

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри
_____ Олександр ЛУГОВСЬКИЙ

“ ” _____ 2023 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані
механічні системи»
спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: «Пневмогідравлічна система для автоматичного запресування і
зварювання штампованих автомобільних дисків»

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-92

_____ Ситник Іван Андрійович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник _____ д.т.н, професор Губарев Олександр Павлович _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з охорони праці _____

(назва розділу)

_____ ст.викл., к.т.н. Ковтун А.І. _____

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з технології машинобудування _____ к.т.н., доц. Корєньков В.М. _____

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2023 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Олександр ЛУГОВСЬКИЙ

(підпис)

“ _____ ” _____ 2023р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту

Ситник Івана Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема проєкту Пневмогідравлічна система для автоматичного запресування і зварювання штампованих автомобільних дисків

керівник проєкту Губарев Олександр Павлович, д.т.н, професор,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від “ _____ ” _____ 2023 року № _____

2.Термін подання студентом проєкту _____

3.Вихідні дані до проєкту Розробити гідропневматичну систему. Корисне зусилля для гідроциліндру $P=10$ кН. Робочий тиск $p=12$ МПа. Довжина штоку $0,3$ м. Корисне зусилля для пневмоциліндру. $P=0,75$ кН. Робочий тиск $p=0,4$ Мпа. Довжина штоку $0,5$ м.

4.Зміст пояснювальної записки Розділ 1. Огляд відомих технічних рішень для виробництва автомобільних дисків, Розділ 2. Проектування системи гідроприводу, Розділ 3. Розробка системи керування гідропневмоприводом , Розділ 4. Технологія виготовлення деталі поршень, Розділ 5. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо)

Загальний вигляд, схеми принципів, складальне креслення, робочі креслення

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	ст.викл. Ковтун А.І.		
2. Технологія машинобудування	доц. Кореньков В.М.		

7. Дата видачі завдання 12.04.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Збір інформації про процес виготовлення дисків	15.04.23	
2	Огляд відомих рішень	21.04.23	
3	Проектування принципової гідравлічної схеми	14.05.23	
4	Розрахунок гідроциліндру	20.05.23	
5	Проектування принципів електричної схеми	25.05.23	
6	Розробка керування системою	29.05.23	
7	Технологія машинобудування	03.06.23	
8	Охорона праці	07.06.23	

Студент

Керівник проекту

(підпис)

(підпис)

Ситник І.А.
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Губарев О.П.
(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Пояснювальна записка до дипломного проєкту

на тему: Пневмогідравлічна система для автоматичного запресування і зварювання штампованих автомобільних дисків

Анотація

КПІ ім. Ігоря Сікорського, «Механіко-машинобудівний інститут»

«Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки»

Студент – Ситник І.А.

Керівник – професор Губарев О.П.

У цьому дипломному проєкті розглянуто системи, в яких зварюють штамповані диски, а також гідроприводи, які запресовують центр в обід диску. Розроблено автоматизовану пневмогідравлічну систему з робочим тиском 10Мпа та пропорційним керуванням. Робота також містить креслення основного циліндру, технологію виготовлення поршня основного циліндру, гідравлічну та електричну схему і розглядає основні питання охорони праці при роботі з системою.

Ключові слова: Виготовлення штампованих дисків, гідравлічна схема, електрична схема, пропорційний клапан керування

Annotation

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

"Department of Applied Hydroaeromechanics and Mechanotronics"

Student – Sytnyk I.A.

Head - Professor Gubarev O.P.

This graduation project examines systems in which stamped discs are welded, as well as hydraulic drives that press the centers into the rim of the disc. An automated pneumohydraulic system with a working pressure on the hydraulic cylinder of 10 MPa and proportional control has been developed. The work also contains drawings of the main cylinder, manufacturing technology of the piston of the main cylinder, hydraulic and electrical scheme and considers the main issues of labor protection when working with the system.

Key words: Production of stamped discs, hydraulic circuit, electrical circuit, proportional control valve.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНИХ ДИСКІВ	11
1.1. Загальні відомості про процес виготовлення	14
1.2. Приклади відомих технічних рішень	17
1.3. Типові гідравлічні схеми приводів запресування	19
1.4. Висновок до розділу	19
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ГІДРОПНЕВМОПРИВОДУ	20
2.1. Формування технічного завдання	20
2.2. Опис роботи гідравлічної і пневматичної принципової схеми	21
2.3. Розрахунок системи гідроприводу	22
2.3.1. Визначення розмірів основного гідроциліндра	22
2.3.2. Визначення розмірів пневмоциліндра	24
2.3.3. Вибір робочої рідини	25
2.3.4. Визначення витрат і тисків в гідроциліндрі	25
2.3.5. Розрахунок подачі насосу	29
2.3.6. Гідравлічний розрахунок і вибір розмірів трубопроводів	30
2.3.7. Тепловий розрахунок системи гідроприводу	33
2.3.8. Розрахунок гідроциліндрів на тривкість	35
2.3.9. Розрахунок різьбових з'єднань	36
2.4. Підібране стандартне обладнання	37
2.5. Висновок до розділу	40
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ГІДРОПНЕВМОПРИВОДОМ	41
3.1. Опис системи керування	42

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3.2. Опис роботи системи	43
3.3. Керування пропорційним клапаном	46
3.4. Алгоритм керування системою приводів	48
3.5. Висновок до розділу	51
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ПОРШЕНЬ	52
4.1. Вибір заготовки	53
4.2. Розробка маршрутного технологічного процесу	55
4.3. Вибір різального інструменту	59
4.4. Вибір верстатного обладнання	60
4.5. Розрахунок режимів різання	61
4.6. Висновок до розділу	62
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	63
5.1. Загальні правила роботи з системою	63
5.2. Характеристики приміщення	64
5.3. Робота з системами високого тиску	64
5.4. Пожежна безпека	65
5.5. Електрична безпека	66
5.6. Висновок до розділу	67
ВИСНОВКИ	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69

Вступ

На даний час вся комерція в світі прагне до пришвидшення виробництва своїх продуктів, які випускаються. Між компаніями йде велика конкуренція за долю на сучасному ринку, тому в реаліях такої боротьби важливо налагодити виробництво, яке зможе швидко і стабільно виготовляти продукт, при невеликій собівартості. Для таких задач застосовують автоматизовані системи, які прекрасно себе показують на виробництві.

Автоматизовані системи добре себе зарекомендували за свою надійність та адаптивність. Тепер багато процесів на виробництві не потребують великих зусиль від робочих, майже все проходить в автоматичному режимі і працівникам залишається тільки слідкувати за правильною роботою системи.

За автоматизацію технологічного процесу відповідає контролер з програмою, який можливо налаштовувати на будь-які потрібні завдання. В якості робочих органів використовують гідравлічні, пневматичні та електричні приводи.

Зазвичай на виробництві процес запресування і зварювання дисків відбувається на різних установках, і для кожного процесу потрібен окремий працівник. За допомогою автоматизації цих двох процесів можливо спростити роботу працівникам. Процес запресування і зварювання буде проходити на одному стенді, за допомогою переміщення гідроприводу на дві позиції. Процес завантаження – відвантаження буде також проходити в автоматичному режимі за допомогою маніпуляторів.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Мета проекту: спростити процес виготовлення автомобільних штампованих дисків на етапі запресування центру в обід і зварювання, за допомогою автоматизації цих двох процесів з використанням логічного контролера.

Задачі проекту:

1. Ознайомитися з існуючими системами, які використовуються для виготовлення автомобільних дисків.
2. Розробити автоматизовану систему пневмогідроприводу та спроектувати гідравлічний циліндр що буде виконувати процес підймання – опускання та запресування.
3. Розробити систему керування пневмогідроприводу, скласти алгоритм керування, який передбачає роботу системи в автоматичному режимі.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Розділ 1. Огляд відомих технічних рішень для виробництва автомобільних дисків

1.1. Загальні відомості про процес виготовлення

Штамповані диски - найпростіший та найпоширеніший варіант дисків. Популярність сталевих дисків обумовлена їхньою низькою ціною та можливістю спрощеного відновлення пошкодженого диска. Як правило, штамповані диски встановлюються на автомобілі недорогих комплектацій або на бізнес-транспорт. Штамповані диски мають деякі недоліки. Так як штампований диск виготовлений із сталі, він має велику вагу, це негативно впливає на динамічні характеристики та елементи ходової системи автомобіля, також штамповані диски схильні до корозії та, звичайно, мають непривабливий вигляд.

Штамповані диски виготовляються із листового металу. Сталь пресується у певні форми, які використовуватимуться як складові диска.

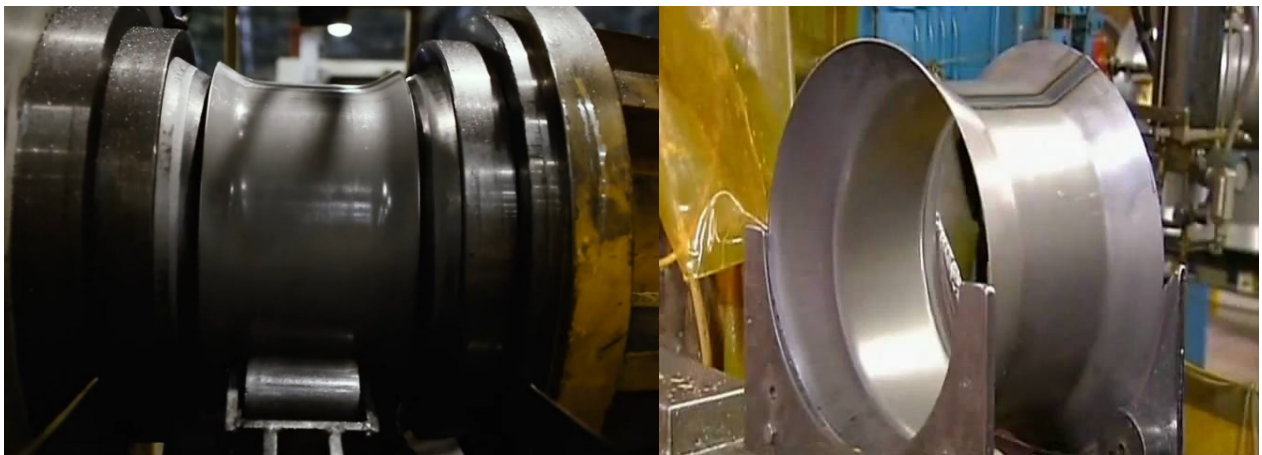
Для центральної частини диску зазвичай використовують круглий лист металу якому надають форму за допомогою штампу. Також цій частині диску роблять отвори за допомогою пресу, які служитимуть для охолодження диску. Далі в ньому свердлять отвори для шпильок або болтів і відрізають все зайве.



Мал. 1.1.1 Центр диску

Центр диску ніколи не виготовляють плоским. Форма ребер жорсткості дозволяє диску витримувати набагато більші навантаження під час експлуатації ніж би центр диску був плоским.

Наступна частина листового металу згортається в коло, де в місці стику його зварюють, після чого шов особливим чином зрізають, щоб уникнути великої шорсткості в цьому місці і щоб диск був однаковий з усіх боків. Далі циліндр, який вже пройшов зварювання по шву, потрапляє на прес, де йому надають потрібної форми. Взагалі диск може пройти через багато таких пресів, кожен з них надає все точнішу і точнішу форму, виконують це для того, щоб не пошкодити диск і форма набувалася поступово. Після цього від диску відрізають всі зайві виступаючі частини після чого обід переходить на етап шліфування.

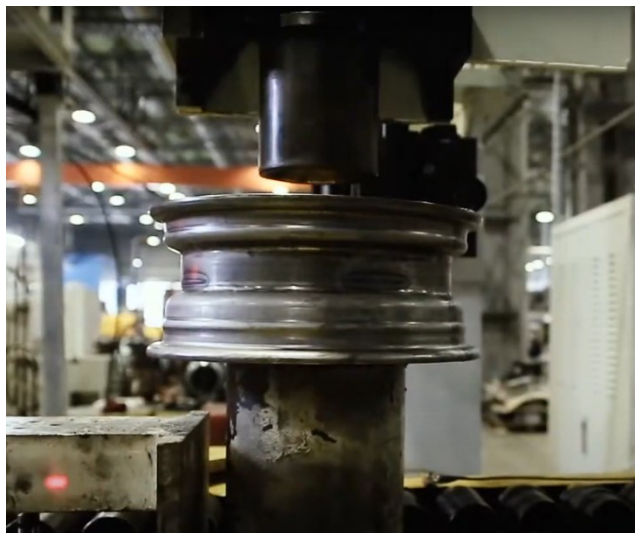


Мал.1.1.2. Виготовлення ободу диска

Також форму для ободу в умовах виробництва можуть надавати за допомогою прокатної установки. Зазвичай таким способом обід проходить через три прокатні установки, так зроблено, щоб форма створювалася поступово, уникаючи пошкоджень і змінної товщини ободу в не потрібних місцях.

Потім обід диску розміщується внутрішньою частиною вверх на платформі, після чого зверху в обід поміщається центр диску, після чого гідропривід запресовує центр в обід.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



Мал.1.1.3. Запресування центру в обід

Вже запресований диск розміщується на апараті для зварювання, де диск обертаючись зварюється в чотирьох точках.



Мал.1.1.4. Зварювання ободу з центром

Таким чином, виходить цілісний зварний штампований диск, який далі перевіряють на правильність геометрії, якщо потрібно диск корегується, після чого диск переходить на етап фарбування.

Недоліком такого виробництва є те, що запресування і зварювання відбувається на різних установках. Багато часу витрачається на переміщення диску по різних етапам. Витрати на таке виробництво значно більші, через додаткову кількість працівників і установок. Етапи запресування і зварювання можливо автоматизувати і реалізувати на одній системі.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

1.2. Приклади відомих технічних рішень

1.2.1 Гідравлічний прес Bernardo HWP 100 (06-1755XL)



Мал.1.2.1 Bernardo HWP 100 (06-1755XL)

Вага 955 кг

Потужність двигуна 2,2 кВт

Ширина 1660 мм

Глибина 900 мм

Висота 2110 мм

Макс. 266 бар

Компресія До 100

Ширина столу 300 мм

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Швидкість потоку 9,2 мм / с.

Швидкість повернення 12,3 мм / с.

Робоча висота макс. 924 мм

Швидкість роботи 2,7 мм / с.

Даний прес має регулювання висоти столу за допомогою ланцюга і робочого циліндра, оснащений бічним рухомим циліндром.

Має велику швидкість вперед і назад для раціональної роботи. Має можливість зупинки поршень у будь-якому положенні.

1.2.2. Гідравлічний прес 100 TON Cormak



Мал.1.2.2 Гідравлічний прес 100 TON Cormak

Ширина столу 785 мм

Хід 300 мм

Робочий діапазон 90 - 840 мм

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Бічний зсув 230 мм

Вага нетто/брутто 662 кг / 766 кг

Розміри машини 1200x990x1837 мм

Прес має стійку, посилену, зварну чотиристійкову конструкцію з високоякісної сталі. Міцна, сталева головка блоку циліндрів, що ковзає на підшипниках.

Може працювати за допомогою стисненого повітря або вручну. Має швидкий хід поршня. Робоча полиця, що регулюється на 9 рівнів

1.2.3 Компресор з ремінним приводом НВ-15А



Мал.1.2.3 Компресор з ремінним приводом НВ-15А

Продуктивність, м³/хв 1,3

Робочий тиск, бар 10

Потужність двигуна, кВт 11

Рівень шуму, дБ 64

Напруга живлення, 380В

Клас захисту IP54

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Тип приводу ремінь

Тип змащення масляний

Вид охолодження повітря

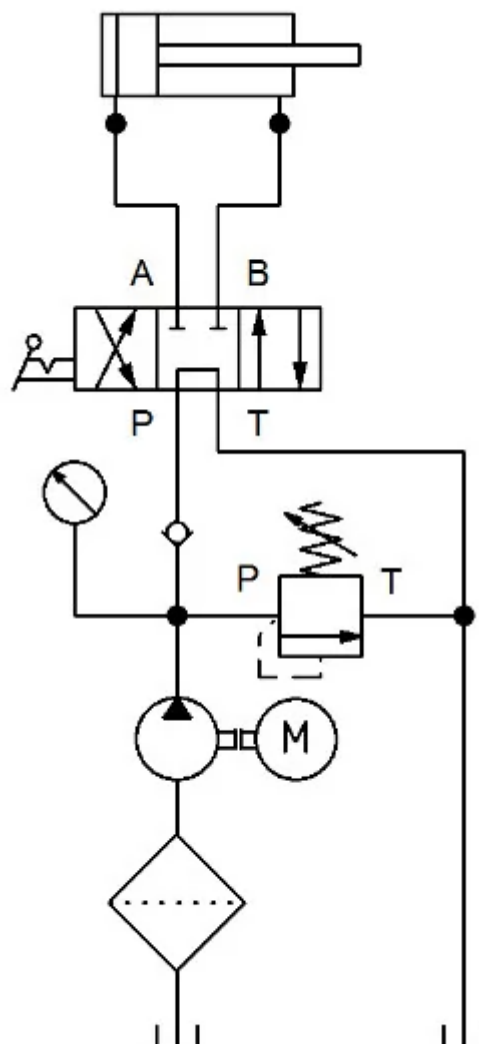
Температурний режим, $-5 - +45\text{ }^{\circ}\text{C}$

Приєднання, дюйм 1

Габарити ДхШхВ, мм 940x800x1075

Вага, кг 315

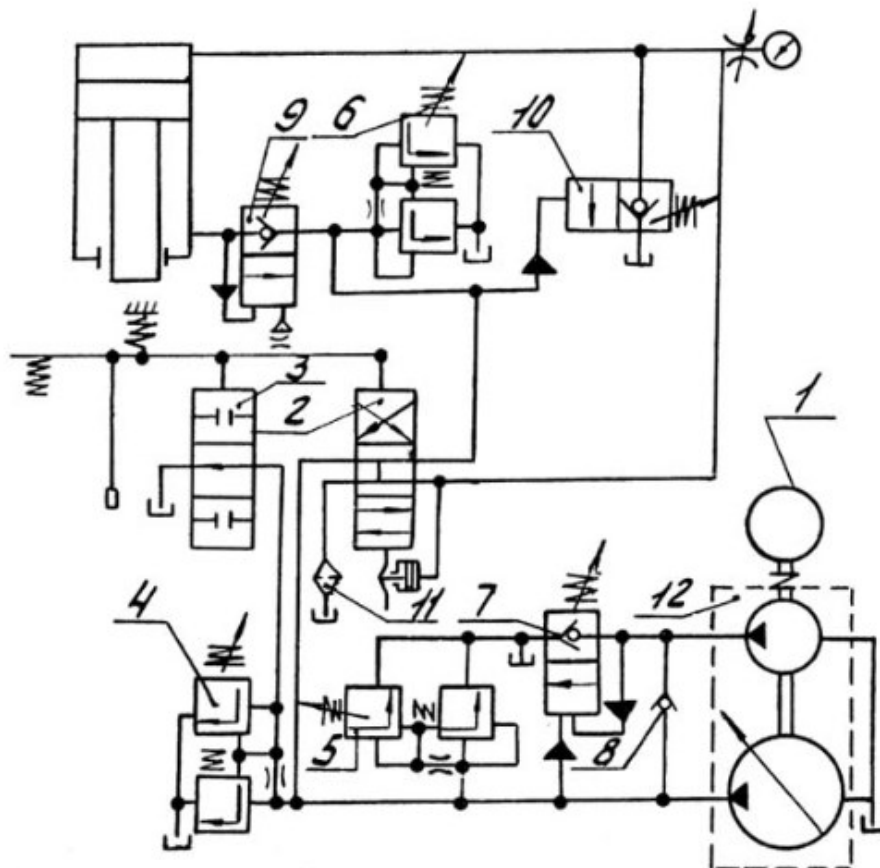
1.3 Типові гідравлічні схеми приводів запресування



Мал. 1.3.1 Гідравлічна схема пресу з одним циліндром

Гідравлічна система складається з резервуару, гідроциліндра насосу, мотору, запобіжного клапану, манометру, розподільника.

Це найпростіша схема яка використовується для пресувальних машин.



Мал. 1.3.2. Схема гідравлічного пресу з керованими клапанами

- 1 - Електродвигун
- 2 - Розподільник
- 3 - Дросель
- 4,5,6 - Клапани запобіжні
- 7 - Клапан зворотний керований із запобіжником
- 8 - Клапан зворотний
- 9 - Запобіжний клапан зі зворотним клапаном
- 10 - Клапан зворотний керований
- 11 - Фільтр
- 12 - Насос радіально-плунжерний із підшипником

1.4 Висновок до розділу 1

Було розглянуто загальний процес виготовлення автомобільних штампованих дисків. Розглянули відомі технічні рішення і принципові гідравлічні схеми.

Виявлено і обґрунтовано деякі недоліки при виробництві, в процесах запресування і зварювання. За результатами аналізу було встановлено можливість автоматизації процесів запресування і зварювання центру з диском, вдосконалення принципової схеми гідроприводу, і як наслідок зменшення затрат на виробництво.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Розділ 2. Проектування системи гідроприводу

2.1. Формування технічного завдання

Наш цикл буде починатися з того що Ц2 буде швидко піднімати диск 80% шляху, після чого 10% шляху відбуватиметься повільне підведення, та в кінці 10% шляху буде повільно запресовувати диск, після чого буде швидко повертатися в початкове положення. Тоді Ц1 перемістить платформу на іншу позицію, де Ц2 буде швидко підніматися 80% шляху і останні 20% відбуватиметься повільне підведення, після чого диск почне зварюватись, а потім швидко повернеться на початкову позицію. Після цього Ц1 повернеться в початкову позицію і диск відвантажиться маніпулятором.

Вихідні дані до проекту

Цикл роботи гідро і пневмоприводів: 2 – N2 – 1 – 2 – N2 – N1

Перероблюємо цикл: 2(80%ШП – 10%ПП – 10%ПЗ) – N2 – 1 – 2(80%ШП – 20%ПП) – N2 – N1

Гідроциліндр(запресування):

- корисне зусилля $P = 10 \text{ кН}$;
- робочий тиск $p = 12 \text{ МПа}$;
- швидкість швидкого підводу (відводу) $v_{\text{ШП(ШВ)}} = 2 \text{ м/хв.}$;
- довжина ходу штока 0,3 м;
- довжина трубопроводів на нагнітанні 4 м;
- довжина трубопроводів на зливі 3.5 м.

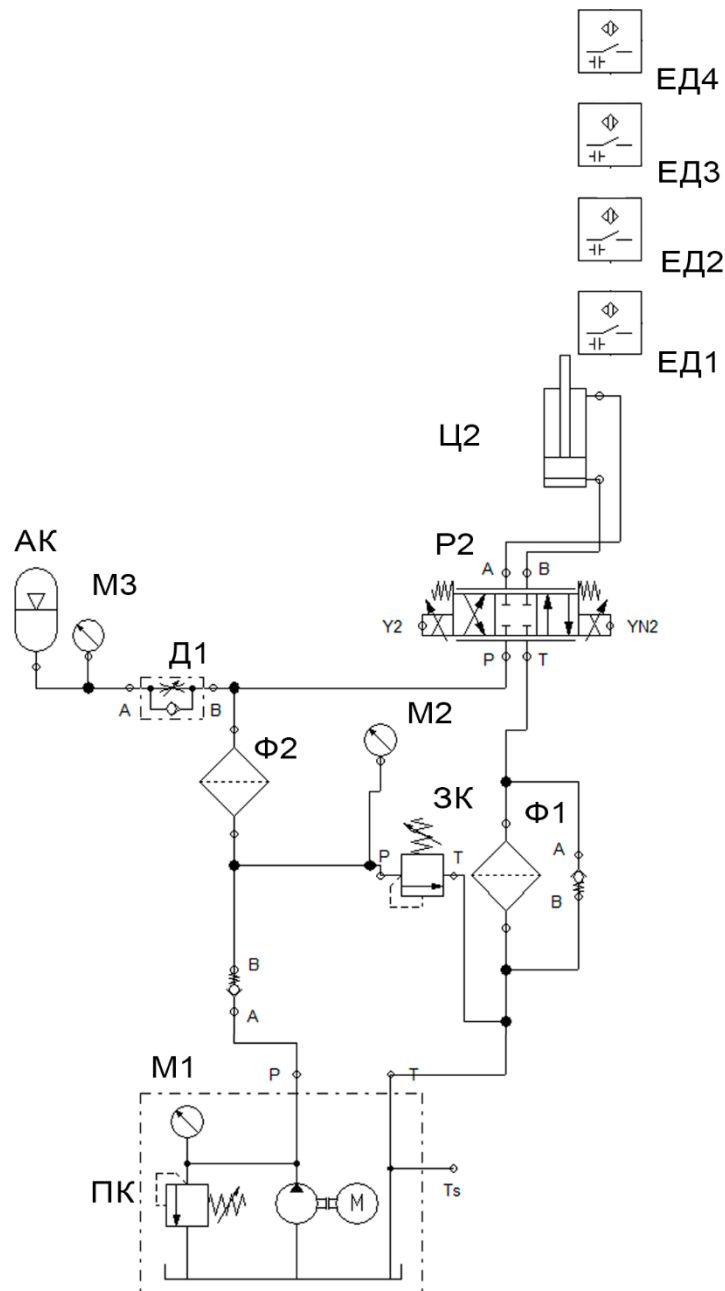
Пневмоциліндр(переміщення на позиції):

- корисне зусилля $P = 0.75 \text{ кН}$;
- робочий тиск $p = 0.4 \text{ МПа}$;
- довжина ходу штока 0,5 м.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2.2. Опис роботи гідравлічної і пневматичної принципової схеми

Гідравлічна схема:

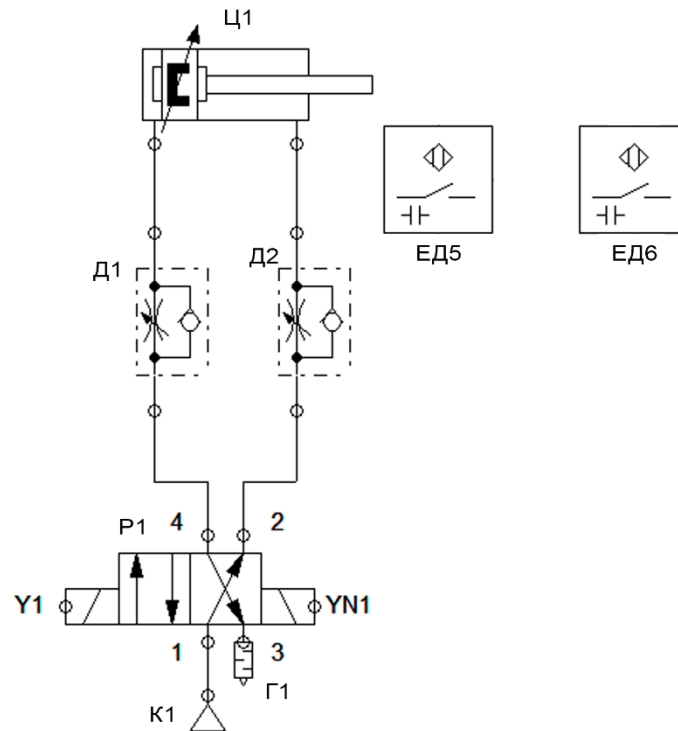


Мал. 2.2.

Гідравлічна система складається з: Ц2 – привід гідравлічний, P2 – пропорційний клапан керування, ЕД1-ЕД4 – ємнісні датчики положення штоку циліндру 2, ПК – переливний клапан, який захищає насос, ЗК – зливний клапан, який захищає систему від надлишкового тиску, Φ1, Φ2 – фільтри, АК1 – акумулятор гідравлічний, М1-М3 – манометри, Д1 – дросель.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Пневматична схема:



Мал. 2.2.1

Пневматична схема складається з: Ц1 – пневматичний привід, Д1,Д2 – дроселі, К1 – компресор, Р1 – розподільник 4/2, Г1 – глушник, ЕД5, ЕД6 – ємнісні датчики

2.3. Розрахунок системи гідроприводу

2.3.1. Визначення розмірів основного гідроциліндра

Розмір внутрішнього діаметра гідроциліндра визначаємо в залежності від значення і напрямку навантаження.

Представимо рівняння рівноваги сил, які діють на поршень таким способом:

$$p_1 F_1 - p_2 F_2 - P' = 0$$

p_1, p_2 – тиски в штоковій і поршневій порожнинах циліндру; F_1, F_2 – площі поршня в штоковій і поршневій порожнинах циліндру;

P' - повне навантаження, $P' = P + P_{тр}$; P – корисне зусилля на штоці; $P_{тр}$ – сила тертя в ущільненнях і направляючих поршня і штока.

З урахуванням механічного ККД гідроциліндра:

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$P' = P / \eta_m$$

Діаметр гідроциліндра з однобічним штоком, який працює на виштовхування:

$$D = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi(p_2 - p_1/\Psi)\eta_m}}$$

де P – задане зусилля, p_1, p_2 – тиск в штоковій і поршневій порожнинах циліндру, $\Psi = F_1 / F_2 = D^2 / (D^2 - d^2)$ – відношення площі поршня з боку поршневої і штокової порожнин.

Тиск p_2 прийmemo за 10% від робочого тиску цього ж гідроциліндра:

$$p_2 = 0,12 \cdot p_1 = 0,12 \cdot 10 = 1,2 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт відношення площ з нормальним діаметром штока $\Psi = 1,33$.

Механічний ККД гідроциліндра залежить від способу ущільнення. Для гідроциліндра із манжетними ущільненнями $\eta_m = 0,95$.

Визначаємо діаметр :

$$D = 2 \sqrt{\frac{10 \cdot 10^3}{3,14 \cdot \left(1 - \frac{10}{1,33}\right) \cdot 0,95 \cdot 10^6}} = 45,34 \text{ мм.}$$

Приймаємо: $D = 50 \text{ мм.}$

Діаметр штока визначаємо із співвідношення:

$$d = D \sqrt{1 - 1/\Psi}$$

$$d = 50 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{1,33}} = 24,85 \text{ мм}$$

Приймаємо: $d = 25 \text{ мм.}$

Діаметр отворів підводу, м :

$$d_n = \sqrt{\frac{D^2 \cdot v_{шп}}{v}}$$

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Середню швидкість прямування рідини приймаємо $v_p = 5 \text{ м/с}$

$$d_n = \sqrt{\frac{50^2 \cdot 3}{\pi \cdot 5 \cdot 60}} = 2,821 \text{ мм}$$

приймаємо $d = 3 \text{ мм}$

2.3.2. Визначення розмірів пневмоциліндра

За умовою наш пневмоциліндр повинен створювати зусилля в 0.75 кН . З огляду на те, що в заводський пневмомережі $p_{\text{пневм}} = 0.4 \text{ Мпа}$. Тоді необхідну площу пневмоциліндра можна обчислити за формулою:

$$F_{\text{ц}} = \frac{P_{\text{max}}}{p_{\text{пневм}}} = \frac{750}{0.4} = 187.5 \text{ мм}^2$$

Знаючи площу можна знайти діаметр пневмоциліндра:

$$d_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ц}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 187.5}{3.14}} = 48,87 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр пневмоциліндру 50 мм

Обираємо відношення діаметра штока до поршня пневмоциліндра:

При $p_n < 0,15 \text{ Мпа}$, $\alpha = 0,5$;

при $0,15 \text{ Мпа} < p_n < 0,5 \text{ МПа}$, $\alpha = 0,7$;

при $0,5 \text{ Мпа} < p_n < 1 \text{ МПа}$, $\alpha = 0,8$;

Для обраного тиску допустимий $\alpha = 0,7$;

Діаметр штока визначається за формулою:

$$d_{\text{ш}} = \alpha \cdot d_{\text{п}} = 0,7 \cdot 50 = 35 \text{ мм}$$

Знаходимо товщину стінок сталевго циліндра:

$$\sigma = \frac{d_{\mu}}{2} \sqrt{\frac{\sigma + p(1 - 2\mu)}{\sigma + p(1 + 2\mu)}} - 1$$

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		24

Де σ – допустиме напруження, на ростяг $\sigma = 40$ МПа,

μ - коефіцієнт Пуассона (для сталі $\mu = 0,3$)

$$\sigma = \frac{50}{2} \sqrt{\frac{40+0,4(1-2*0,3)}{40+0,4(1+2*0,3)}} - 1 = 2,4 \text{ мм}$$

2.3.3. Вибір робочої рідини

Масило HLP 46 – це мінеральне мастило, виготовлюється на основі гідророчищених базових мастил з пакетом функціональних присадок. Матеріал має антикорозійні, антиокислювальні, депресорні, протизносні і протипінні властивості. Мастило призначене для використання в гідросистемах промислового обладнання з високими вимогами до якості мастила.

В'язкість кінематична при 40 ⁰ С, мм ² /с	46,07
Кінематична в'язкість при 0 ⁰ С, мм ² /с	59,9
при 100 ⁰ С, мм ² /с	6,78
Індекс в'язкості	98
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	224
Температура застигання, °С	-28
Густина при 20 °С, кг/м ³	880

Таблиця 2.3.3. Основні фізико-хімічні характеристики

2.3.4. Визначення витрат і тисків в гідроциліндрі

Витрати розраховують після визначення конструктивних розмірів гідродвигунів на підставі заданих швидкостей руху і з урахуванням циклограми роботи приводів для кожного її такту.

Для гідроциліндра споживана витрата при роботі штока на виштовхування:

$$Q_{ci} = F_{li} v_{li};$$

При роботі штока на втягування:

$$Q_{шi} = F_{2i} v_{2i};$$

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

де F_{1i} і F_{2i} - площі поршня відповідно з боку поршневої і штокової порожнини основного або допоміжного гідроциліндра; v_{1i} і v_{2i} - відповідні швидкості руху поршня.

Площі поршня і штока визначають по округленим до стандартних значенням діаметрів:

$$F_{1i} = \frac{\pi D_i^2}{4}; \quad F_{2i} = \frac{\pi (D_i^2 - d_i^2)}{4}.$$

Визначимо площу поршня і штока:

$$F_{\pi} = \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 50^2}{4} = 1963 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{ш}} = \frac{\pi (D_1^2 - d_1^2)}{4} = \frac{\pi (50^2 - 25^2)}{4} = 1472 \text{ мм}^2.$$

Для пневмоциліндру:

$$F_{\pi} = \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 50^2}{4} = 1963 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{ш}} = \frac{\pi (D_1^2 - d_1^2)}{4} = \frac{\pi (50^2 - 35^2)}{4} = 1000 \text{ мм}^2$$

Визначаємо час відпрацювання та витрати в кожному такті:

Дія	2			N2	1	2		N2	N1
Номер такту	1			2	3	4		5	6
Вид подачі	ШП	ПП	ПЗ	ШВ	-	ШП	ПП	ШВ	-
Швидкість м/хв	2	0,7	0,4	2	6	2	0,7	2	6
Довжина ділянки, мм	240	30	30	300	500	240	60	300	500

Таблиця 2.3.4. Швидкість подач

Гідроциліндр:

Такт 1:

Ц2 ШП:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{0,24}{2/60} = 7,2 \text{ с.}$$

$$Q_1 = v_1 \times F_1 = 3,926 \text{ л/хв}$$

Ц2 ПП:

$$t_2 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{0,03}{0,7/60} = 2,57 \text{ с.}$$

$$Q_2 = v_2 \times F_1 = 1,37 \text{ л/хв}$$

Ц2 ПЗ:

$$t_3 = \frac{l_3}{v_3} = \frac{0,03}{0,4/60} = 4,5 \text{ с.}$$

$$Q_3 = v_3 \times F_1 = 0,7 \text{ л/хв}$$

Такт 2:

Ц2 ШВ

$$t_4 = \frac{l_4}{v_4} = \frac{0,3}{2/60} = 9 \text{ с.}$$

$$Q_4 = v_4 \times F_2 = 2,94 \text{ л/хв}$$

Такт 4:

Ц2 ШП

$$t_5 = \frac{l_5}{v_5} = \frac{0,24}{2/60} = 7,2 \text{ с.}$$

$$Q_5 = v_5 \times F_1 = 3,926 \text{ л/хв}$$

Ц2 ПП:

$$t_6 = \frac{l_6}{v_6} = \frac{0,06}{0,7/60} = 5,15 \text{ с.}$$

$$Q_6 = v_6 \times F_1 = 1,37 \text{ л/хв}$$

Такт 5:

Ц2 ШВ:

$$t_7 = \frac{l_7}{v_7} = \frac{0,3}{2/60} = 9 \text{ с.}$$

$$Q_7 = v_7 \times F_2 = 2,94 \text{ л/хв}$$

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Пневмоциліндр:

Такт 3:

Ц1:

$$t = \frac{l}{v} = \frac{0,5}{6/60} = 5 \text{ с.}$$

$$Q = v \times F1 = 0,01178 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Такт 6:

Ц1:

$$t = \frac{l}{v} = \frac{0,5}{6/60} = 5 \text{ с.}$$

$$Q = v \times F2 = 0,006 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Розрахуємо тиск:

Гідроциліндр:

При виштовхуванні:

ШП:

$$p_1 = \frac{P_1 \cdot (1 - \eta_m)}{\eta_m \cdot F_{\Pi}} + \frac{p_{зл}}{\psi} = \left(\frac{10000 \cdot (1 - 0,95)}{0,95 \cdot \pi \cdot \frac{50^2}{4}} + \frac{0,4}{1,33} \right) = 0,57 \text{ МПа}$$

ПП:

$$p_2 = \frac{P_1}{\eta_m \cdot F_{\Pi}} + \frac{p_{зл}}{\psi} = \left(\frac{10000}{0,95 \cdot \pi \cdot \frac{50^2}{4}} + \frac{0,4}{1,33} \right) = 5,7 \text{ МПа}$$

При втягуванні:

ШВ:

$$p_3 = \left(\frac{P_1 \cdot (1 - \eta_m)}{\eta_m \cdot F_{\Pi}} + p_{зл} \right) \cdot \psi = \left(\frac{10000 \cdot (1 - 0,95)}{0,95 \cdot \pi \cdot \frac{25^2}{4}} + 0,4 \right) \cdot 1,33 = 1,95 \text{ МПа}$$

Пневмоциліндр:

При виштовхуванні:

$$p_4 = \frac{P_2}{F_{\Pi}} = \frac{750}{1963} = 0,38 \text{ МПа}$$

При втягуванні:

$$p_4 = \frac{P_2}{F_{\Pi}} = \frac{750}{1000} = 0,75 \text{ МПа}$$

Загальний час циклу:

$$t = 7,2 + 2,57 + 4,5 + 9 + 7,2 + 5,15 + 9 + 5 + 5 = 54,62 \text{ с.}$$

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Номер циклу	2(1)			2(2)		N2	1	N1
Режим	ШП	ПП	ПЗ	ШП	ПП	ШВ	-	-
Витрата	3,926 л/хв	1,37 л/хв	0,7 л/хв	3,92 л/хв	5,15 л/хв	2,94 л/хв	0,01178 м³/хв	0,006 м³/хв
Тиск, Мпа	0,57	5,7	5,7	0,57	5,7	1,95	0,38	0,75
Час, с.	7,2	2,57	4,5	7,2	5,15	9	5	5

Табл.2.3.4.1. Основні витратні характеристики.

2.3.5 .Розрахунок подачі насосу

Для нормальної роботи гідроприводу потрібно, щоб у кожному такті виконувалася умова:

$$Q_H \geq \sum Q_i$$

де Q_H - подача насоса; Q_i - витрата гідродвигуна в кожному такті.

В деяких тактах потужність насоса не використовується вся, надлишок рідини зливатиметься через переливний клапан у бак, що зменшує ККД гідросистеми.

Об'єм рідини, який надходить у гідросистему за час циклу $t_{\text{ц}}$:

$$V_{\text{ц}} = \sum Q_i * t_i;$$

Об'єм рідини $V_{\text{ц,с}}$, споживаний гідросистемою за час циклу:

$$V_{\text{ц,с}} = (Q_1 * t_1 + Q_2 * t_2 + Q_3 * t_3 + Q_4 * t_4 + Q_5 * t_5 + Q_6 * t_6 + Q_7 * t_7);$$

$$V_{\text{ц,с}} = (3,926 * 7,2 + 1,37 * 2,57 + 0,7 * 4,5 + 2,94 * 9 + 3,926 * 7,2 + 1,37 * 5,15 + 2,94 * 9) = 123,1808 \text{ л.}$$

Коефіцієнт використання продуктивності насоса визначимо як відношення об'єму рідини, споживаного гідросистемою за час циклу, до обсягу рідини, що надходить від насоса:

$$k_Q = V_{\text{ц,с}} / V_{\text{ц}}$$

Чим менше значення k_Q , тим нижче ККД гідроприводу. Максимальне значення для ККД відповідає $k_Q = 1$. Для зменшення втрат і підвищення ККД гідроприводу

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ			Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата				29

потрібно застосувати насосну установку з гідроаккумулятором.

Оптимальним можна вважати режим роботи, при якому подача насоса дорівнює середньому Q_{cp} значенню витрати, споживаної приводом за цикл:

$$Q'_H = Q_{cp} = \frac{k_3 \cdot V_{ц.с.}}{t_{зар}},$$

де k_3 – коефіцієнт запасу.

Приймаємо $k_3 = 1,1$

$$Q'_H = Q_{cp} = \frac{1,1 \cdot 123,1808}{44,62} = 3 \frac{\text{л}}{\text{хв}}$$

Робочий об'єм акумулятора можна визначити на підставі діаграми витрат.

$$V_{ГА} = ((Q_{ШП1} - Q_H) \cdot t_{ШП1} + (Q_{ШВ1} - Q_H) \cdot t_{ШВ1} + (Q_{ШП2} - Q_H) \cdot t_{ШП2} + (Q_{ШВ2} - Q_H) \cdot t_{ШВ2}) \cdot k_3;$$

$$V_{ГА1} = ((3,926 - 3) \cdot 7,2 + (2,94 - 3) \cdot 9 + (3,926 - 3) \cdot 7,2 + (2,94 - 3) \cdot 9) \cdot 1,1 / 60 = 0,1134 \text{ л}$$

Обираємо гідроаккумулятор **Epoll AS0.2P360**

https://promhydraulic.com.ua/p1661092590-ballonnyj-gidroakkumulyator-epoll.html?source=merchant_center&gclid=Cj0KCQjwjryjBhD0ARIsAMLvnF9hJSXP_rwX8K5XcLowZS0AUjkFmnBfXOWS_YlPdAjrWhvWODxC4EwaAiN1EALw_wcB

Отже, $V_{ГА1} = 0,2 \text{ л}$

2.3.6. Гідравлічний розрахунок і вибір розмірів трубопроводів

Задача розрахунку – визначення діаметрів трубопроводів і втрат тиску, що виникають у них при переміщенні робочої рідини.

Розрахунок варто робити по ділянках, що мають однакову витрату. Ділянка являє собою трубопровід з установленими на ньому місцевими опорами (трійники, штуцера, коліна і т.і.) і гідроапаратами.

Внутрішній діаметр труби:

$$d_T = \sqrt{4Q_T / \pi v_{cp}},$$

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		30

де Q_T – витрата рідини на ділянці, що розраховується, $\text{м}^3/\text{с}$; $v_{\text{ср}}$ – середня швидкість рідини, $\text{м}/\text{с}$.

Отримане значення округляють до найближчого по ДСТУ 8732-78 і ДСТУ 8734-75 (6, 8, 10, 16, 20, 25 мм).

За прийнятим діаметром визначається дійсна швидкість рідини, $\text{м}/\text{с}$:

$$v = \frac{4Q_T}{\pi d_T^2}.$$

Середню швидкість рідини вибираємо у залежності від призначення трубопроводу: для всмоктувальних $v_{\text{вс}} = 1 \text{ м}/\text{с}$, для зливних $v_{\text{зл}} = 2 \text{ м}/\text{с}$, для напірних $v_{\text{н}} = 4 \text{ м}/\text{с}$

Діаметр лінії нагнітання:

Беремо найбільшу витрату з тактів робочих подач:

$$Q_m = 5,15 \text{ л}/\text{хв} = 8,6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$$

Середню швидкість рідини приймаємо $v = 4 \text{ м}/\text{с}$

$$d_m = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot v_{\text{ср}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,6 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 4}} = 0,005 \text{ м}, \text{ приймаємо } d_m = 6 \text{ мм}$$

Дійсна швидкість рідини:

$$v = \frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot d_m^2} = \frac{4 \cdot 8,6 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,006^2} = 3,11 \text{ м}/\text{с}$$

Діаметр зливної лінії:

Беремо найбільшу витрату з тактів робочих подач:

$$Q_m = 2,94 \text{ л}/\text{хв} = 4,9 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$$

Середню швидкість рідини приймаємо $v = 2 \text{ м}/\text{с}$

$$d_m = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot v_{\text{ср}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,9 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 2}} = 0,0056 \text{ м}, \text{ приймаємо } d_m = 6 \text{ мм}$$

Дійсна швидкість рідини:

$$v = \frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot d_m^2} = \frac{4 \cdot 4,9 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,006^2} = 1,73 \text{ м}/\text{с}$$

Діаметр лінії всмоктування:

$$d_m = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5}{3,14 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 60}} = 0,0056 \text{ м}, \text{ приймаємо } d_m = 6 \text{ мм}$$

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Дійсна швидкість рідини:

$$v = \frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot d_{\text{вс}}^2} = \frac{4 \cdot 1,5}{1000 \cdot 60 \cdot 3,14 \cdot 0,006^2} = 0,88 \text{ м/с}$$

Гідравлічні втрати в гідролініях складаються з втрат на гідравлічне тертя $\Delta p_{\text{т}}$, втрат у місцевих опорах $\Delta p_{\text{м}}$ і втрат у гідроапаратах $\Delta p_{\text{г}}$

Втрати тиску на тертя:

$$\Delta p_{\text{т}} = (0,5 \lambda l \rho v^2) / d_{\text{т}},$$

де λ - коефіцієнт тертя; l - довжина ділянки; ρ - щільність рідини; v - дійсна середня швидкість рідини; $d_{\text{т}}$ - діаметр труби або шлангу.

Коефіцієнт тертя λ залежить від режиму течії рідини і визначається по числу Рейнольдса

$$Re = v d_{\text{т}} / \nu$$

де ν – кінематична в'язкість рідини

При ламінарній течії рідини ($Re < 2300$) $\lambda = 64 / Re$.

Враховуючи можливості звуження і викривлення перерізу труби при практичних розрахунках приймають

$$\lambda = 75 / Re.$$

При турбулентній течії ($Re \geq 2300$) коефіцієнт тертя залежить від числа Рейнольдса і від відносної шорсткості стінок каналу. Сталеві труби мають шорсткість $\Delta = 0,03 \text{ мм}$, труби з кольорових металів вважають практично гладких.

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}.$$

При $Re > 10^6$ коефіцієнт тертя практично не залежить від Re і можна прийняти $\lambda = 0,02$. Втрати на місцевих опорах визначимо за формулою:

$$\Delta p_{\text{м}} = 0,5 \rho \xi v^2,$$

де ξ коефіцієнт місцевого опору.

Розрахуємо число Рейнольда для різних ділянок трубопроводу:

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$Re = \frac{v \cdot d_m}{\nu}, V = 46 \text{ мм}^2/\text{с}$$

Для Ц2:

$$Re_{\text{всм}} = \frac{0,88 \cdot 0,006}{0,046 \cdot 10^{-3}} = 115; \lambda_{\text{всм}} = \frac{75}{115} = 0,65;$$

$$Re_{\text{нагн}} = \frac{3,11 \cdot 0,006}{0,046 \cdot 10^{-3}} = 405; \lambda_{\text{нагн}} = \frac{75}{405} = 0,185;$$

$$Re_{\text{злив}} = \frac{1,73 \cdot 0,006}{0,046 \cdot 10^{-3}} = 226; \lambda_{\text{злив}} = \frac{75}{226} = 0,33;$$

Розрахуємо втрати тиску на тертя:

Густина, кг/м³ = 880

Для Ц2:

$$\Delta P_{\text{всм}} = \frac{\lambda \cdot l \cdot \rho \cdot v^2}{2d_{\text{см}}} = \frac{0,65 \cdot 1 \cdot 880 \cdot 0,88^2}{2 \cdot 0,006} = 36913 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{нагн}} = \frac{\lambda \cdot l \cdot \rho \cdot v^2}{2d_{\text{см}}} = \frac{0,185 \cdot 4 \cdot 880 \cdot 3,11^2}{2 \cdot 0,006} = 524872 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{злив}} = \frac{\lambda \cdot l \cdot \rho \cdot v^2}{2d_{\text{см}}} = \frac{0,33 \cdot 3,5 \cdot 880 \cdot 1,73^2}{2 \cdot 0,006} = 253498 \text{ Па}$$

Визначимо втрати на місцевих опорах:

$$\text{Нагнітання Ц2 } \Delta p_{\text{мтр}} = 0,5 \cdot 880 \cdot 3,11^2 \cdot (3 \cdot 2 + 0,8 + 0,5 + 0,13) = 31620 \text{ Па}$$

$$\text{Злив Ц2 } \Delta p_{\text{мзв}} = 0,5 \cdot 880 \cdot 1,73^2 \cdot (5 \cdot 2 + 0,8 + 0,5) = 14880 \text{ Па}$$

Визначимо загальну втрату в циліндрі. Вона складається з втрат на тертя, втрат на місцевих опорах та втрат на гідроапаратах:

$$\Delta p_{\text{Ц2н}} = \Delta p_{\text{т}} + \Delta p_{\text{м}} + \Delta p_{\text{га}} = 0,31620 + 0,524 + 0,13 + 0,5 = 1,47 \text{ МПа}$$

$$\Delta p_{\text{Ц2з}} = \Delta p_{\text{т}} + \Delta p_{\text{м}} + \Delta p_{\text{га}} = 0,14880 + 0,253 + 0,13 + 0,5 = 1,0318 \text{ МПа}$$

2.3.7. Тепловий розрахунок системи гідроприводу

При роботі гідропривода внаслідок роботи механічного, гідравлічного та об'ємного характеру та їх втрат, виділяється певна кількість теплової енергії, що йде на нагрівання рідини в баку, а також розсіюється в навколишнє середовище

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахуємо необхідний тиск насосу

$$p_H = p_{max} + \Delta p_{max} = 12 + 1.47 \text{ МПа} = 13.47 \text{ МПа}$$

де p_{max} – Максимальний тиск циклу, Δp_{max} – максимальні втрати;

$$Q_H = 2,5 \text{ л/хв}$$

Визначимо кількість теплоти яка утворюється за одну годину:

$$\theta = 3600 \cdot (N_{Hi} - N_{Ei}) \frac{t_i}{t_{\text{ц}}}$$

$$\begin{aligned} \theta = 60 \cdot & \left(\left(\frac{2,5 \cdot 13,47}{0,7} - 3,926 \cdot 0,57 \cdot 0,95 \right) \frac{7,2}{54,62} \right. \\ & + \left(\frac{2,5 \cdot 13,47}{0,7} - 1,37 \cdot 5,7 \cdot 0,95 \right) \frac{2,57}{54,62} \\ & + \left(\frac{2,5 \cdot 13,47}{0,7} - 0,7 \cdot 5,7 \cdot 0,95 \right) \frac{4,5}{54,62} \\ & + \left(\frac{2,5 \cdot 13,47}{0,7} - 3,92 \cdot 0,57 \cdot 0,95 \right) \frac{7,2}{54,62} \\ & + \left(\frac{2,5 \cdot 13,47}{0,7} - 5,15 \cdot 5,7 \cdot 0,95 \right) \frac{5,15}{54,62} \\ & \left. + \left(\frac{2,5 \cdot 13,47}{0,7} - 2,94 \cdot 1,95 \cdot 0,95 \right) \frac{9}{54,62} \right) = 16 \frac{\text{КДж}}{\text{год}} \end{aligned}$$

Різниця між температурою масла в баку і температурою навколишнього середовища вираховується за формулою:

$$\Delta t = \frac{\theta}{\alpha \cdot k \cdot F}$$

Де k – коефіцієнт теплопередачі від масла до повітря при відсутності місцевої циркуляції, $k = 63 \text{ КДж/м}^2 \text{ год}$; α – коефіцієнт контактних площ, при обмеженій циркуляції повітря $\alpha = 1,4$

Розрахункова площа поверхні гідробаку

$$F = 0,064 \cdot \sqrt[3]{V_m^2}$$

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Де V_m – об'єм масла в баку, дм³;

Об'єм насосу не повинен перевищувати двох-трьоххвилинної подачі насоса

$$V_m = 3 \cdot Q_H = 3 \cdot 2,5 = 7,5 \text{ л}$$

Приводимо до стандартного значення за ДСТУ 16770/1

$$V_m = 8 \text{ л};$$

Визначимо площу поверхні гідробаку

$$F = 0,064 \cdot \sqrt[3]{V_m^2} = 0,064 \cdot \sqrt[3]{8^2} = 0,26 \text{ м}^2$$

Отже температура складає

$$\Delta t = \frac{\theta}{\alpha \cdot k \cdot F} = \frac{16}{1,4 \cdot 63 \cdot 0,26} = 0,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\max} = 25^\circ\text{C} + 0,7^\circ\text{C} = 25,7^\circ\text{C} < 70^\circ\text{C};$$

Оскільки різниця температур не перевищує допустиму, тоді теплообмінник встановлювати не потрібно

2.3.8. Розрахунок гідроциліндрів на тривкість

Розрахунок товщини стінки гідроциліндра

Для розрахунку візьмемо формулу товстостінних циліндрів у зв'язку з заданими параметрами гідроциліндра

$$S = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \sigma_{\text{доп}}}$$

Де p – робочий тиск, D – діаметр гільзи, σ – допустиме напруження;

Допустиме напруження для гільзи визначемо для матеріалу Сталь 40Х ГОСТ 4543-71

$$\sigma = 320 \text{ МПа}, n=3, \sigma_{\text{доп}} = 106,67$$

$$S = \frac{12 \cdot 50}{2 \cdot 106,67} = 2,8 \text{ мм}$$

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Перевіримо чи правильно підібрана формула для товстостінного гідроциліндра.

$$S/D = 0,056 < 0,1$$

Формула обрана правильно, беремо товщину стінки 6 мм конструктивно

2.3.9. Розрахунок різьбових з'єднань

Напруги, що розтягують, для різьбового стрижня:

$$\sigma_1 = \frac{4 * p_p}{\pi * d_v^2 * z} = \frac{4 * 30000}{3.14 * 12.5^2 * 2} = 122,32 \text{ МПа}$$

де p_p – розрахункове навантаження, $p_p = k_z \cdot p = 3 \cdot 10000 = 30000 \text{ Н}$; d_v – внутрішній діаметр різьблення,

$$d_{v1} = d_o - S = 14 - 1,5 = 12.5 \text{ мм};$$

d_o – зовнішній діаметр різьблення; S – крок різьблення;

z – кількість різьбових з'єднань, що сприймають навантаження;

k_z – коефіцієнт затягування (для постійного навантаження $k_z=1,25 \dots 1,5$; для перемінного навантаження $k_z=2,5 \dots 4$);

p – зусилля, що діє на різьбове з'єднання.

Дотичні напруги в різьбленні:

$$\tau_1 = \frac{p_p * d_o * k_1}{0.2 * d^3} = \frac{30000 * 14 * 0.12}{0.2 * 12.5^3} = 129,23$$

де k_1 – коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта тертя фрикційної пари болт-гайка (приймають $k_1=0,12$).

Приведена напруга в різьбленні:

$$\sigma = \sqrt{(\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2)} = \sqrt{(122,32^2 + 3 \cdot 129,23^2)} = 255,07 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт запасу по пластичних деформаціях:

$$n_1 = \frac{\sigma_T}{\sigma_{пр}} = \frac{355}{255,07} = 1,39 > 1,2$$

Вибрані різьбові з'єднання, нас задовольняють (матеріал сталь 40Х).

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2.4. Підібране стандартне обладнання

Шестеренний насос

Mozioni MGP1K

Робочий об'єм насоса – 2,5 см³

Максимальний робочий тиск – 250 Бар

Максимальний піковий тиск – 290 Бар

<https://hydraulic.ua/ru/nasos-shesterneviy-mozioni-mgp1k-1-grupa-mgp1k2.1rg160g-21-sm/>

Електродвигун

АИР 90 LA8

Потужність – 0.75кВт

750 обертів за хв.

https://provent.ua/product/air-90la8-075750/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=search_dsa_ua&utm_term=&gclid=CjwKCAjwg-GjBhBnEiwAMUvNW63oGKMdQwZyXNKqnsCZVybbBGLIn01rhfPKg_mJnRefhd_MiQTrshoCHPEQAvD_BwE

Пневмокомпресор

INTERTOOL PT-0050

<https://storgom.ua/ua/product/kompressor-intertool-pt-0050.html>

Манометр

Dicsa MFI6304160V ¼

Максимальний тиск – 160 Бар

https://interzbut.com.ua/ru/manometry-radialnye-glitserinovye-korpus-63-podkluchenie-g1/4/1364/?gclid=CjwKCAjwg-GjBhBnEiwAMUvNW53WY8oBIeVcR-vAzdf9jDAsaASZzCbSbzTkahD_nW2PazDz1qHeDxoC-5oQAvD_BwE

Дросель з оберненим клапаном

HYDROSCAND 8072 G IF

Зливний клапан

Badestnost P40/P80

<https://interzbut.com.ua/p1411320347-klapan-predohranitelnij-slivnoj.html/>

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Бак гідравлічний

HYDRO-PACK TV10Y

Об'єм – 10 л.

Горизонтальний

<https://hydromarket.com.ua/ua/p1049090156-gidravlicheskij-bak-gorizontalnyj.html>

Фільтр на нагнітальній лінії

MPFiltr FHP0652BAG2A10NP01

Тонкість очистки – 10 мкм

Максимальний тиск – 420 Бар

https://interzbut.com.ua/ru/p1476459208-filtr-napornyj-gidravlicheskij.html/?gclid=CjwKCAjwg-GjBhBnEiwAMUvNW6moLr41sahkMUHnbLsHbn2mgG-Gh4r6FzYHqZrk3qEkfaK_URNNOhoC_iAQAvD_BwE

Фільтр на зливній лінії

MPFiltr 50

Максимальний тиск – 10 Бар

<https://interzbut.com.ua/p1331094598-filtr-slivnoj-gidravlicheskij.html/>

Акумулятор гідравлічний

Epoll AS0.2P360

Об'єм - 0.2 л.

Тиск – 360 Бар

<https://promhydraulic.com.ua/p1661092590-ballonnyj-gidroakkumulyator-epoll.html>

Розподільник 4/2 пневматичний

VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S

https://www.festo.com/ua/uk/a/8043215/?q=~:sortByCoreRangeAndSp2020~:CC_Valve_function_C_FP_GLOBAL~:CC_Valve_function.B52

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Розподільник 4/3 гідравлічний

H4WEH16H-6XEW110RN9Z5L

https://h-g.com.ua/p1609141133-gidroraspreditel-h4weh16h-6xew110rn9z5l.html?source=merchant_center&gclid=CjwKCAjwg-GjBhBnEiwAMUvNW49bQkvvF1Zrq86FXBK5fJ1WPdqHUbkmtd0U7MaAUDTitSyHBxnGyRoC3RkQAvD_BwE

Датчик ємнісний

CR18-8DN

<https://www.svaltera.ua/catalog/774/138.php>

Логічне програмоване реле

6ED1052-1CC08-0BA0

https://simat.com.ua/product-6ed1052-1cc08-0ba0?gclid=CjwKCAjwg-GjBhBnEiwAMUvNWxvD9mbcgC1_erMST_6z0IMVG8XDCfpV52meiSSMGvcRsmLjL3LIYRoC6jMQAvD_BwE

Діод

HER308

Ток 3А

<https://electronoff.ua/good/diod-bystryj-her308-3a-1000v-75ns-do-201ad-10sht.php>

Реле

РЭК78/4

Ток – 3А

Напруга – 24В

<https://001.com.ua/uk/rele-rek78-4-3a-24v-dc-iek>

Реле часу

ТЕНСЕ, ERX-10/30

https://principal.ua/ua/p293234070-rele-vremeni-mnogofunktsionalnoe.html?source=merchant_center&gclid=CjwKCAjwg-GjBhBnEiwAMUvNW-XLn3GiABeMwJy1eCG1JodUzmX9HdcpEVPE0ih9JAnCKVeK9Te40BoCWw8QAvD_BwE

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Кнопка

PB0-AW33M5

https://principal.ua/p507102160-knopka-upravleniya-dlya.html?source=merchant_center&gclid=CjwKCAjwg-GjBhBnEiwAMUvNWwJEvvO3MFFGpMuFn6vKb1T-EWsc9HSQ4lPUHNhuJPuFp4_8Me0JjhoCFd0QAvD_BwE

Контактор

Schneider Electric TeSys E 3P

https://luxelectro.com.ua/ru/kontaktor-schneider-electric-tesys-e-3r-1no-9a-as3-220v-50-gts-detail.html?gclid=CjwKCAjwg-GjBhBnEiwAMUvNWw1JrkYEezo8GVFtebq4cJWuwWlD_HcT9UiFzzin3EXBQ0i-pHhzKkBoChXcQAvD_BwE

2.5 Висновок до розділу 2

В даному розділі було розраховано систему гідропневмоприводу, вибрано гідравлічне мастило, розраховано витрати гідроциліндрів, визначено подачу насосу, а також визначено основні розміри головного гідроциліндру. Підібрано стандартне обладнання.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		40

Розділ 3. Розробка системи керування гідропневмоприводом

Система керування приводами побудована з застосуванням логічного реле, який забезпечує правильну роботу алгоритму керування і дозволяє задавати різні режими роботи.

Система керування буде відпрацьовувати заданий нами технологічний цикл роботи, який складається з:

- Очікування на завантаження диску
- Швидкий підйом диску
- Повільне підведення
- Повільне запресування
- Швидке опускання диску
- Швидке переміщення платформи на другу позицію
- Швидкий підйом диску
- Повільне підведення
- Зварювання
- Швидке опускання диску
- Швидке повернення платформи в початкове положення
- Пауза на завантаження/відвантаження

Цикл:

$S1 - t2, \text{с.} - 2(80\% \text{ШП} - 10\% \text{ПП} - 10\% \text{ПЗ}) - N2 - 1 - 2(90\% \text{ШП} - 10\% \text{ПП}) - t1, \text{с.}$

$- N2 - N1 - t3, \text{с.}$

Циліндр 1. Пневматичний. Двосторонньої дії. Бістабільне керування.

Початкове положення – шток втягнуто

Циліндр 2. Гідравлічний. Двосторонньої дії. Пропорційне керування.

Початкове положення – шток втягнуто

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3.1. Опис системи керування

Об'єкт автоматизації: система запресування і зварювання диску

Автоматизовані функції: відлік часу потрібний для нагріву системи(можлива робота по датчику температури), і накачування компресору послідовне повернення першого і другого циліндру в початкове положення при неполадках по кнопці

Засоби автоматизації:

- Таймери
- Реле
- Логічні елементи
- Датчики

Функції:

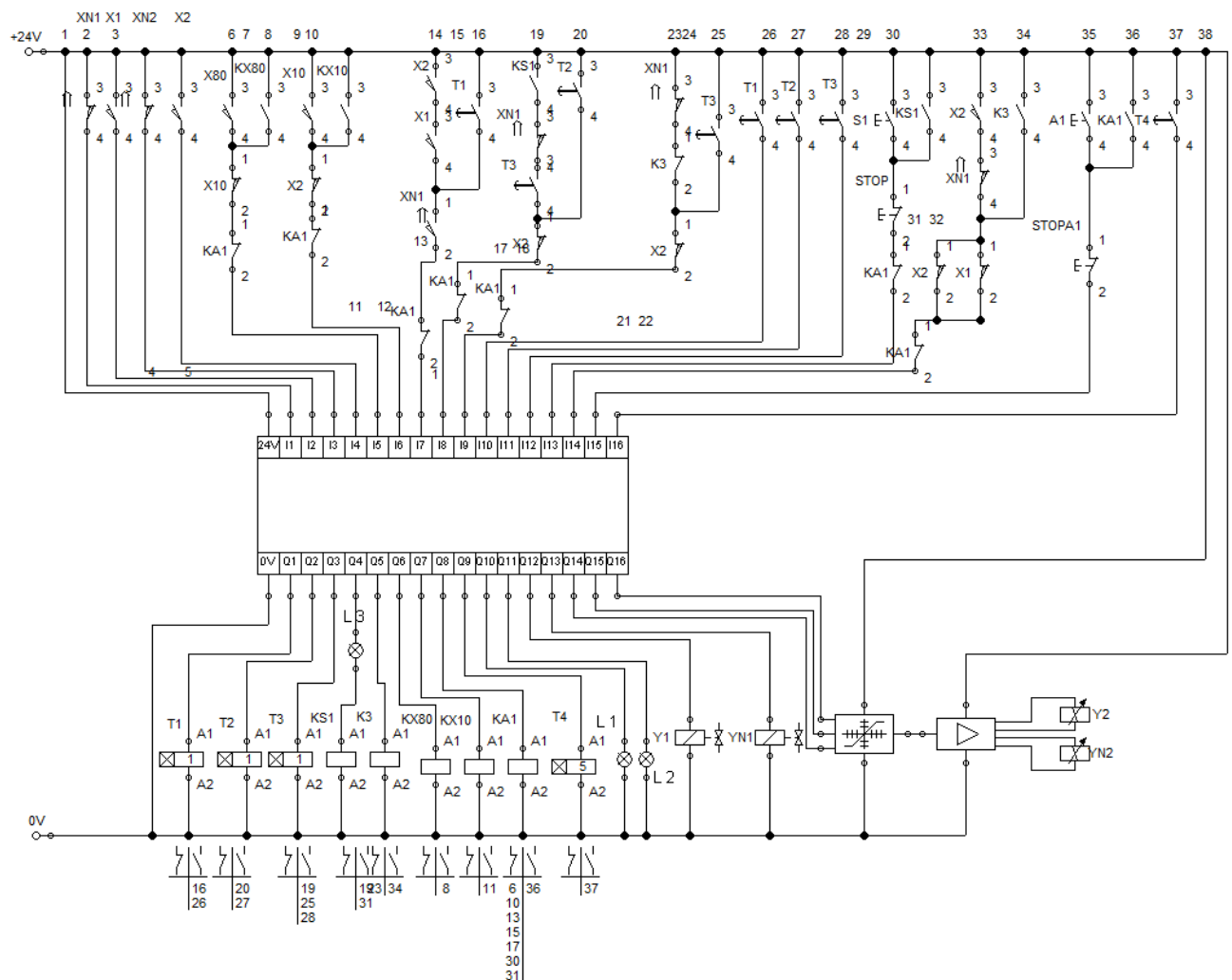
- Відслідковування часу на нагрів системи
- Повернення циліндрів в початкове положення при неполадках
- Безперервна робота системи
- Паузи на завантаження/відвантаження виробу

Рекомендації:

- 1.Перевіряти систему на візуальну справність
- 2.Увімкнути гідравлічну систему і компресор, давши системі нагрітися до робочої температури
- 3.Слідкувати за тим, щоб під час зварювання диск обертвся
- 4.Якщо виникли проблеми натиснути аварійну кнопку і перевірити систему на несправність
- 5.Слідкувати за своєчасною подачею дисків до маніпулятора при безперервній роботі системи

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Електро-релейна схема підключення до логічного реле:



Мал 3.1. Схема підключення елементів системи керування.

3.2. Опис роботи системи

Система працює на логічному реле, для початку роботи потрібно загрузити програму. Підключити систему і подати живлення, золотники виставляються в початкове положення, система починає прогріватися (на цей час встановлений таймер, також можна використовувати сигнал з датчику температури).

У системі присутні індикатори стану системи у вигляді світлових діодів, які сигналізують про режим роботи системи:

L1 – діод, який сигналізує про те, що система нагрілась і готова до роботи

L2 – діод, який сигналізує про аварійний режим

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

L3 – діод, сигналізує, що система працює в даний час

Також, в системі присутні таймери, які слугують правильній роботі алгоритму:

T1 – таймер на процес зварювання диску

T2 – таймер завантаження диску на платформу

T3 – таймер відвантаження диску з платформи

T4 – таймер на прогрів системи

Технологічний процес:

Натискання кнопки S1 запускає систему і система працює в автоматичному режимі поки ми не натиснемо кнопку STOP. Кнопка STOP не зупиняє систему миттєво, а дає системі допрацювати цикл і зупинитися.

По кнопці A1 система повертається в початкове положення, без допрацювання циклу (всі таймери і елементи пам'яті обнуляються). Спочатку повертається циліндр 1 і тільки тоді повертається циліндр 2, зроблено це для того, щоб не пошкодити стенд. Щоб, вийти з аварійного режиму потрібно натиснути кнопку STOPA1, після чого систему можна буде знову запустити.

Проблеми, які можуть виникнути:

Після натискання кнопки S1 система не працює. Потрібно перевірити підключення всіх елементів до контролера, а також перевірити чи горить діод L3 і чи не була натиснута аварійна кнопка.

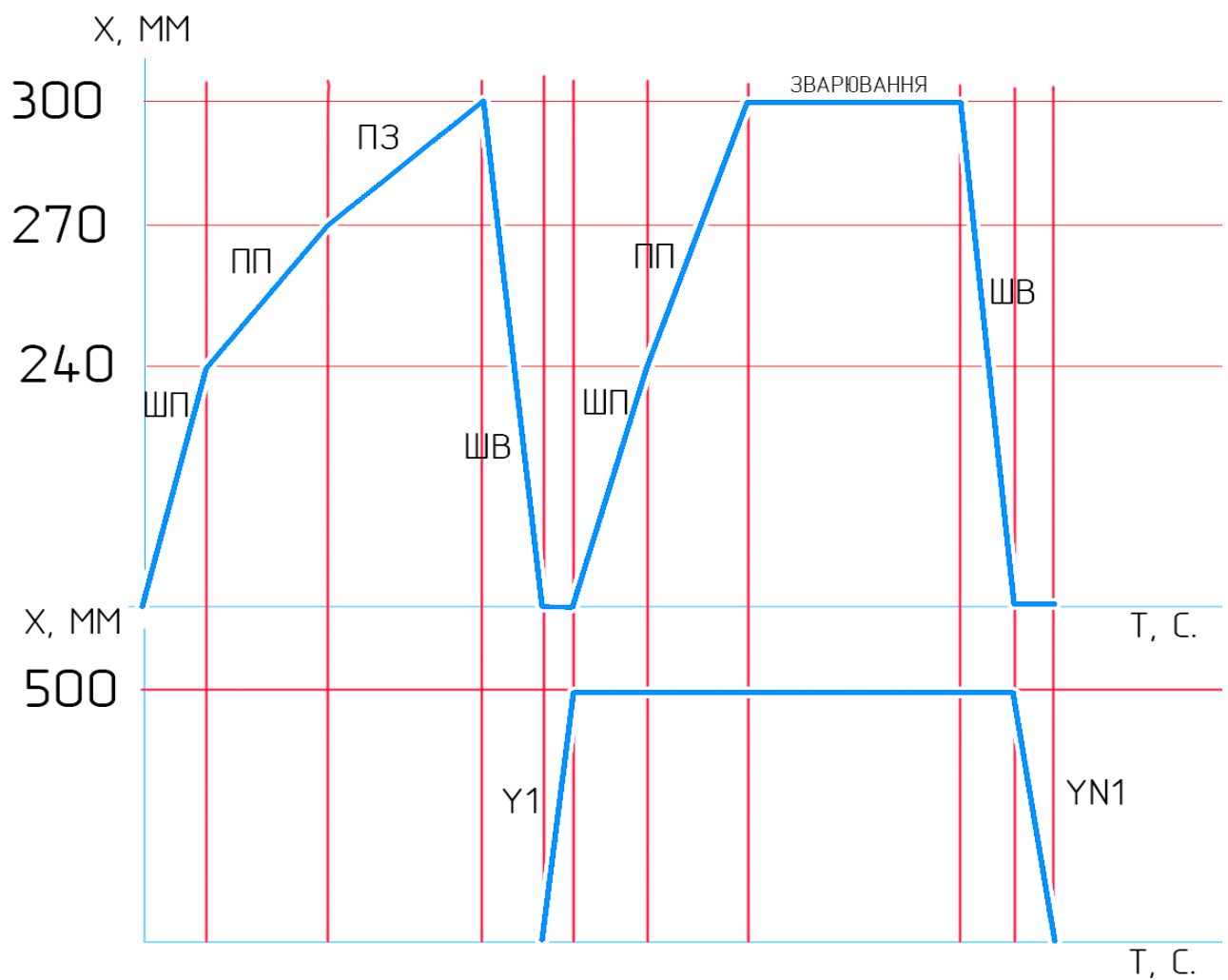
Якщо під час циклу система зупинилась, потрібно натиснути аварійну кнопку і перевірити справність і підключення всіх датчиків.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Опис циклу:

Дія	2			N2	1	2		N2	N1
Номер такту	1			2	3	4		5	6
Вид подачі	ШП	ПП	ПЗ	ШВ	РП	ШП	ПП	ШВ	РП
Швидкість м/хв	2	0,7	0,4	2	6	2	0,7	2	6
Проміжок ділянки, мм	0-240	240-270	270-300	300-0	0-500	0-240	240-300	300-0	500-0

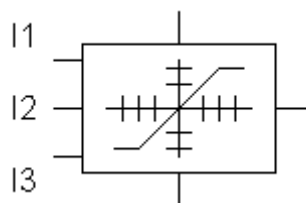
Таблиця 3.2. Цикли



Мал. 3.2.1. Циклограма циліндрів

3.3. Керування пропорційним клапаном:

Підключення до задатчику сигналів:



I1	I2	I3	Сигнал на магніт	Подача	W, В
0	0	0	Розподільник знаходиться в середньому положенні	немає	W1 = 0 В
1	0	0	Подається сигнал на магніт Y2	Швидкий підйом	W2 = 10В
1	1	0	Подається сигнал на магніт Y2	Повільне підведення	W4 = 3В
1	0	1	Подається сигнал на магніт Y2	Повільне запресування	W6 = 1В
0	1	0	Подається сигнал на магніт YN2	Швидке опускання	W3 = -10В

Робочий цикл:

Очікування на прогрів системи. Спрацювання таймеру на завантаження диску.

1 крок. Швидкий підйом циліндру 2. В проміжку від датчика XN2 до датчику X80.

2 крок. Повільне підведення циліндру 2. В проміжку від датчика X80 до датчику X10.

3 крок. Повільне запресування циліндром 2. В проміжку від датчика X10 до датчику X2.

4 крок. Швидке відведення циліндру 2. В проміжку від датчика X2 до датчику XN2.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		46

5 крок. Вмикання магніту Y1 і переміщення циліндру 1 на другу позицію. В проміжку від датчика XN1 до датчику X1.

6 крок. Швидкий підйом циліндру 2. В проміжку від датчика XN2 до датчику X80.

7 крок. Повільне підведення циліндру 2. В проміжку від датчика X80 до датчику X2.

8 крок. Спрацювання таймеру на зварювання диску.

9 крок. Швидке відведення циліндру 2. В проміжку від датчика X2 до датчику XN2.

10 крок. Вмикання магніту YN1 і переміщення циліндру 1 в початкове положення. В проміжку від датчика X1 до датчику XN1.

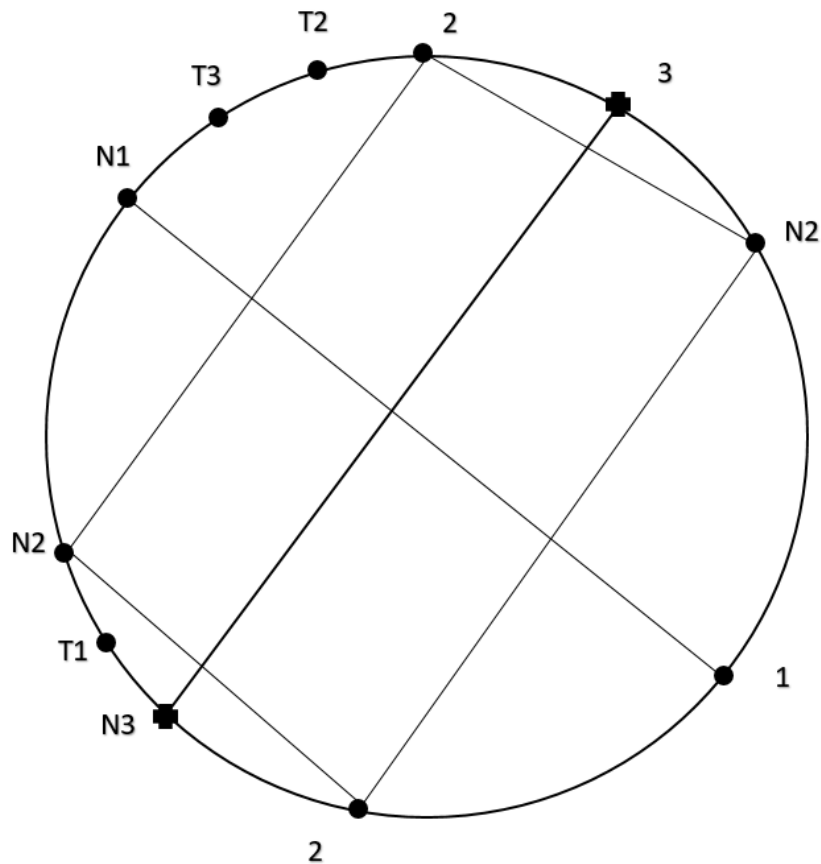
11 крок. Спрацювання таймеру на відвантаження виробу.

12 крок. Повторне спрацювання таймеру на завантаження.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3.4. Алгоритм керування системою приводів

Розроблюваний алгоритм керування системою створений за допомогою графу:



Згідно з графом в системі присутній елемент пам'яті під номером 3.

Складені рівняння за графом:

$$Y1 = XN2 * X3$$

$$YN1 = XN2 * XN3 + A1$$

$$Y2 = (XN1 * XN3 * T2 + X1 * X3)$$

$$YN2 = X3 * XN1 + XN3 * X1 * T1 + A1 * XN1$$

$$Y3 = X2P * XN1$$

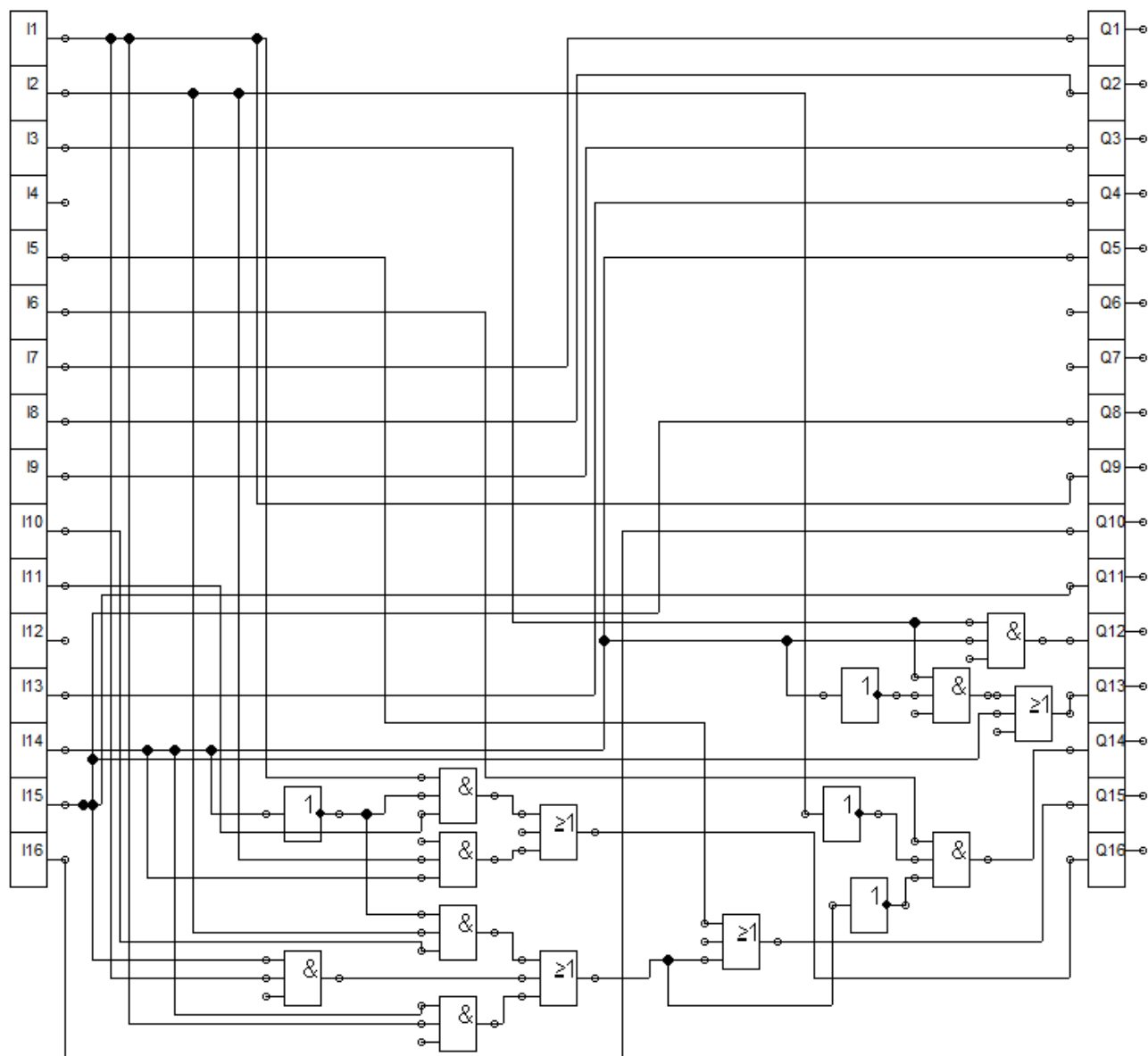
$$YN3 = X2 * X1$$

$$T1 = X2 * X1$$

$$T2 = S1 * XN1 * XN3 * T3$$

$$T3 = XN1 * XN3$$

Програма логічного реле:



Список входів логічного реле:

I1 – сигнал датчика XN1

I2 – сигнал датчика X1

I3 – сигнал датчика XN2

I4 – сигнал датчика X2

I5 – сигнал датчика X80

I6 – сигнал датчика X10

I7 – елемент пам'яті для таймеру 1

I8 – елемент пам'яті для таймеру 2

I9 – елемент пам'яті для таймеру 3

I10 – сигнал з таймеру 1

I11 – сигнал з таймеру 2

I12 – сигнал з таймеру 3

I13 – сигнал старту для системи(елемент пам'яті, кнопки S1 і STOP)

I14 – сигнал від елементу пам'яті 3. Наявність сигналу означає X3, відсутність – XN3

I15 – сигнал аварійного повернення циліндрів в початкову позицію. (елемент пам'яті, кнопки A1 і STORA1)

I16 – сигнал з таймеру 4

Список виходів логічного реле:

Q1 – реле таймеру 1

Q2 – реле таймеру 2

Q3 – реле таймеру 3

Q4 – реле для кнопки старту S1 і діод L1

Q5 – реле елементу пам'яті K3

Q6 – реле елементу пам'яті для датчику X80

Q7 – реле елементу пам'яті для датчику X10

Q8 – реле аварійного режиму(кнопка A1)

Q9 – реле таймеру 4

Q10 – вихід на діод L1

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		50

Q11 – вихід на діод L2

Q12 – електромагнітний клапан Y1

Q13 – електромагнітний клапан YN1

Q14 – вихід на контакт задатчику сигналів I3

Q15 – вихід на контакт задатчику сигналів I2

Q16 – вихід на контакт задатчику сигналів I1

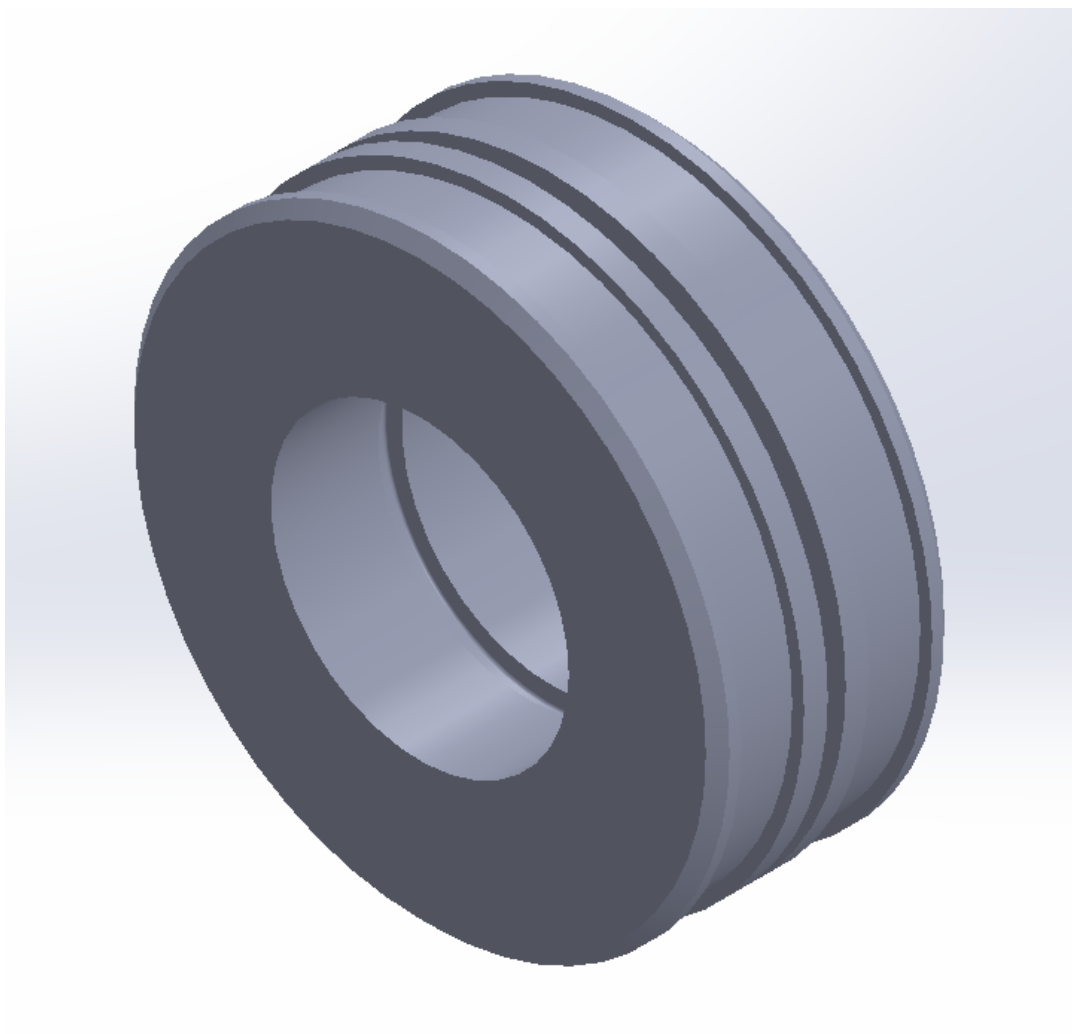
3.5. Висновок до розділу 3

В даному розділі було розроблено принципову електричну схему, створена програма для керування приводами на основі логічного реле. Обрано основні налаштування роздатчика і пропорційного клапану.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		51

Розділ 4. Технологія виготовлення деталі поршень

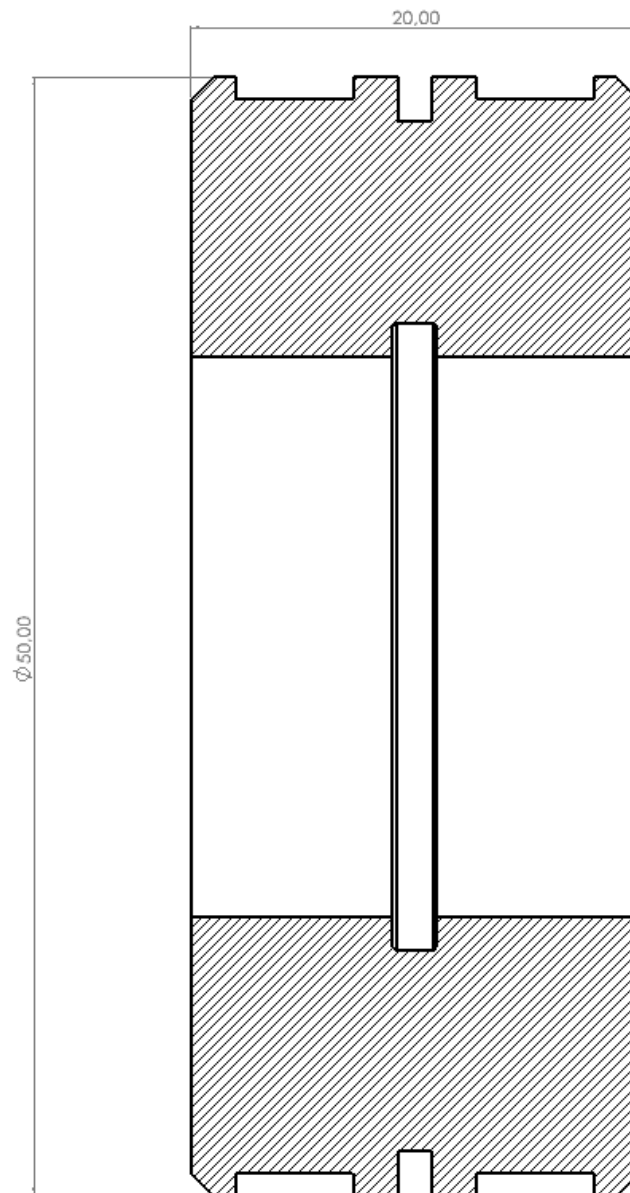
В даному розділі буде розроблений технологічний процес виготовлення деталі поршень, підбрано стандартне обладнання і робочі інструменти, а також буде розраховано приблизний час виготовлення однієї деталі. Розрахунок проведемо враховуючи величину партії в 500 деталей.



Мал. 4.0.1. Поршень

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

4.1. Вибір заготовки



Мал. 4.1. Лінійні розміри деталі

Лінійні розміри нашого виробу 50*20. Для виготовлення поршня обираємо вуглецеву сталь. Оброблення відбуватиметься на токарному станку з програмним управлінням.

Заходимо на сайт металобази і знаходимо потрібну нам заготовку:

<https://metal-holding.ua/ru/cernyj-metall/krug-st/krug-52-st45>

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Характеристики:

Матеріал – сталь 45

Довжина одного сталюого кругу – 3м

Вага 1м. – 17.17 кг

Ціна одного кругу – 2418 грн

З одної заготовки можна виготовити 149 деталей, тоді для того, щоб виготовити 500 деталей потрібно закупити 4 заготовки.

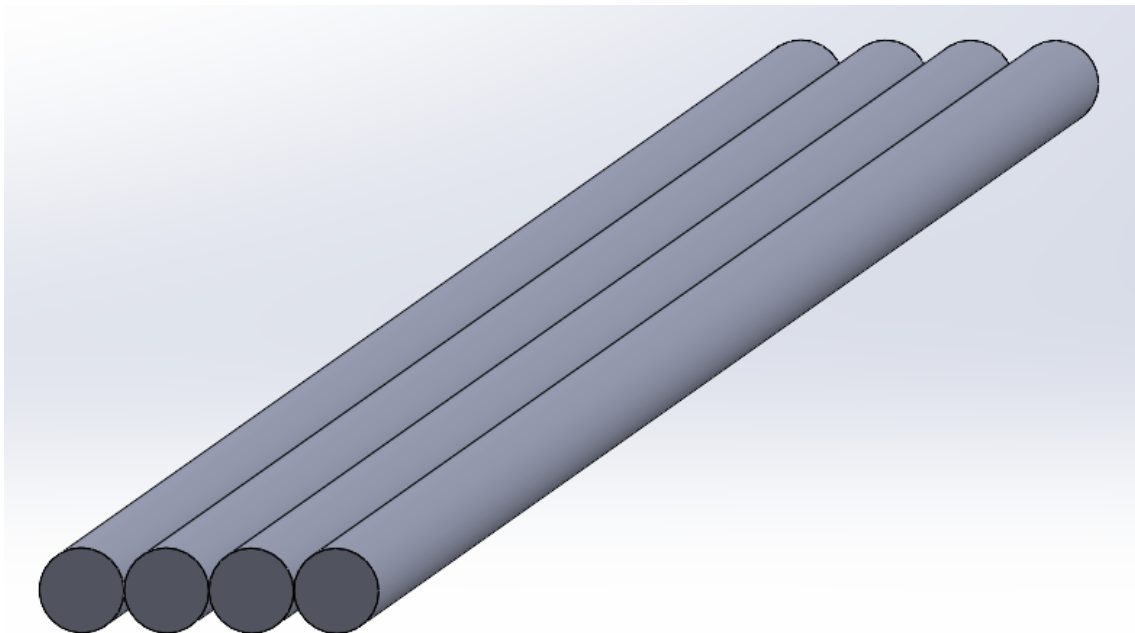
Знаходимо вагу одного круга:

$$17,17\text{кг} \cdot 3\text{м} = 51,51 \text{ кг}$$

Ціна 4 прутів – 9672 грн

Вага 4 прутів – 206,04 кг

Для обрахунку ціни доставки потрібно знати розміри 4 прутів. Нехай ці 4 пруту лежатимуть в ряд, тоді розміри такої доставки будуть складати 300*20*5 см.



Мал. 4.1.2. Розміщення прутів при доставці

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахунок доставки:

Розрахункова вартість доставки

Послуга	Сума
Вартість перевезення 1,290.00 ... 1,890.00грн	
• Адреса-Адреса	1,890.00 грн
• Адреса-Відділення	1,590.00 грн
• Відділення-Відділення	1,290.00 грн
• Відділення-Адреса	1,590.00 грн

Разом: 1,290.00 ... 1,890.00грн *

У тому числі ПДВ

Не втрачайте час

Оформіть заявку на виклик кур'єра

Оформіть накладну для передачі відправлення

Виклик кур'єра

Мобільний додаток

АБО

В особистому кабінеті

Зверніть увагу! При створенні накладної з відправкою з "Адреси" заявка на Виклик кур'єра створюється автоматично

* Остаточна вартість перевезення може відрізнятись від розрахованої

Терміни доставки

✓ Маршрут

Місто-відправник

Місто-одержувач

м. Київ, Київська обл

м. Черкаси, Черкасы

Вид відправлення

Посилки

Характеристика місць

Кількість	Оголошена вартість	Вага	Довжина	Ширина	Висота
1	9672	206.04 кг	300	20	5 см

Додати місце

Послуга "Пакування"

Тарифи пакування

Послуга "Підйом на поверх"

кількість поверхів

Ліфт

Послуга "Зворотна доставка"

Розрахувати вартість

Очистити

Мал. 4.1.3 Розрахунок ціни доставки

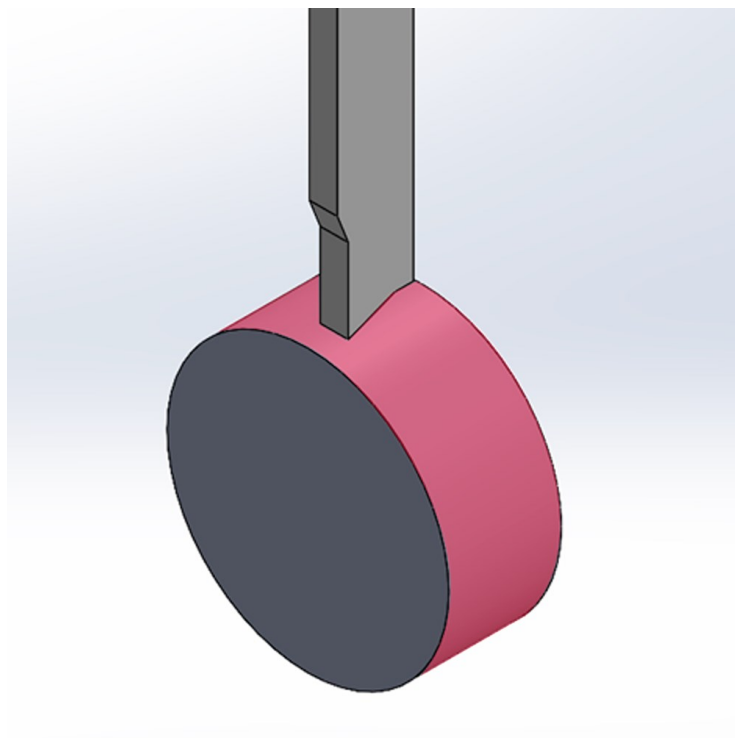
Отже, кінцева ціна такого замовлення буде $9672 \text{ грн} + 1890 \text{ грн} = 11562 \text{ грн}$

4.2. Розробка маршрутного технологічного процесу

Спочатку прут нарізається на 149 однакових частин, потім заготовка затискається в токарному патроні і починається оброблення деталі.

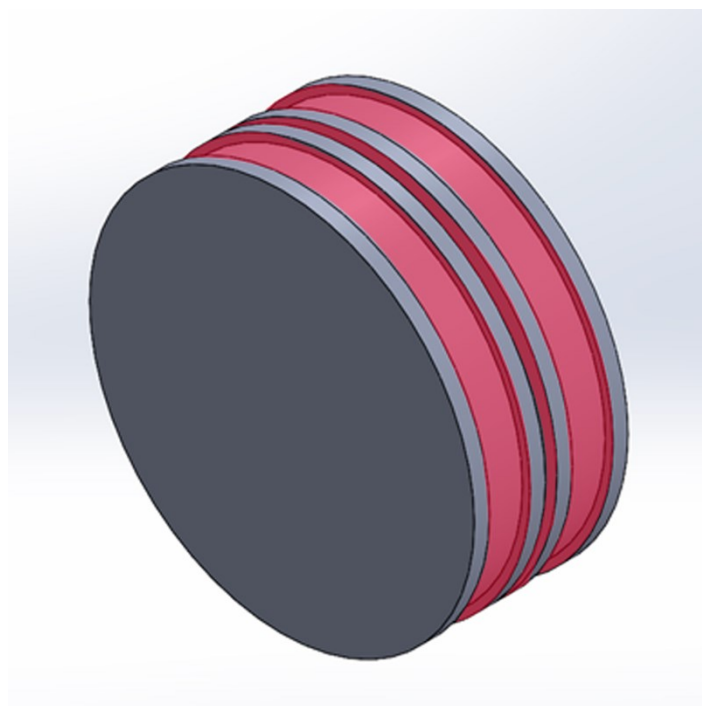
Технологічний процес:

1. Перша токарна обробка



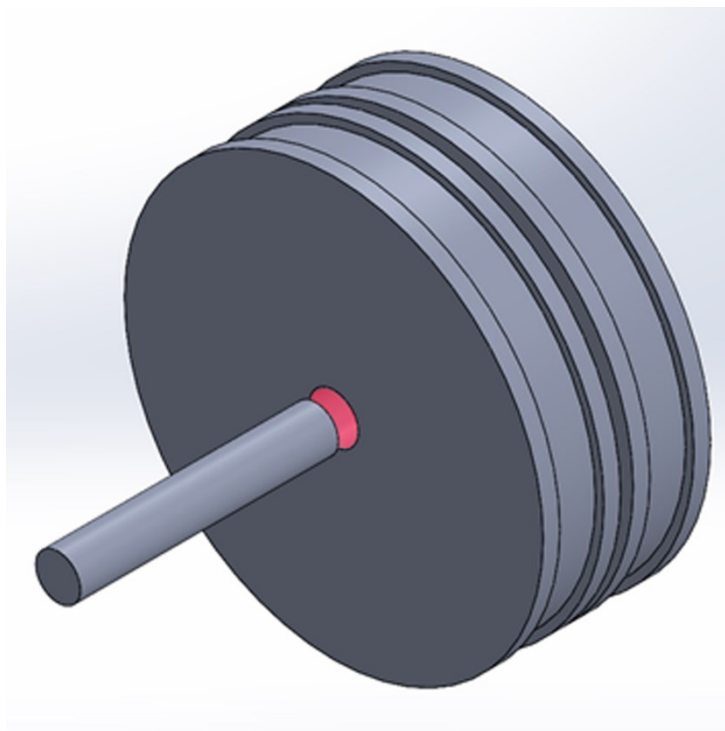
Мал. 4.2.1. Токарна обробка

2. Друга токарна обробка



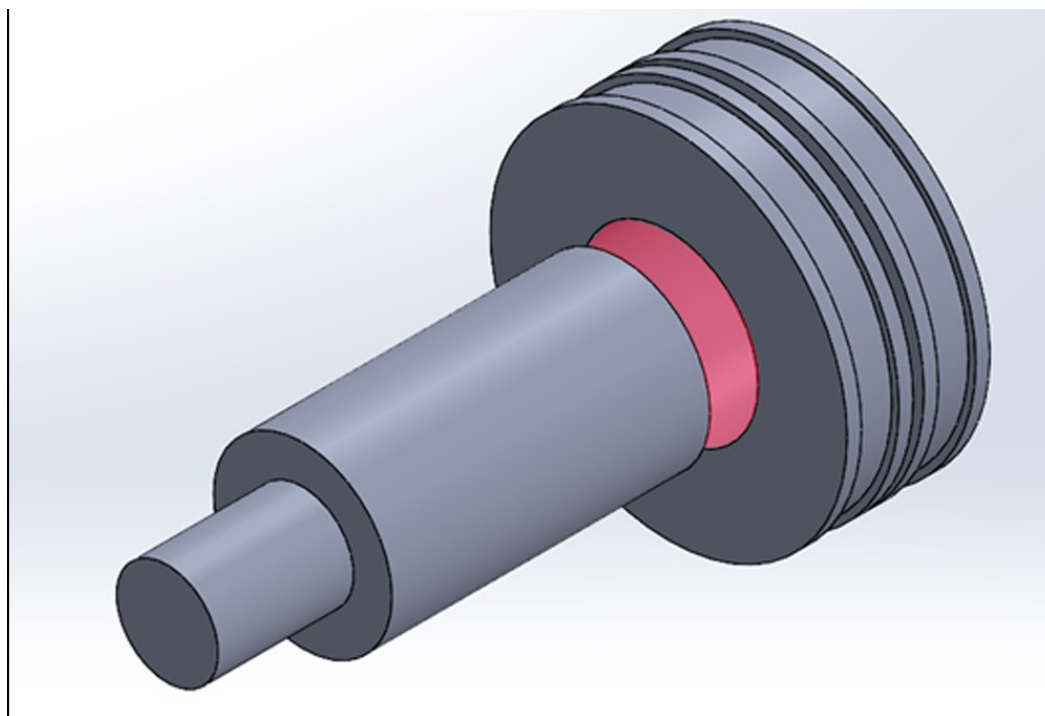
Мал. 4.2.2. Друга токарна обробка

3. Свердління центрувального отвору



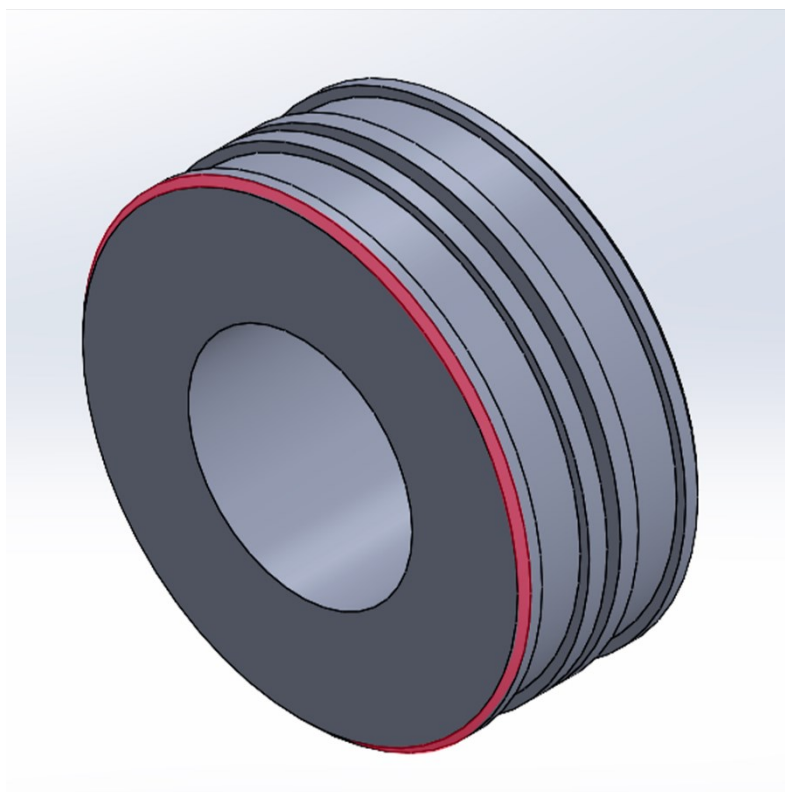
Мал. 4.2.3. Свердління центрувального отвору

4. Свердління отвору



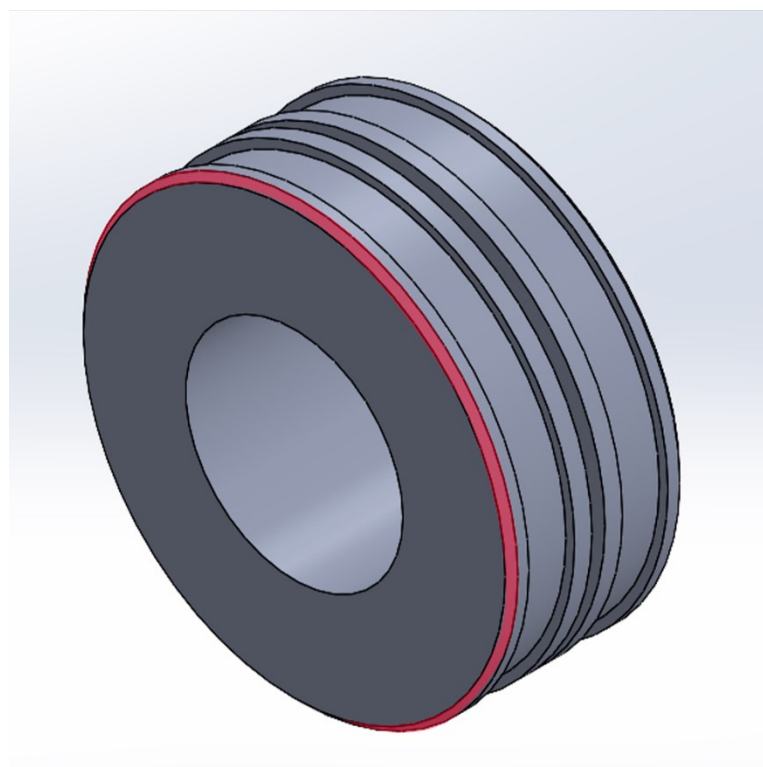
Мал. 4.2.4. Свердління отвору

5. Перша фрезерна обробка



Мал. 4.2.5. Фрезерування 1

6. Друга фрезерна обробка(внутрішня канавка)



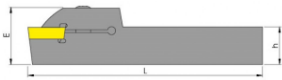
Мал. 4.2.6. Фрезерування канавки

Готовий виріб шліфується з точністю 0,02мм і після цього за допомогою концентрованого миючого засобу деталь очищується.

Поверхня	Технологічна послідовність	Точність розмірів в ІТ	Шорсткість
Кругла поверхня	Точіння 1	14	3,2
Канавки	Точіння 2	0,02 мм	1,6
Внутрішній отвір	Центрувальне свердління	0,9 мм	3,2
Внутрішній отвір	Свердління	0,2 мм	1,6
Фаски	Фрезерування 1	0,03 мм	3,2
Канавка всередині	Фрезерування 2	0,03 мм	3,2

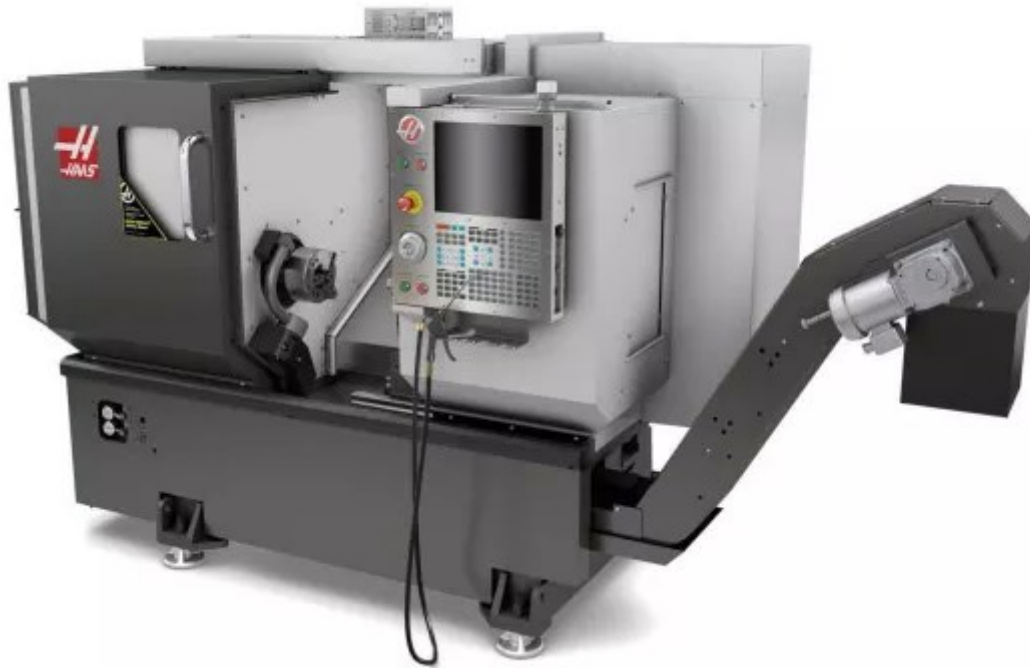
Таблиця 4.2 Технологічна послідовність поверхонь заготовки

4.3 Вибір різального інструменту

Операція	Інструмент	Розмір D	Артикул
Точіння 1 	Різець	20 мм	ВКTR-ЖК-2020-5С-Т20
Точіння 2 	Різець	20 мм	ВКTR-ЖК-2020-5С-Т20
Центрування 	Свердло	5 мм	HRC55
Свердління 	Кінцева фреза	25мм	P6M5K5
Фрезерування 1 	Фреза	40 мм	C40-90
Фрезерування 2 	Фреза	2 мм	DF2-KT3-S

4.4. Вибір верстатного обладнання

Для оброблення деталі поршень виберемо токарний верстат з програмним управлінням подачі.



Мал. 4.4. Горизонтально – токарний верстат HAAS ST-15

Характеристики:

Переміщення по осі X	200 мм
Переміщення по осі Z	406 мм
Розмір патрона	210 мм
Найбільший діаметр прутка	64 мм
Максимальний діаметр деталі, що встановлюється	419 мм
Максимальний діаметр обробки	356 мм
Максимальна швидкість	4000 об./хв
Максимальний крутний момент (зі швидкістю 500 об / хв)	203 Нм
Максимальна потужність	14,9 кВт
Торець шпинделя	A2-6

4.5. Розрахунок режимів різання

Обчислюємо технологічний час за формулою:

$$T = \frac{l+l_1}{n \cdot S}$$

де l – довжина поверхні, яка оброблюється, l_1 - довжина переходу інструменту,
 n - частота обертів шпинделя, S - подача шпинделя на один оберт

Точіння 1:

$$T = \frac{20+0}{4000 \cdot 0,4} = 12,5 \text{ с.}$$

Точіння 2:

$$T = \frac{20+8}{4000 \cdot 0,4} = 17,5 \text{ с.}$$

Центрування:

$$T = \frac{5+0}{4000 \cdot 0,4} = 3,125 \text{ с.}$$

Свердління:

$$T = \frac{20+0}{4000 \cdot 0,4} = 12,5 \text{ с.}$$

Фрезерування 1:

$$T = \frac{1 \cdot 2+0}{4000 \cdot 0,4} = 1,875 \text{ с.}$$

Фрезерування 2:

$$T = \frac{1,5+2}{4000 \cdot 0,4} = 2,188 \text{ с.}$$

Загальний час обробки $T = 49,688 \text{ с.}$

Для виготовлення 500 деталей потрібно затратити 7 годин

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

4.6. Висновок до розділу 4

В даному розділі було розроблено технологічний процес виготовлення деталі поршень з розрахуванням приблизного часу виготовлення однієї деталі. Визначено загальну ціну замовлення заготовок, підібрано різальні інструменти і верстатне обладнання.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		62

Розділ 5. Охорона праці

Охорона праці є важливою частиною безпеки і здоров'я працівників на будь-якому виробництві. Експлуатація виробничого устаткування вимагає низку вимог від працівників для безпечної роботи на виробництві і уникнення не бажаних наслідків.

Для контролю безпечної праці на підприємстві повинна бути присутня служба охорони праці, яка буде диктувати правила по охороні праці і слідкувати за правильним виконанням цих правил.

Темою роботи є «Пневмогідравлічна система для автоматичного запресування і зварювання штампованих автомобільних дисків», тому у даному розділі ми розглянемо основні вимоги до безпечної експлуатації системи, враховуючи всі можливі наслідки при роботі з гідравлічними і пневматичними системами, а також з допоміжними частинами.

5.1. Загальні правила роботи з системою

Перед роботою з системою, оператор повинен пройти відповідний інструктаж з безпеки експлуатації. Перед запуском системи оператор повинен перевірити всі частини устаткування на наявність несправностей чи пошкоджень. Під час роботи системи працівник повинен слідкувати за правильним виконанням циклу. В разі виникнення проблем натиснути аварійну кнопку або вимкнути живлення системи в залежності від ситуації.

При експлуатації устаткування заборонено:

- Поміщати руки на частини, які переміщуються
- Дивитися на процес зварювання без захисних окулярів чи маски
- Відкривати будь-які кришки або щитки під час роботи системи
- Залишати систему без нагляду
- Передавати нагляд за системою непроінструктованому персоналу

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		63

5.2. Характеристика приміщення

Наше устаткування буде знаходитися у великому цеховому приміщенні, де окрім нього буде знаходитися ще багато іншого устаткування, тому для безпечних умов роботи з системою потрібно забезпечити достатню відстань між нашим устаткуванням та іншими частинами виробництва.

В приміщенні буде переважати штучне освітлення. Для роботи з системою високих вимог до освітлення не вимагається, тому буде достатньо штатного освітлення в цеху.

Основні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень описані в документі ДСН 3.3.6.042-99

5.3. Робота з системами високого тиску

Гідравлічна система, яка була розроблена в дипломному проекті працює з рідиною під високим тиском. Розрив трубопроводу чи зрив різьби може причинити серйозні травми робітникам, які знаходяться поблизу устаткування. Під високим тиском труба, яка розірвалась має достатньо велику силу, так як і частини системи, які можуть відірватися і летіти з високою швидкістю.

Перед запуском системи потрібно перевірити всю систему на цілісність і справність окремих частин і впевнитись що:

- Всі трубопроводи не мають пошкоджень
- Окремі частини агрегату справні
- На частинах, які рухаються не присутні зайві предмети
- Ніхто з працівників не знаходиться занадто близько до частин агрегату

Запускати систему оператору потрібно на безпечній відстані від агрегату для зменшення ризиків отримати травми в разі несправності.

Будь-які ремонтні роботи з системою потрібно проводити впевнившись, що система знеструмлена і в ній немає тиску, тільки так можливо попередити можливі небезпечні наслідки. Вимоги до роботи з гідравлічними системами відповідно до ДСТУ EN ISO 4413:2018

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		64

5.4. Пожежна безпека

Наша гідравлічна система працює з підібраним мастилом HLP 46, яке має четвертий клас небезпеки і третій клас небезпеки у вигляді туману.

Гідравлічне мастило заборонено зливати в ґрунт, водойми і каналізації.

Приміщення де відбувається експлуатація виробничого устаткування повинне бути обладнане місцями для встановлення вогнегасників. Вибір вогнегасників залежить від розміру приміщення, виду устаткування, яке використовується і класу горючих матеріалів, які поділяються на:

Клас А — горіння твердих речовин органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (текстиль, деревина, папір)

Клас В — горіння рідких речовин або твердих речовин, які мають властивість плавитися

Клас С — горіння газоподібних речовин

Клас D — горіння будь-яких металів

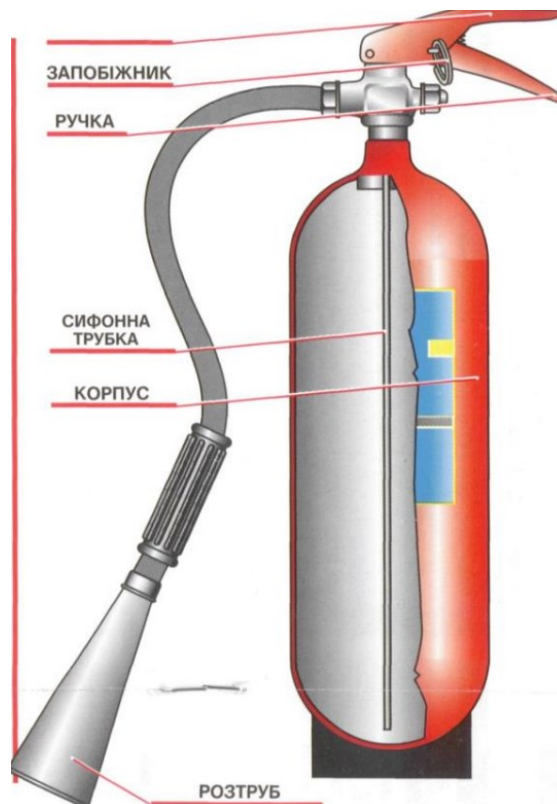
Клас Е — горіння електричного обладнання

Всі працівники виробництва повинні знати, як правильно користуватися вогнегасником.

Алгоритм використання повинен бути таким:

- Зірвати пломбу
- Зняти чеку
- Стати безпосередньо перед займанням на безпечній відстані
- Кінець шлангу вогнегаснику направити на осередок пожежі, на відстані не менше 1,5 м.
- Відкрити подачу вмісту вогнегаснику і почати гасіння

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



Мал. 5.4. Основні елементи вогнегаснику

Основні рекомендації при експлуатації вогнегасника:

- Не потрібно триматися за розтруб вуглекислотного вогнегасника голими руками, оскільки суміш при виході охолоджується до -70°C , тому перед гасінням потрібно одягнути рукавиці
- Забороняється гасити вуглекислотним вогнегасником одяг на людині який горить, тому що такий вогнегасник може обморозити оголену шкіру на людині.
- Під час гасіння вогнегасником бажано затримувати дихання для меншої шкоди вашим легеням

Вимоги до способів забезпечення пожежної безпеки відповідно до ДСТУ 8828:2019

5.5. Електрична небезпека

Електричне обладнання системи може бути небезпечним для працівників, якщо не дотримуватися правильних умов експлуатації.

Необхідно перевіряти цілісність проводки і ізоляції на предмет пошкоджень.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Всі передбачені кришки електрообладнання повинні бути закриті і не ушкоджені. Потрібно слідкувати за тим, щоб електрообладнання не контактувало з будь-якою вологістю для запобігання короткого замикання.

До роботи по ремонту чи переобладнанню електрообладнання допускаються працівники, які мають відповідні навички і отримали дозвіл.

Для виключення ураження током працівників виробництва устаткування повинно бути заземленим і обладнаним за вимогами ДСТУ Б В.2.5-82:2016.

5.6. Висновок до розділу 5

В даному розділі ми розглянули загальні правила роботи з системою запресування і зварювання дисків, охарактеризували приміщення в якому буде працювати устаткування, описали небезпеки роботи з системами високого тиску, розглянули основні положення щодо пожежної безпеки.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		67

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті було розглянуто основний процес виготовлення штампованих автомобільних дисків, виявлено недоліки на етапі зварювання і запресування. Розглянуто основні технічні рішення для запресування центрів.

При виконанні роботи було розроблено принципову гідравлічну схему з циліндром, який виконує функцію запресування і піднімання диску для зварювання. Створено алгоритм керування системою для автоматичної безперервної роботи з врахуванням недоліків простіших систем. Написано програму для логічного реле з функцією аварійного повернення і індикацією режимів роботи системи.

В розділі технології машинобудування було розроблено технологію виготовлення деталі поршень, підібрано обладнання і інструменти, прораховано час виготовлення партії в 500 шт.

Описано основні вимоги з охорони праці для безпечного користування розробленим виробничим устаткуванням.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до курсового проекту за курсом «Проектування об'ємних гідроприводів» для студентів з фаху «Гідравлічні і пневматичні машини» (Укладач В. К. БУСЛОВ – Київ, НТУУ «КП», 2008 – 80 с.)

2. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних роботах освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр" для студентів ІХФ для усіх спеціальностей, усіх форм навчання / Уклад.: Г.В. Демчук, А.І. Ковтун- К.: НТУУ «КП», 2014- 16 с.

3. Сервіс для ознайомлення з нормативними документами:

<http://online.budstandart.com/ua>

4. Класи пожеж:

<https://oppb.com.ua/news/klasy-pozhezh>

5. Розрахунок пневмоциліндрів:

<https://studfile.net/preview/5198384/page:3/>

6. Правила користування вогнегасниками:

<https://ukrainska-gromada.gov.ua/rv-gu-dsns/pravyla-korystuvannya-ta-ekspluatacziyi-vognegasnykamy.html>

7. Каталог токарних інструментів:

<https://ocean.biz.ua>

8. Каталог металорізального інструменту:

<https://alb.com.ua/ua/g12376118-metallorezhushchij-instrument>

9. Каталог фрез:

<https://gefestplus.com/ua/g16629123-frezy>

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

10. Каталог верстатного обладнання:

<https://abplanalp.ua/verstati-chpu/>

11. Гідравлічний прес HWP 100:

<https://bernardo-ukraine.com/ua/p730277782-hwp-100-press.html>

12. Гідравлічний прес 100 TON Cormak:

<https://stanmaster.com.ua/ua/p1165201323-gidravlicheskij-press-100.html>

13. Гвинтовий компресор з ремінним приводом HB-15A:

<https://stancomplect.com.ua/uk/vintovoj-kompessor-hb-15a-proizvoditelnost-1-3-min-davlenie-10-bar>

14. Мастило HLP 46:

<https://megarost.prom.ua/ua/p1295307261-gidravlichesкое-maslo-hlp.html>

15. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів з дисципліни з дисципліни «Об'ємний гідропривод, ч.2» для студентів напряму підготовки 6.050502 Інженерна механіка спеціальності 7/8.05050205 Гідравлічні машини, гідропривод та гідропневмоавтоматика / Укладачі Ганпанцурова О.С., Губарев О.П. – К.: Електронне видання, 2013. – 7 с.

16. Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчет пневмоприводов. Справочное пособие. М., «Машиностроение», 1975.

17. Робочие жидкости систем гидропривода / В. А. Трофимов, О. М. Яхно, А. П. Губарев, Р. И. Солонин. – Киев: НТУУ "КПИ", 2009. – 184 с.

18. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика: Підручник В. О. Федорець, М. Н. Педченко, В. Б. Струтинський та ін. За ред. В. О. Федорця. — К.: Вища школа, — 1995. — 463 с.

19. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов/ Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. — 2-е изд., перераб. — М.: Машиностроение, 1982.

		Ситник І.А.			ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		70

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення			Найменування		Кількість листів	Примітка
1	A4	ДПБ.МА9212.00.00.00 ПЗ			Пояснювальна записка		71	
2	A3	ДПБ.МА9212.00.00.00 ГЗ			Схема гідравлічна принципова		1	
3	A3	ДПБ.МА9212.00.01.00 СК			Гідроциліндр складальне креслення		1	
4	A4	ДПБ.МА9212.00.01.00			Специфікація		1	
5	A3	ДПБ.МА9212.00.01.01			Гільза		1	
6	A3	ДПБ.МА9212.00.01.02			Кришка		1	
7	A4	ДПБ.МА9212.00.01.03			Поршень		1	
8	A3	ДПБ.МА9212.00.01.04			Шток		1	
9	A3	ДПБ.МА9212.00.02.00 ЕЗ			Схема електрична принципова		1	
10	A3	ДПБ.МА9212.00.03.00 ЗВ			Загальний вигляд		1	
11								
12								
13								
14								
15								