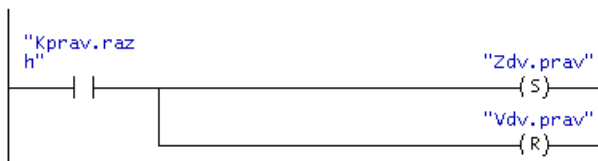
**Network 14 : Title:**

Comment:



**Network 15 : Title:**

Comment:



**Network 16 : Title:**

Comment:

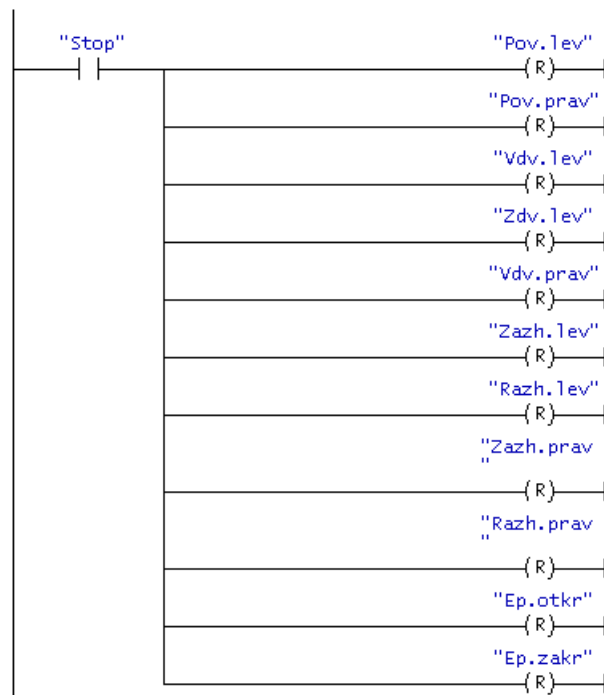


**OB11: TOD\_INT1** Переривання СТОП

Comment:

**Network 1:** Title:

Натиснути Стоп - виконати всі виконаві механізми



**Network 2:** Title:

Встановити прапор в осередку пам'яті MO.



**Network 16:** Title:

Comment:



## РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Юра Дмитро Вікторович

Тема: Автоматизована система керування процесом гарячого штампування деталей

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 62

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка автоматизованої системи керування пресом гарячого штампування, яка дозволить контролювати процеси завантаження та вивантаження деталей.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено огляд існуючих рішень щодо загальних питань проектування автоматизованої системи керування пресом гарячого штампування. У другому розділі проведено розробку технічного забезпечення автоматизованої системи керування пресом гарячого штампування. У третьому розділі проведено розробку програмного забезпечення автоматизованої системи керування пресом гарячого штампування.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо розкрито питання обґрунтування вибору програмних засобів

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

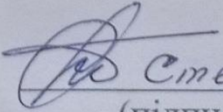
8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3.50/D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Стецюк Віктор Іванович, к.т.н., доцент  
каф. ТМІТ ХНУ

"17" 06 2025 р.

  
Стецюк В.І.  
(підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР  
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Дмитро ЮРА

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курс, групи АКІТ-21-1

### ЗАЯВА


З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.06.25

дата



підпис

## Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Дмитро ЮРА

Співавтор:

Назва: Юра антиплагіат

Експерт:

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1:20.8%

Коефіцієнт подібності 2:10.3%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 8

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-17 04:26:34.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-17

Доцент Микола Федула

Дата

експерт

# Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

**The maximum coincidence with one document 1.0%**

Dictionary check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Errors in the documents: 7%**

ID: 246338 Title: БКР Автоматизована система керування процесом гарячого штампування деталей Added in a DB: 2025-06-16 Authors: Дмитро ЮРА Heads: М. ДИХА Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	51073	829	1760 (3%)	30 (4%)

## Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ  
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
РОБОТОТЕХНІКИ  
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизована система керування процесом гарячого штампування деталей

Автор: Юра Дмитро Вікторович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Диха Максим Олександрович, кандидат технічних наук

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

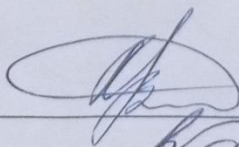
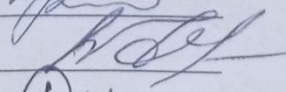
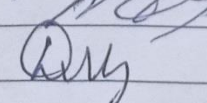
3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 20,8% і адресується до 24 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Максим ДИХА