

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ І МЕХАНОТРОНІКИ

«На правах рукопису»
УДК 62-522.2_____

До захисту допущено:

В.о.завідувача кафедри ПГМ
_____ Олег ЛЕВЧЕНКО
“ ” _____ 2024 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані
механічні системи»**

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Дидактичний стенд об'ємної гідروпередачі _____

Виконав : студент 2 курсу, групи МА-21мп
(шифр групи)

Соломченко Михайло Юрійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник к.т.н., доцент Гришко Ігор Анатолійович _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н., доц. Кореньков В. М. _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, , прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2024 рік

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

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри ПГМ

_____ Олександр ЛУГОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Соломченку Михайлу Юрійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Дидактичний стенд об'ємної гідропередачі _____

науковий керівник дисертації Гришко Ігор Анатолійович к.т.н., доцент __,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «03» листопада 2023 р. №5127-с

2. Термін подання студентом дисертації: 28.12.2023 _____

3. Об'єкт дослідження: об'ємна гідропередача _____

4. Вихідні дані: $P_{\text{ном}} = 125 \text{ Бар} = 12,5 \text{ МПа}$, $Q_{\text{ном}} = 50 \text{ л/хв.}$ _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: розглянути усі можливі варіанти подібних схем, спираючись на розглянуті схеми розробити свою, провести всі необхідні гідравлічні розрахунки, розробити технологію виготовлення деталей з даного стенду, написати безпечну експлуатацію та обслуговування даного об'єкта, розробити стартап проект. _____

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: схема гідравлічна принципова, електро-схема, перевірка адекватності роботи стенду, вигляд загальний стенду, складальне креслення рамки верхньої, складальне креслення рамки нижньої, монтажна плита, складальне креслення станини, складальне креслення каркасу баку, складальне креслення баку, кришка насосної стнції, фланець для монтажу двигуна з насосом, а також все деталювання насосної станції та станини. _____

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологія машинобудування	Кореньков В.М., к.т.н., доцент кафедри ТМ		

9. Дата видачі завдання 07.09.2022 _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
	Видача завдання	07.09.2022	
	Огляд та розробка власної гідравлічної схеми	11.09.2022-09.11.2022	
	Розробка електро-схеми	09.11.2022-15.12.2022	
	Проведення гідравлічних розрахунків та підбору апаратури	15.12.2022-25.01.2023	
	Розробка 3д моделі стенду	25.01.2023-27.04.2023	
	Деталювання та оформлення креслень	27.04.2023-25.06.2023	
	Перевірка адекватності роботи стенду	25.06.2023-28.07.2023	
	Розробка технології виготовлення деталі	28.07.2023-20.08.2023	
	Написання безпечної експлуатації об'єкта	20.08.2023-15.09.2023	
	Розробка стартап проекту	15.09.2023-17.10.2023	
	Оформлення магістерської дисертації	17.10.2023-19.11.2023	
	Виправлення та внесення правок	19.11.2023-25.12.2023	

Студент

Михайло Соломченко

Керівник

Ігор Гришко

Пояснювальна записка до магістерської дисертації

на тему: Дидактичний стенд об'ємної гідропередачі _____

Реферат

В даній магістерській дисертації буде розроблено дидактичний стенд об'ємної гідропередачі. Даний стенд розробляється в начальних цілях, а саме для лабораторних досліджень. До даного стенду буде розроблена уся необхідна технічна документація по якій можна виготовити даний стенд. А саме гідравлічна принципова схема, електро-схема для керування даним стендом, загальний вигляд стенду, складальне креслення насосної станції відповідно з усім деталюванням до неї, та складальне креслення станини зі всім деталюванням необхідних деталей до неї. Відповідно по всім кресленням буде розроблено 3д модель станини на якій буде розміщуватися насосна станція та вся необхідна гідравлічна апаратура, і компонент по імітації навантаження, та для більш наглядного розуміння та представлення даної розробки буде розроблено 3д модель самого стенду. Також буде проведена перевірка адекватності роботи схеми в програмному середовищі FLUID SIM, ще буде розроблена технологія виготовлення певної деталі, розробиться безпечна експлуатація та обслуговування об'єкта, і як заключний момент буде розроблено стартап проект.

Мета розробки такого стенду це показати більш широкі можливості пропорційної гідравліки, а саме пропорційних клапанів. Ціль що переслідується в даній розробці то це показати та дослідити стабілізацію обертів на валу гідромотора не зважаючи на прикладене навантаження. Така розробка зумовлена тим щоб поповнити навчальні лабораторії більш сучасними стендами. А саме стендами з пропорційною гідравлікою так як подібних стендів лічені одиниці в лабораторіях.

Дана розробка буде корисною не лише для лабораторних досліджень, а навіть в впровадженні даної схеми в промисловість на певні підприємства в яких присутні конвеєри що переміщують вантажі різної ваги. Така розробка буде давати можливість автоматизувати конвеєри які переміщують різні вантажі, так як на більшій часті конвеєрів це робиться вручну оператором конвеєра змінюючи ті чи інші характеристики в системі за допомогою зміни положень ручок керування дроселів або клапанів.

ДИДАКТИЧНИЙ СТЕНД, ПРОПОРЦІЙНІ КЛАПАНИ, ПРОПОРЦІЙНА ГІДРАВЛІКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ.

Abstract

In this master's thesis, a didactic bench of volumetric hydraulic transmission will be developed. This stand is developed for initial purposes, namely for laboratory research. All the necessary technical documentation will be developed for this stand, according to which this stand can be manufactured. Namely, the hydraulic schematic diagram, the electrical diagram for controlling this stand, the general view of the stand, the assembly drawing of the pump station with all the details for it, and the assembly drawing of the bed with all the detailing of the necessary parts for it. Accordingly, according to all the drawings, a 3D model of the bed will be developed on which the pumping station and all the necessary hydraulic equipment, and a load simulation component will be placed, and for a better understanding and presentation of this development, a 3D model of the stand itself will be developed. The adequacy of the circuit operation in the FLUID SIM software environment will also be checked, the manufacturing technology of a certain part will be developed, the safe operation and maintenance of the object will be developed, and as a final point, the startup project will be developed.

The purpose of developing such a stand is to show the wider possibilities of proportional hydraulics, namely proportional valves. The goal pursued in this development is to show and investigate the stabilization of revolutions on the shaft of the hydraulic motor regardless of the applied load. This development is due to the fact that educational laboratories will be supplemented with more modern stands. Namely, stands with proportional hydraulics, as units of such stands are counted in laboratories.

This development will be useful not only for laboratory research, but even in the implementation of this scheme in industry at certain enterprises in which there are conveyors that move loads of different weights. Such a development will make it possible to automate conveyors that move various loads, as on most conveyors this is done manually by the conveyor operator, changing certain characteristics in the system by changing the positions of the control knobs of throttles or valves.

DIDACTIC STAND, PROPORTIONAL VALVES, PROPORTIONAL HYDRAULICS, AUTOMATION.

Зміст

Вступ	8
1 Огляд та обґрунтування вибору схеми	10
2 Опис схеми, що пропонується	15
3 Гідравлічні розрахунки.....	23
4 Технологія виготовлення деталі фланець для монтажу порошкового гальма з гідромотором	72
5 Безпечна експлуатація та обслуговування об'єкта.....	105
6 Стартап проект.....	111
Висновки	118
Список використаної літератури	119

					МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ				
Змн.	Арк	№ Докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Соломченко М. Ю.			Дидактичний стенд об'ємної гідропередачі		Лист	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Гришко І. А.						7	120
Реценз.							КПІ ім. І. Сікорського ММІ МА-21мп		
Н. Контр.									
Затверд.									

Вступ

Теперешню сучасну та модернізовану техніку важко уявити без будь-якого гідравлічного приводу. Гідропривід наразі можна зустріти будь де, наприклад це будь-які підприємства на яких є навантажувачі та перемішувачі важких вантажів, а саме підприємства по виготовленню металопрокату. На цих підприємствах безпосередньо розміщені гідравлічні преса різних розмірів та потужностей, прокатні стани, конвеєри з гідравлічним приводом ті ж самі навантажувачі які підвозять заготовки до установок. Також гідропривід широко розповсюджений в літальних апаратах, в цих апаратах йому досі немає рівних та заміни. В повсякденному житті з гідроприводом також зустрічаємось часто, а саме це автомобілі, погрузчики в магазинах які переміщують піддони з вантажами, підйомні крани на будь-якому будівництві.

Тобто можна сказати що гідропривід дуже розповсюджений, але не зважаючи на його розповсюдженість він ще й дорогий в ціні. Ціна гідроприводу в даній машині чи то установці або верстаті може складати від 50 до 90% вартості від самої установки. Така велика ціна зумовлена тим що гідропривід потребує дуже точного виготовлення деталей та складових в гідроапаратах, а до деяких компонентів взагалі є особливі вимоги.

Велику долю ціни на себе бере пропорційна та серво-гідравліка. В такій гідравліці дуже великий спектр можливостей, та вона потребує особливих вимог як при виготовленні так і при експлуатації, тому вона така і дорога. Так як гідроприводи дуже часто працюють під високими тисками в системі то для розрахунків та підбору обладнання яка входить в склад системи приводу повинен бути грамотний підхід щоб потім не було негативних наслідків.

Тому для підготовки висококваліфікованих фахівців приділяють великий проміжок навчання по цій галузі щоб набути гарної бази знань для подальшої роботи та проектувань гідравлічних систем і приводів.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	8
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

З акцентуємо увагу на гідроприводах в яких виконавчим елементом є гідромотор. Приклад таких гідроприводів: стіл для обертання заготовки на фрезерному верстаті, свердлильний верстат, навантажувальні будівельні крани, башні танків, ракетно-зенітні комплекси різного типу та призначення. У всій цій техніці присутній гідропривід який складається з гідромоторів які виконують роботу обертання того чи іншого елементу техніки. Якщо взяти до уваги військову техніку то тут потрібна висока точність обертів. Або якщо брати свердлильний верстат то під час обробки деталі оберти на гідромоторі починають втрачатися, а їх потрібно підтримувати однакові. Також слід звернути увагу на конвеєри які переміщують вантажі різної ваги, а це означає що стрічка конвеєру рухається не рівномірно тобто йде в просадка в обертах гідромотора який рухає цю стрічку.

Тому в цій роботі буде розроблятися дидактичний стенд об'ємної гідропередачі для дослідження характеристик пропорційного розподільника, а саме це зв'язок гідромотора з пропорційним розподільником за допомогою датчика що буде контролювати оберти гідромотора, і якщо вони будуть падати то датчик буде давати сигнал сповіщення про зменшення обертів і розподільник буде більше відкриватися.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	9
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

1 Огляд та обґрунтування вибору схеми

Розглянемо різні примітивні схеми керування гідромотором за допомогою різних способів керування, і вже на базі цих розглянутих схем розробимо свою.

Гідроприводи завдяки своїй значущій потужності, можуть мати невелику вагу та при цьому можуть займати невеликий простір під час розміщення. Вони забезпечують швидке та точне управління переміщеннями або обертаннями з великими енергією та зусиллями. Гідромотор є прикладом дешевого та простого приводу для обертання. Якщо поєднати ці всі то відкриваються широкі можливості для застосування гідравлічних приводів в інженерній справі. З кожним роком розширення автоматизації робить необхідним керування такими параметрами гідросистеми, як тиск, витрата, і напрямок потоку робочої рідини, за допомогою електричних засобів керування.

Самим доцільним та зручним інтерфейсом між гідравлічними виконавчими органами та електронною системою управління будуть виступати пропорційні клапани. Для кращого представлення позитивних якостей пропорційної гідравліки порівняємо три варіанти гідроприводу для керування гідромотором .

Першим прикладом буде слугувати примітивна гідравлічна схема для управління гідромотором за допомогою ручного управління яка представлена на рис 1.1.

- Витрату та напрямок потоку в системі змінюємо за допомогою розподільника з ручним керуванням при цьому переміщуючи ручку розподільника то вліве то в крайнє праве положення та за допомогою двох дроселів.
- Подачу та тиск насоса налаштовуємо при запуску системи. Налаштування відбувається за допомогою запобіжного клапану тиску та переливного клапану яким налаштовуємо тиск в системі, це все робить за допомогою ручок на цих клапанах.

Але нажаль такий спосіб керування гідромотором не має електричного керування відповідно таку схему неможливо автоматизувати.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	10
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

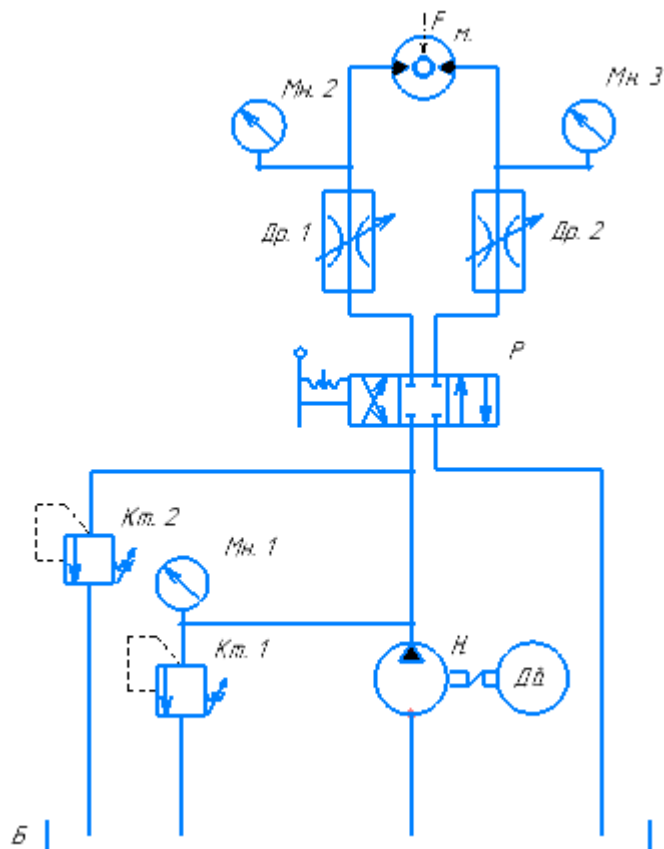


Рис. 1.1 – Принципова схема гідроприводу управління гідромотору за допомогою ручного управління

Переходимо до другого способу керування гідромотором, це все буде реалізовано за допомогою дискретного розподільника

В цьому випадку схема виходить електрогідравлічна тому що в цій схемі вже присутній розподільник з електричним керуванням від дискретних електромагнітів. Таку систему для управління вже впринципі можна автоматизувати, при цьому зв'язавши магніти розподільника з контролером або іншою електричною системою керування. Але дана електрична система по управлінню розподільником не може ніяк впливати на значення тиску та витрати в системі роботи гідромотора. Щоб внести якісь зміни в роботу системи то для початку системи потрібно зупинити, а вже потім вручну налаштувати дроселі. Дана схема з електричним управлінням представлена на рис. 1.2.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	11
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

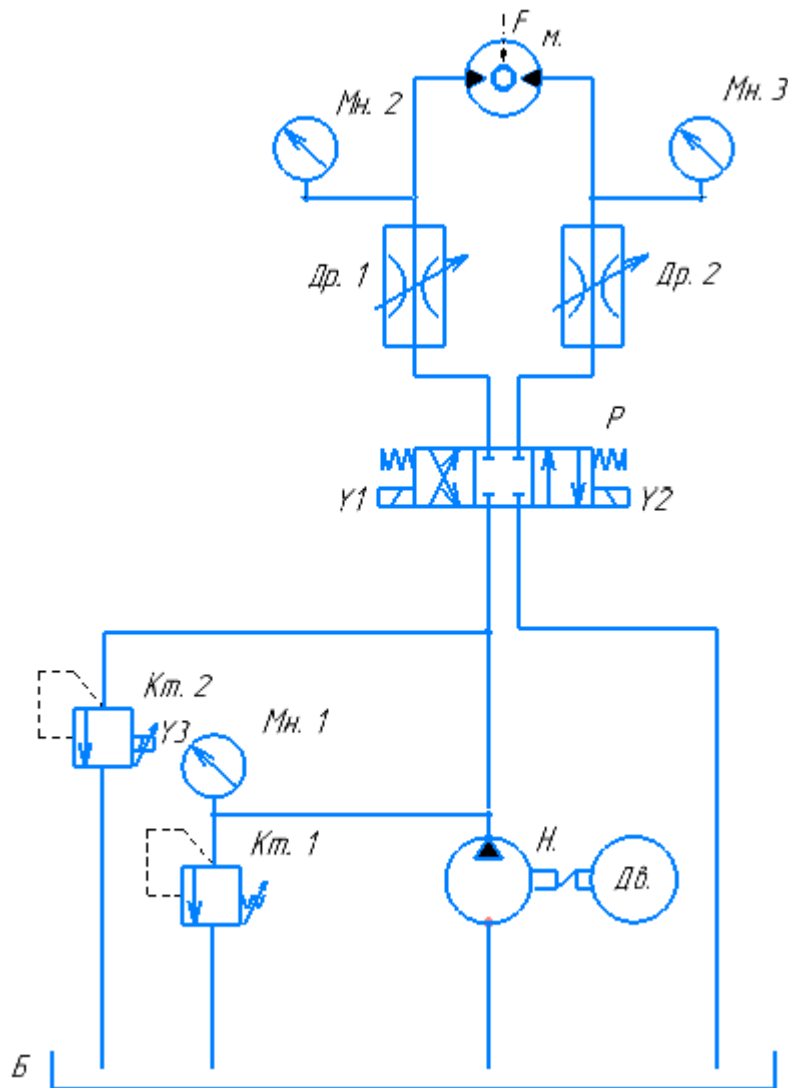


Рис. 1.2 – Принципова схема гідроприводу управління гідромотору за допомогою електричного управління

Переходимо до третього способу керування гідромотором, це все буде реалізовано за допомогою пропорційних клапанів

Автоматична зміна тиску та витрати в електрогідравлічних системах можлива лише в обмеженій мірі, коли використовуються перемикаючі клапани. Прикладами можуть бути:

- Пропорційний розподільник керується електричним сигналом. Цей сигнал змінює величину витрати та напрямок потоку для робочої рідини. Оберти на гідромоторі змінюється за рахунок зміни витрати.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	12
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

- Другий сигнал управління впливає на пропорційний переливний клапан. Саме цим сигналом ми в автоматичному режимі налаштовуємо потрібний тиск.

Пропорційний клапан, а саме розподільник на рис. 1.3 виконує функцію регулювання витрати та розподільника на рис. 1.2.

Використання пропорційної техніки дозволяє використовувати на один елемент менше.

Усі налаштування пропорційного розподільника та переливного клапану здійснюються автоматично, тобто без втручання оператора.

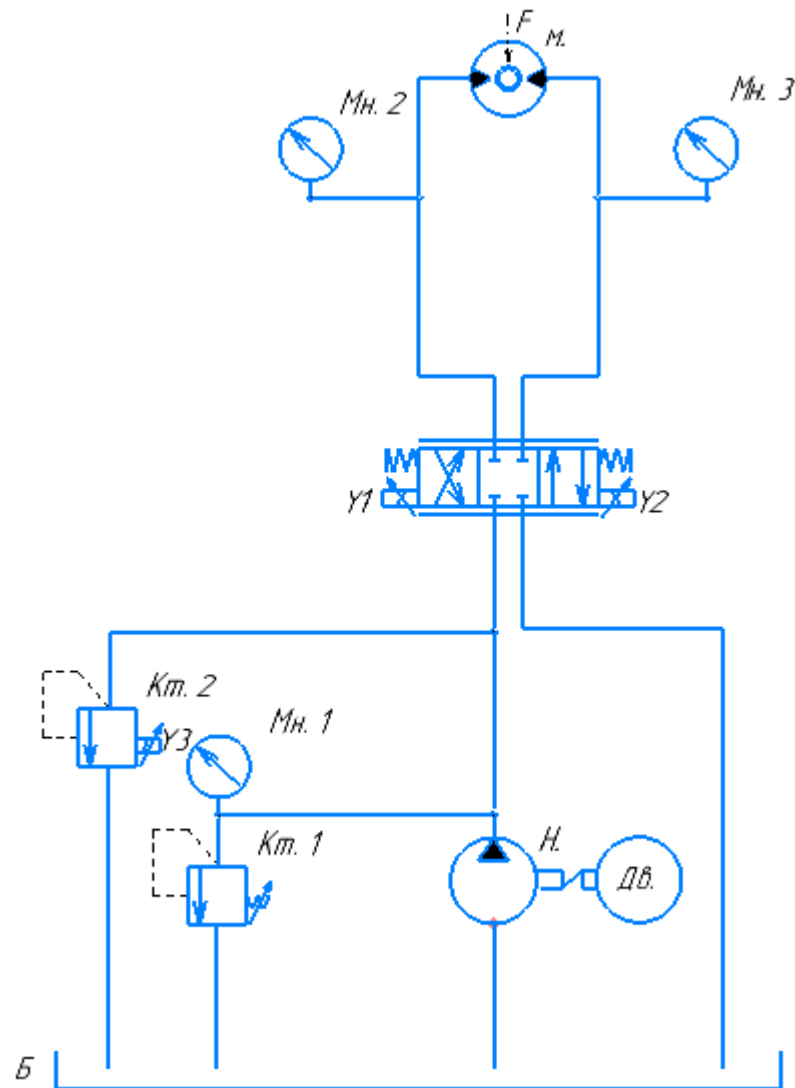


Рис. 1.3 – Принципова схема гідроприводу управління гідромотору за допомогою пропорційних клапанів

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	13
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Потік сигналів та елементи пропорційної гідравліки

На рис. 14 представлена схема напрямку потоку сигналів в системі пропорційної гідравліки.

- Сигнал у вигляді напруги (зазвичай в діапазоні від +10В до -10 В) подається на електричний підсилювач сигналу.
- Підсилювач сигналу перетворює напругу 24В (вхідний сигнал) у струм (вихідний сигнал).
- Сила струму починає впливати на пропорційний електромагніт клапану.
- Пропорційний електромагніт починає переміщувати золотник або клапан.
- Гідромотор починає перетворювати енергію рідини на кінетичну енергію.

Напруга може приймати будь-яке значення, відповідно швидкість і крутий момент та кількість обертів на валу гідромотора може налаштовуватися в широких межах.

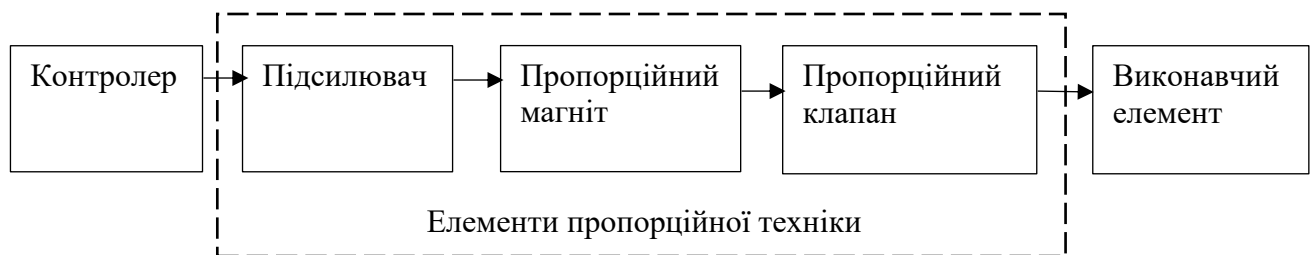


Рис. 1.4 Потік сигналів в пропорційній гідравліці

Висновок:

Спираючись на всі представлені схеми, переваги, факти та якості, розробимо експериментальний дидактичний стенд для підтвердження всіх цих якостей та переваг над іншими клапанами.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	14
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

2 Опис схеми, що пропонується

Даний стенд буде складатися з наступних складових елементів:

1) Насосна станція, яка складається з таких елементів: фільтр на нагнітанні та фільтр на зливі, електричний асинхронний двигун, шестеренний насос, клапан тиску запобіжний, манометр та зворотній клапан.

2) Пропорційний розподільник 4/3.

3) Клапан переливний.

4) Датчик контролю обертів на гідромоторі.

5) Гідромотор.

Обладнання для імітації навантаження:

6) Порошкова муфта.

Альтернативний варіант навантаження

7) Натискний гідроциліндр.

8) Тарілка яка насаджується на шток циліндру щоб на неї класти вантажки.

9) Гальмівний автомобільний суппорт.

10) Гальмівний диск.

11) Гальмівні колодки.

12) Манометр.

13) Перехідник фланець чи ступиця для приєднання диску на шток гідромотору.

Всі перелічені компоненти будуть кріпитися на спеціальній станині яка в подальшому проектуванні розробиться.

Принцип за яким буде працювати даний стенд

Насосна станція подає робочу рідину через клапан різниці тисків в розподільник 4/3, з розподільника рідина поступає в гідромотор, вал мотору обертається з певними обертами і рідина йде на злив. Контроль обертів валу гідромотору буде відслідковуватися за допомогою датчика контролю обертів

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	15
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

(геркона). Якщо оберти стабільні то датчик передає сигнал на розподільник те що обертати стабільні і більше відкриватися не потрібно тобто працює в заданому режимі. Якщо ж оберти починають зменшуватися датчик це фіксує і він починає давати сигнал розподільнику на більше відкриття золотника для збільшення витрати. Оберти повинні стабілізуватися і гідромотор продовжує виконувати свою роботу. Для гасіння обертів валу гідромотора було запропоновано рішення по встановленню порошкової муфти або гальмівної системи як в автомобілях. Тобто гідромотор з'єднується через фланець (колокол або купол) з порошковою муфтою. Порошкова муфта чинить опір обертанню при зміні напруги або силі струму що на неї подається, все залежить від виробників муфт.

Також запропоновано рішення по гасінню обертів валу за допомогою прототипу гальмівної системи як в автомобілі. І ось принцип її роботи: на вал гідромотора через спеціальний перехідник (фланець, муфту чи ступицю) буде насаджений автомобільний гальмівний диск. Гальмувати цей диск будемо гальмівним суппортом з автомобіля. До супорту буде приєднаний манометр для контролю тиску в лінії нагнітання рідини в суппорт. Нагнітати рідину будемо за допомогою натискного гідроциліндру на шток якого буде насаджена тарілка на яку будуть кластися різні вантажки, при цьому буде створюватися тиск в нагнітальній лінії для переміщення поршня який знаходиться в супорті який буде затискати гальмівні колодки на гальмівному диску. За таким принципом повинен працювати даний стенд.

Опис роботи гідравлічного приводу

Первинною частиною гідроприводу, що розраховується, є комплекс гідрообладнання, конструктивно поєднаний у цілісний блок (показаний на схемі штрих-пунктирною лінією), який називається гідростанцією.

До складу гідростанції входить нерегульований об'ємний насос Н, який приводиться у рух асинхронним електродвигуном Дв, що всмоктує робочу рідину

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	16
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

з гідробаку і подає її під потрібним тиском і з заданою подачею до вторинної (виконавчої) частини гідроприводу.

Гідропривід має так звану «розімкнуту» циркуляцію робочої рідини(в даному випадку використовується мінеральне масло), резервуаром якої служить гідробак відкритого типу: його внутрішня порожнина сполучена з атмосферою, відповідно, робоча рідина у баку знаходиться під атмосферним тиском.

Контроль тиску на виході з насосу Н здійснюється за допомогою манометра Мн, встановленого на лінії регульованого запобіжного клапана Кт. При перевищенні значенням тиску відповідного значення налаштувань пружини клапана Кт відбувається скид частини потоку робочої рідини у зворотному напрямі до гідробаку.

Контроль температури робочої рідини у гідробаку здійснюється за допомогою термометра Т. При перевищенні значенням температури гранично допустимого рівня відповідно до налаштувань термометра подається сигнал сповіщення оператора гідроприводу.

Необхідні якісні показники та стан робочої рідини (в'язкість, температура, ступінь очищення тощо) у гідроприводі підтримуються за допомогою так званих «кондиціонерів» робочої рідини: напірним Ф1 та зливним Ф2 фільтрами та повітряним маслоохолоджувачем Ох. Кожний із зазначених гідроапаратів обладнаний запобіжним клапаном, який спрацьовує при перевищенні втратами тиску на гідроапараті допустимого значення (внаслідок, наприклад, його засмічення) і пропускає робочу рідину через байпасну лінію, що дозволяє запобігти аварії гідропривода і забезпечити його працездатність на певний час навіть у випадку засмічення фільтрів та (або) охолоджувача. Додаткове охолодження робочої рідини здійснюється також у гідробаку.

У вторинній частині гідроприводу енергія робочої рідини перетворюється на механічну роботу за допомогою гідравлічного двигуна об'ємного типу – реверсивного гідравлічного мотора М, вал якого з'єднаний з робочими органами технологічної машини (на схемі не показані)(порошкова муфта).

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	17
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Для управління механізмами, що приводяться в рух гідроприводом, забезпечення потрібних швидкостей і схеми руху, послідовності роботи механізмів за допомогою відповідної зміни тиску та витрати робочої рідини в даному гідроприводі передбачені напрямні та регулюючі (дроселюючий розподільник Р та переливний клапан Кп) гідравлічні апарати. Також для запобігання зворотному потоку рідини в напірній магістралі насоса Н передбачений зворотний клапан Кз.

Переміщення золотника розподільника Р праворуч або ліворуч здійснюється за допомогою двох електромагнітів. У середнє (вихідне або нейтральне) положення золотник встановлюється при знеструмлених електромагнітах за допомогою двох пружин.

Способи імітації навантаження на вал гідромотора

Перший спосіб

Для імітації навантаження було запропоновано спочатку два рішення. Перше рішення виглядало саме так яке представлено на рис. 2.1.

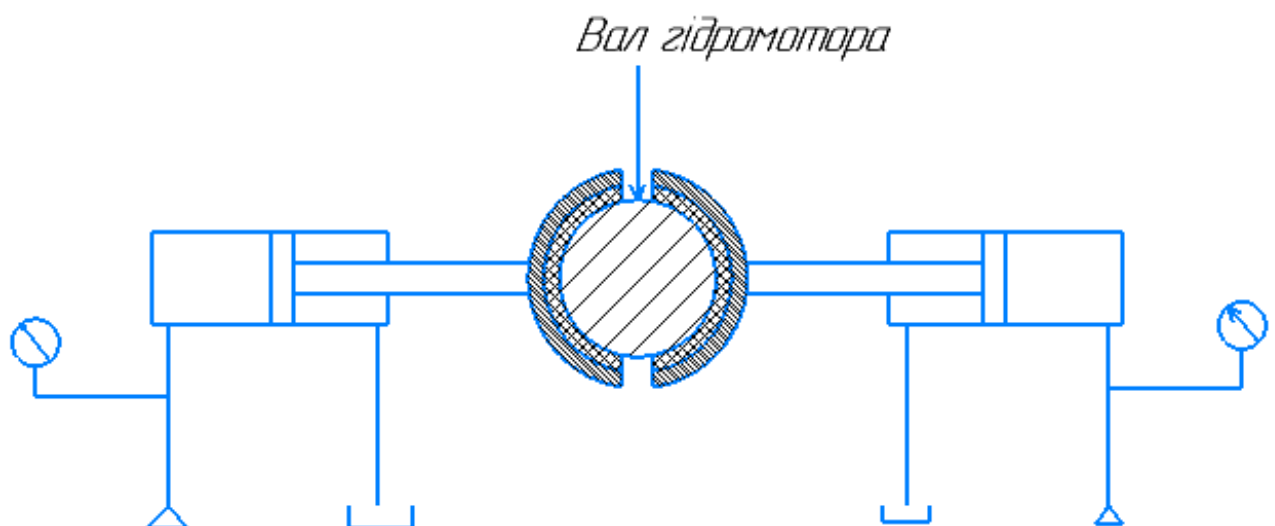


Рис. 2.1 – Імітація навантаження за допомогою гідроциліндрів або пневмоциліндрів

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	18
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Така ідея була зумовлена тим щоб з наявного обладнання побудувати навчальний стенд без великих фінансових витрат. Але ця ідея по імітації навантаження вийшла трохи габаритною та масивною і тому перейшли до роздумів над наступною ідеєю по імітації навантаження на вал гідромотора.

Другий спосіб

Цей спосіб вийшов доволі простий та примітивний, за прототип було взято гальмівну систему машини. А саме гальмівний диск та суппорт з гальмівними колодками та гальмівним гідроциліндром який нагнітає гальмівну рідину в суппорт.

Цей спосіб гальмування та створення навантаження представлено на рис. 2.2.

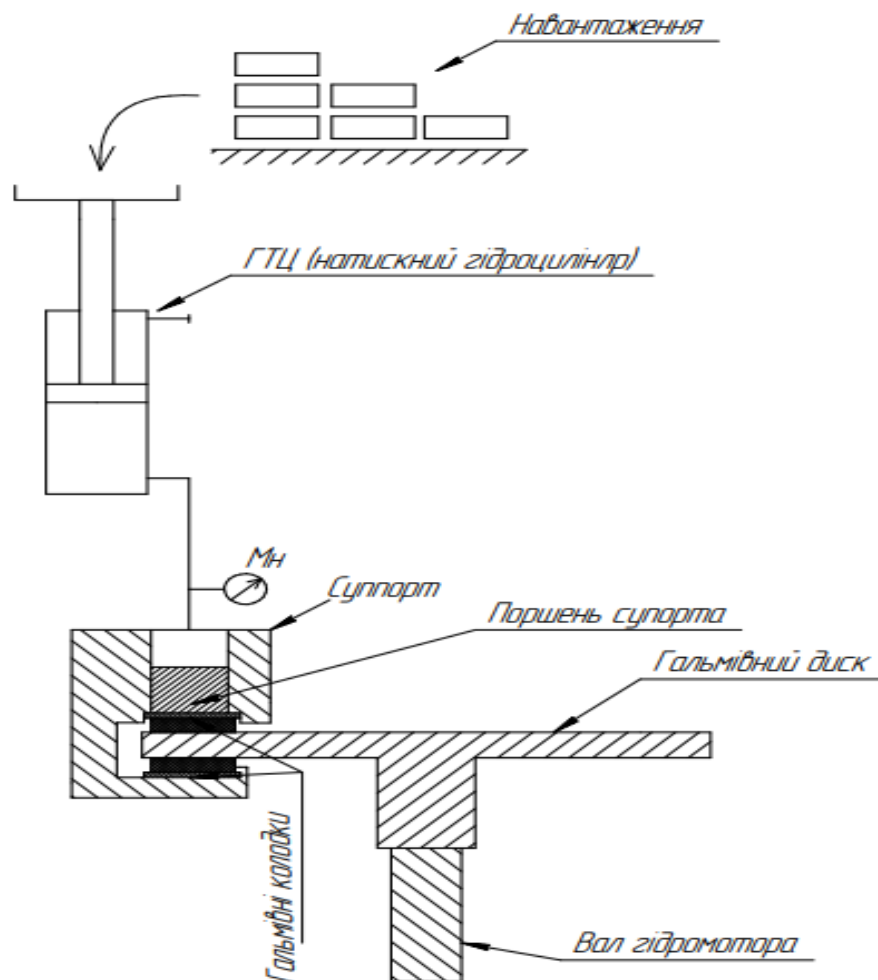


Рис. 2.2 - Імітація навантаження за допомогою гальмівної системи як в автомобілі

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	19
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Для цієї системи навіть було проведено всі необхідні розрахунки, які будуть представлені в розділі гідравлічні розрахунки.

Третій спосіб

Цей спосіб по імітації навантаження було запропоновано дуже раптово. А саме використання порошкової муфти або електромагнітної порошкової муфти, в різних джерелах пишуть по різному. Такий варіант дуже компактний, доволі не великий по габаритам та їм можна керувати дистанційно тобто з комп'ютера. Опір в муфті, тобто гальмуюче зусилля виникає за допомогою зміни напруги або сили струму, це залежить від виробника муфт.

На рис. 2.3 зображено умовне з'єднання муфти з гідромотором.

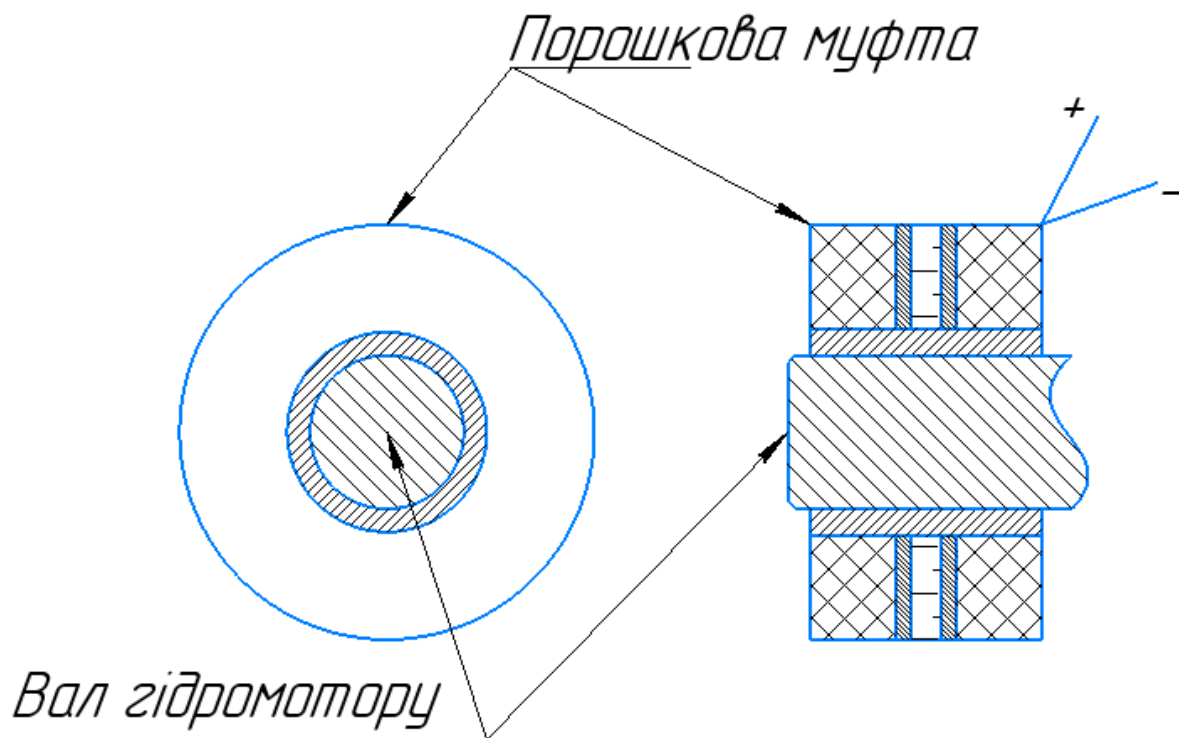


Рис. 2.3 – Порошкова муфта в з'єднанні з валом гідромотора

Розглянемо муфту як вона виглядає в реальному житті, тобто більш наглядні зображення рис. 2.4.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	20
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



Рис 2.4 (а,б) – Порошкові муфти [14]

Електромагнітна муфта - це такий спеціальний пристрій який робить управління передачею обертання з вхідного валу вихідний за допомогою електромагнітних полів.

Застосування електромагнітних муфт в інженерії: муфти використовуються для гальмування приводів у верстатах, реверсування та пуск, замикання і розмикання кінематичних ланцюгів без припинення обертання.

Муфти поділяють на декілька видів: муфти ковзання та муфти сухого і в'язкого тертя.

Муфти в'язкого тертя і муфти ковзання використовують електромагнітні взаємодії напівмуфт для їх зв'язку.

Муфти сухого тертя – здійснюють передачу потужності з одного валу на другий через диски тертя.

Окрему групу становлять електромагнітні порошкові муфти, в яких з'єднання між ведучою і ведомою частинами.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	21
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

3 Гідравлічні розрахунки

Розрахунок гальмівної системи

Розрахунок натискного гідроциліндру

Спочатку виконаємо всі необхідні проектні розрахунки що дадуть можливість визначити базові розміри поршня, гільзи, передньої та задньої кришок, а також штоку гідроциліндру.

Діаметр поршня розраховуємо по відомим значенням тиску, корисному навантаженню за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 * P}{p * \pi}} = \sqrt{\frac{4 * 3 * 10^3}{1 * 3,14}} = 61.82;$$

P – корисне навантаження;

p – створюваний тиск;

Округлюємо розмір згідно із стандартним рядом – 63 мм.

Зовнішній діаметр поршня буде відповідати внутрішньому діаметру гільзи гідроциліндра, що буде використаний у подальших розрахунках.

Знаходимо діаметр штоку:

$$d = D * \sqrt{1 - \frac{1}{\psi}} = 30,86;$$

Округлюємо розмір згідно із стандартним рядом – 32 мм.

Ψ- коефіцієнт відношення площ в залежності від використання циліндра може приймати різні значення. Приймаємо коефіцієнт для нормального діаметру штока: $\psi = 1.33$.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	23
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок циліндру на міцність:

$$S = \frac{p * D}{[\sigma] * 2} = \frac{1 * 63}{270 * 2} = 0.11 \text{ м};$$

p – робочий тиск;

D – внутрішній діаметр гільзи.

Згідно з отриманими значеннями товщини стінки перевіримо, чи правильно була обрана формула для тонкостінного циліндра.

$$S/D \ll 0.1$$

Формулу обрали правильно, отриману товщину стінки округлюємо до 3 мм.

Так як даний експериментально-випробувальний стенд по дослідженню характеристик пропорційного розподільника буде робитися для кафедри, і тому за для економії коштів більшість апаратури яка просто лежить без діла буде використана в цьому стенді.

І тому виходячи з таких умов буде використаний гідроциліндр із такими наступними характеристиками та розмірами.

$$D = 63 \text{ мм.}$$

$$d = 32 \text{ мм.}$$

$$l = 300 \text{ мм.}$$

$$S = 3 \text{ мм.}$$

$$D_{з.г.} = 69 \text{ мм.}$$

D – діаметр поршня, d – діаметр штоку, l – хід, S – товщина стінок, $D_{з.г.}$ – зовнішній діаметр гільзи.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	24
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок самої гальмівної системи

За цими розрахунками зможемо підібрати гідромотор щоб було зрозуміло який буде виникати обертовий момент на валу гідромотора.

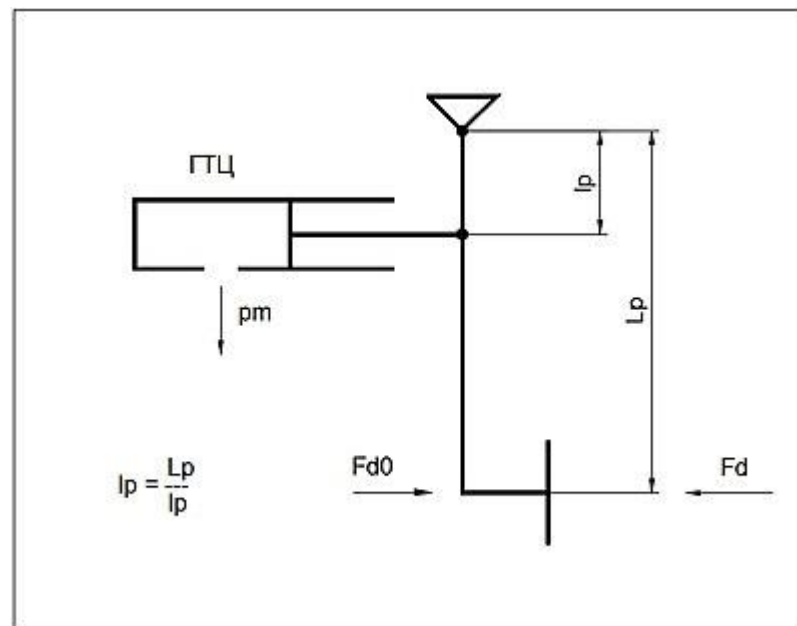


Рис. 3.1 – Приклад натискного ГТЦ

У приводі без підсилювача, сила на педалі гальма F_d безпосередньо перетворюється на p_m тиск на виході головного гальмівного циліндра.

$$p_m = \frac{(F_d - F_{d0}) * I_p}{A_m} \eta_m;$$

A_m – площа поршня ГТЦ

$$A_m = \frac{\pi * D_m^2}{4}$$

D_m – діаметр ГТЦ, F_{d0} – сила опору на педалі, враховує протидію зворотної пружини та сил тертя, I_p – передаточне число педалі гальма, η_m – коефіцієнт корисної дії (ККД) ГТЦ.

$$D_m = 63 \text{ мм}; F_{d0} = 0; I_p = 1,6 \dots 2,5 (1,6); \eta_m = 0,85 \dots 0,95, (0,9).$$

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	25
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$A_m = \frac{\pi * D_m^2}{4} = \frac{\pi * 63^2}{4} = 3116 \text{ мм}^2 = 0,003116 \text{ м}^2$$

$$p_m = 10 \text{ Бар} = 1 \text{ Мпа}$$

$$F_d = \frac{p_m * A_m}{l_p * \eta_m} = \frac{1 * 10^6 * 0,003116}{1,6 * 0,9} = 2164 \text{ Н} = 2,1 \text{ кН}$$

З запасом будемо вважати що 3 кН.

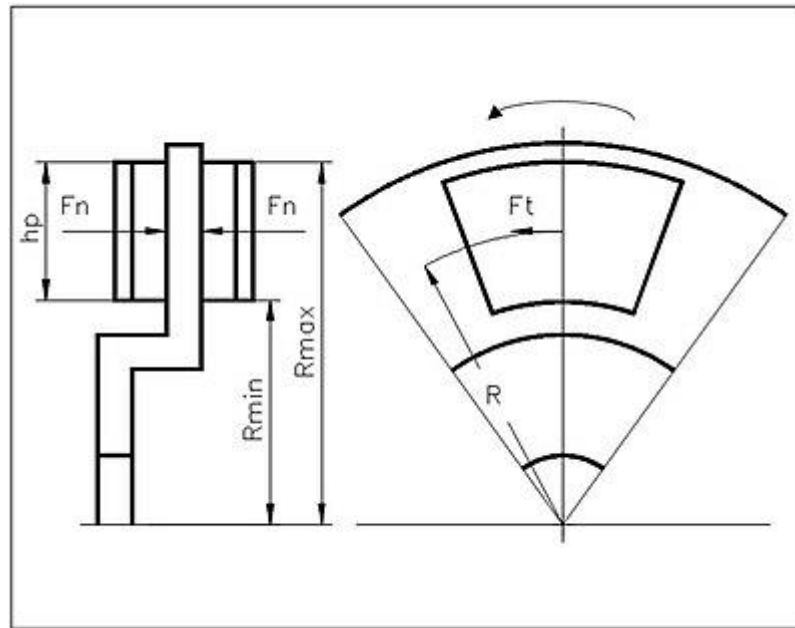


Рис. 3.2 – Гальмівний диск з гальмівними колодками

Поршень дискового тормозу напряму притискає колодку до диску, тому сила притискання колодки дорівнює силі від приводу.

$$F_n = F_a$$

Тоді передаточне число одної колодки, тобто відношення сили приводу до гальмівної сили буде просто дорівнювати коефіцієнту тертя.

$$C = \mu$$

$$\mu = 0,35 \dots 0,45, \text{ обираємо } 0,3$$

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	26
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Радіус тертя знаходиться як центр тяжіння кільцевого сектора:

$$R = \frac{2(R_{max}^3 - R_{min}^3)}{3(R_{max}^2 - R_{min}^2)}$$

Де – R_{max} – зовнішній радіус диска, R_{min} – внутрішній радіус диска, який визнається шириною (висотою) h_p накладки:

$$R_{min} = R_{max} - h_p$$

На виході маємо, гальмівний момент дискового гальма буде виглядати таким як і для барабанного за наступним рівнянням:

$$M_b = R C A (p - p_0) \eta$$

Де передаточне число всього гальмівного механізму з двома колодками дорівнює:

$$C = 2 \mu$$

Для обох типів механізмів гальмівний момент можна записати скорочено:

$$M_b = k_b (p - p_0)$$

Де k_b – приведенне передаточне число гальмівного механізму, і дорівнює

$$k_b = R C A \eta$$

$$d = 49 \text{ мм} = 0,049 \text{ м.}$$

d – діаметр поршня в супорті

$$A = \frac{\pi * D_m^2}{4} = \frac{\pi * 0,049^2}{4} = 0,001884785$$

$$R = \frac{2(R_{max}^3 - R_{min}^3)}{3(R_{max}^2 - R_{min}^2)} = \frac{2(130^3 - 82.5^3)}{3(130^2 - 82.5^2)} = \frac{2 * 1\,635\,484}{3 * 10\,094} = 108.016 \text{ мм}$$

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	27
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо виникаючий крутний момент який буде виникати на вихідному валу з диску:

$$M_b = R C A (p - p_0) \eta = 0.108 * 2 * 0,3 * 0,001884785 * 1 * 10^6 * 0,9 = 110 \text{ Н*м}$$

Основні гідравлічні розрахунки

Вибір робочої рідини

Робоча рідина в гідроприводі разом із основною функцією робочого середовища виконує цілий ряд додаткових функцій: змащує поверхні, які труться, охороняє їх від корозії, охолоджує гідравлічну систему, видаляє із системи продукти зношування тощо.

Комплекс вимог, пред'явлених до робочих рідин, дуже широкий, тому підібрати робочу рідину, яка б краще задовольняла їм всім одночасно, практично неможливо. Найбільш підходящою робочою рідиною в більшості випадків є мінеральне масло.

Застосування

- У гідросистемах верстатного обладнання (наприклад, ливарних машинах, пресах, важких маніпуляторах, верстатах, роботах, формувальних машинах для пластмас).
- В обладнанні гірничо- та нафтовидобувної промисловості, мостах та шлюзових воротах, рятувальному спорядженні.
- У мобільній техніці (наприклад, екскаваторах та кранах, будівельній техніці, автодорожньому транспорті, сільськогосподарських машинах).

Вибираємо мінеральне масло HLPD-46 з наступними характеристиками:

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	28
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики

Найменування показника	Значення
Клас в'язкості по ISO	46
В'язкість кінематична при 40 °С, мм ² /с: при 100 °С, мм ² /с:	46 6,7
Індекс в'язкості	97
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	227
Температура застигання, °С	-30
Кислотне число, мг КОН/г	0,8
Клас чистоти	12
Щільність, при 20 °С, кг/м ³	876
Корозія при 100 °С	1В

Дане мінеральне масло рекомендоване до використання у гідросистемах з легкими навантажувальними характеристиками при температурі масла до 60°С-мобільних і стаціонарних машин: гідравлічні крани та підйомники, навантажувачі, екскаватори, самоскиди, навантажувальні рампи, гідравлічні системи металообробних верстатів або циркуляційні системи промислового обладнання.

Визначення потужності гідропривода і насоса

Потужність гідроприводу визначаємо за заданими навантаженнями та швидкостями гідромотора, що забезпечує привід виконавчих механізмів.

Корисну потужність гідродвигуна обертальної дії (гідромотора) визначаємо за формулою:

$$N_{\text{ГМ}} = M \cdot \omega_{\text{М}}$$

де $N_{\text{ГМ}}$ – потужність гідромотора, кВт;

M – крутний момент на валу гідромотора, кН·м;

$\omega_{\text{М}}$ – кутова швидкість обертання валу гідромотора, м/с.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	29
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$\omega_M = 2 \cdot \pi \cdot n$$

Прийmemo $n = 2500 \frac{\text{об}}{\text{хв}} = 41,67 \text{ об/с}$

$$\omega_M = 2 \cdot 3.14 \cdot 41,67 = 261,7 \text{ 1/с}$$

Розрахунок проводимо для трьох варіантів крутного моменту на валу гідромотора (відповідно 10 Н·м, 20 Н·м і 30 Н·м):

$$N_{\text{ГМ1}} = 0,01 \cdot 10^3 \cdot 261,7 = 2617 \text{ Вт} = 2,61 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ГМ2}} = 0,02 \cdot 10^3 \cdot 261,7 = 5234 \text{ Вт} = 5,23 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ГМ3}} = 0,03 \cdot 10^3 \cdot 261,7 = 7851 \text{ Вт} = 7,85 \text{ кВт}$$

На першому етапі розрахунку гідроприводу втрати тиску та витрати робочої рідини враховуються коефіцієнтами запасу по моменту та швидкості.

Коефіцієнт запасу по моменту враховує гідравлічні втрати тиску на місцевих опорах і по довжині гідроліній а також втрати потужності на подолання інерційних сил, сил механічного тертя в рухомих з'єднаннях тощо.

Коефіцієнт запасу швидкості враховує витоки робочої рідини, а також зменшення подачі насоса зі зростанням тиску в гідросистемі.

Корисну потужність насоса визначаємо виходячи з потужності гідромотору з урахуванням втрат енергії при передачі від насоса до гідромотора за формулою:

$$N_{\text{КН}} = k_{\text{ЗМ}} \cdot k_{\text{ЗС}} \cdot N_{\text{ГМ}}$$

де $N_{\text{КН}}$ – корисна потужність насоса, кВт;

$k_{\text{ЗМ}}$ – коефіцієнт запасу по моменту, $k_{\text{ЗМ}} = 1,1$;

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	30
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

k_{zc} – коефіцієнт запасу по швидкості, $k_{zc} = 1,2$.

$$N_{кп1} = 1,1 \cdot 1,2 \cdot 2,61 = 3,44 \text{ кВт}$$

$$N_{кп1} = 1,1 \cdot 1,2 \cdot 5,23 = 6,90 \text{ кВт}$$

$$N_{кп1} = 1,1 \cdot 1,2 \cdot 7,85 = 10,36 \text{ кВт}$$

Вибір насосу

Знаючи необхідну потужність насосу, і, враховуючи, що вона пов'язана з номінальним тиском і подачею залежністю $N_{нп} = p_{ном} \cdot Q_{н}$, можливо знайти подачу і робочий об'єм за формулою:

$$Q_{н} = \frac{N_{кп}}{p_{ном}}$$

$$q_{н} = \frac{N_{кп}}{p_{ном} \cdot n_{н}}$$

де $Q_{н}$ – подача насосу, $\text{дм}^3/\text{с}$;

$$Q_{н} = q_{н} n_{н};$$

$p_{ном}$ – номінальний тиск, МПа;

$q_{ном}$ – робочий об'єм насосу, дм^3 ;

$N_{кп}$ – потужність насосу, кВт;

$n_{н}$ – частота обертання валу насоса, с^{-1} (об/с).

Для того щоб знайти робочий об'єм насосу необхідно задатися частотою обертання валу насоса. Прийmemo, що насос приводиться у рух від асинхронного електродвигуна з номінальною частотою обертання валу $n_{н} = 2800 \text{ об/хв} = 46,7 \text{ с}^{-1}$. Також прийmemo в якості номінального тиску гідроприводу

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	31
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

відповідно до ISO 2944:2000 значення $p_n = 12,5$ МПа. Відповідно

$$Q_{H1} = \frac{3,44 \cdot 10^3}{12,5 \cdot 10^6} = 0,275 \text{ дм}^3/\text{с}$$

$$q_{H1} = \frac{3,44 \cdot 10^3}{12,5 \cdot 10^6 \cdot 46,7} = 5,89 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 5,89 \text{ см}^3$$

$$Q_{H2} = \frac{6,90 \cdot 10^3}{12,5 \cdot 10^6} = 0,552 \text{ дм}^3/\text{с}$$

$$q_{H2} = \frac{6,90 \cdot 10^3}{12,5 \cdot 10^6 \cdot 46,7} = 11,82 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 11,82 \text{ см}^3$$

$$Q_{H3} = \frac{10,36 \cdot 10^3}{12,5 \cdot 10^6} = 0,828 \text{ дм}^3/\text{с}$$

$$q_{H3} = \frac{10,36 \cdot 10^3}{12,5 \cdot 10^6 \cdot 46,7} = 17,74 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 17,74 \text{ см}^3$$

Обираємо насос за двома параметрами, найближчими до розрахункових: номінальному тиску $P_{\text{НОМ}} = 12,5$ МПа и робочому об'єму насоса $q_n = 19 \text{ см}^3$ (в якості розрахункового приймаємо найбільше з розрахункових значень). За каталогом продукції фірми Bosh – Rexroth

Таблиця 3.2 – Параметри насосу AZPF-12-019LRR12MB

Показники	Параметри
Робочий об'єм, см^3	19
Витрата л/хв	57
Тиск на виході, МПа	
номінальний	21
максимальний	23
Тиск на вході в насос, МПа	

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	32
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

мінімальний	0,7
максимальний	3,0
Частота обертання валу с ⁻¹	
мінімальна	8,3
номінальна	46,7
максимальна	50
Номінальна споживана потужність, кВт	18
ККД насоса (не менше)	0,92
Об'ємний ККД (не менше)	0,97
Маса, кг	3,9

У відповідності до технічної характеристики вибраного насосу проводимо уточнення фактичної подачі насосу:

$$Q_H = q_{нд} \cdot n_{нд} \cdot \eta_{об}$$

де $Q_{нд}$ – дійсна (фактична) подача насоса, дм³/с;

$q_{нд}$ – дійсний (фактичний) робочий об'єм насоса, дм³ (дм³/об);

$n_{нд}$ – дійсна (фактична) частота обертання вала насоса, с⁻¹ (об/с);

Для асинхронного електродвигуна $n_{нд}=45,87$ об/с;

$\eta_{об}$ – об'ємний ККД насоса.

$$Q_H = 19 \cdot 10^{-6} \cdot 45,87 \cdot 0,97 = 0,845 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 0,845 \frac{\text{дм}^3}{\text{с}} = 50,7 \frac{\text{л}}{\text{хв}}.$$

Визначення внутрішнього діаметра гідроліній, швидкостей руху робочої рідини

Розрахункові значення внутрішніх діаметрів всмоктувальної, напірної та зливної гідроліній визначаємо з рівняння нерозривності потоку рідини з урахуванням розмірностей за формулою:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{нд}}{\pi \cdot V_p}}$$

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	33
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

де d_p - розрахункове значення внутрішнього діаметра (напірної,

всмоктувальної та зливної) гідроліній, м;

$Q_{нд}$ - дійсна витрата рідини (подача насоса), $дм^3/с$;

$V_{ж}$ – швидкість руху рідини в (напірній, всмоктувальній та зливній) гідролініях, м/с.

Швидкість руху рідини вибираємо в залежності від призначення гідролінії таким чином, щоб для зменшення втрат тиску на гідравлічне тертя режим руху був ламінарним або близьким до нього:

всмоктувальна.....1,2 м/с;

зливна.....2,0 м/с;

напірна.....5,0 м/с.

За вищезгаданою формулою (6) знаходимо значення внутрішніх діаметрів кожної гідролінії:

$$d_{PBC} = \sqrt{\frac{4 * 10^{-3} * Q_{нд}}{\pi * V_{PBC}}} = \sqrt{\frac{4 * 10^{-3} * 0,845}{3,14 * 1,2}} = 0,0299 \text{ м} \approx 29 \text{ мм}$$

$$d_{P3л} = \sqrt{\frac{4 * 10^{-3} * Q_{нд}}{\pi * V_{P3л}}} = \sqrt{\frac{4 * 10^{-3} * 0,845}{3,14 * 2,0}} = 0,0231 \text{ м} \approx 23 \text{ мм}$$

$$d_{Pнп} = \sqrt{\frac{4 * 10^{-3} * Q_{нд}}{\pi * V_{Pнп}}} = \sqrt{\frac{4 * 10^{-3} * 0,845}{3,14 * 5,0}} = 0,0146 \text{ м} \approx 14 \text{ мм}$$

По розрахунковим значенням внутрішнього діаметра гідроліній проводимо вибір трубопроводу за ГОСТ 8734-75, при цьому дійсне значення діаметра трубопроводу має бути більше розрахункового, тобто. $d \geq d_{bc}, d_{3л}, d_{нп}$

де $d_{bc}, d_{3л}, d_{нп}$ – дійсний діаметр (напірної, зливної та всмоктувальної) гідроліній.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	34
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$d_{\text{вс}} = 30 \text{ мм} = 0,03 \text{ м};$$

$$d_{\text{зл}} = 26 \text{ мм} = 0,026 \text{ м};$$

$$d_{\text{нп}} = 20 \text{ мм} = 0,020 \text{ м}.$$

Значення товщини стінки приймемо конструктивно рівним 3 мм (0,003 м) із ГОСТ 8734-75. Проведемо визначення дійсних швидкостей руху рідини в кожній із гідроліній за формулою:

$$V_{\text{рд}} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\text{нд}}}{\pi \cdot d^2}$$

де $V_{\text{рд}}$ – дійсне значення швидкості руху рідини, м/с;

d – дійсне значення внутрішнього діаметра гідролінії, м;

$Q_{\text{нд}}$ – дійсна витрата рідини, $\text{дм}^3/\text{с}$.

$$V_{\text{рд вс}} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,845}{3,14 \cdot 0,029^2} = 1,2 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{рд зл}} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,845}{3,14 \cdot 0,023^2} = 2 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{рд нп}} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,845}{3,14 \cdot 0,014^2} = 5,4 \text{ м/с}$$

Вибір апаратури та кондиціонерів робочої рідини

Гідроапаратуру (розподільники, зворотні клапани, запобіжні клапани та ін.) будемо вибирати за умовним проходом та номінальним тиском. Додатковим параметром для гідроапаратури є номінальна витрата робочої рідини.

Під умовним проходом d_y за ГОСТ 16516-80 вважається округлений до найближчого значення встановленого ряду діаметр кола, площа якого дорівнює

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	35
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

площі характерного прохідного перерізу каналу пристрою або площі прохідного перерізу трубопроводу, що приєднується.

Співвідношення між умовними проходами та дійсними внутрішніми діаметрами за ГОСТ 16516-80:

Всмоктувальна гідролінія – $d_{у\text{вс}} = 25 \text{ мм} = 0,025 \text{ м}$;

Зливна гідролінія - $d_{у\text{зл}} = 20 \text{ мм} = 0,020 \text{ м}$;

Напірна гідролінія - $d_{у\text{нп}} = 15 \text{ мм} = 0,015 \text{ м}$.

За відомими нам умовними проходами, номінальним тиском і витратою робочої рідини вибираємо гідроапарати:

Таблиця 3.3 – Параметри гідророзподільника Р DHZO-A-071–L5/18 20

Параметри	Показники
Тиск, МПа:	
Номінальний	16
Максимальний	35
Допустимий в зливній гідролінії (не більше)	0,8
Витрата робочої рідини , $\text{дм}^3/\text{мин}$	
номінальна	28
максимальна	80
Втрати тиску при робочому положенні золотника, МПа, не більше	0,7
Час спрацювання, мс, не більше	30

Таблиця 3.4 – Параметри напірного фільтра Ф1 FPS – 10- А - F03-01- R-M 20

Параметри	Показники
Номінальна пропускна здатність, $\text{дм}^3/\text{мин}$	50
Тонкість фільтрації, мкм	5
Максимальний тиск, МПа	42
Максимальний тиск спрацювання байпасного клапана, МПа	0,6
Втрати тиску, МПа	0,1
Матеріал фільтро елемента	мікрофібра

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	36
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 – Параметри зливного фільтра Ф2 FRS – 20- А – F10-01- R-E11

Параметри	Показники
Номінальна пропускна здатність, $\text{дм}^3/\text{мин}$	50
Тонкість фільтрації, мкм	12
Максимальний тиск, МПа	0,8
Максимальний тиск спрацювання байпасного клапана, МПа	0,3
Втрати тиску, МПа	0,05
Матеріал фільтро елемента	мікрофібра

Таблиця 3.6 – Параметри запобіжного клапана Кт1 ARE15/350RVS44

Параметри	Показники
Максимальна пропускна здатність, $\text{дм}^3/\text{хв}$	75
Максимальний тиск, МПа	42
Мінімальний тиск, МПа	0,7

Таблиця 3.7 – Параметри переливного пропорційного клапана Кт2 DBEME10-7X/315YG24K31A1V

Параметри	Показники
Максимальна пропускна здатність, $\text{дм}^3/\text{хв}$	100
Максимальний тиск, МПа	35
Мінімальний тиск, МПа	0,7

Таблиця 3.8 – Параметри редукційно-переливного клапану Кп DBD-H-10-K-315bar

Параметри	Показники
Максимальна пропускна здатність, $\text{дм}^3/\text{хв}$	80
Максимальний тиск, МПа	31
Мінімальний тиск, МПа	0,5

Таблиця 3.9 – Параметри зворотного клапана ADR-10

Параметри	Показники
Максимальна пропускна здатність, $\text{дм}^3/\text{хв}$	80
Максимальний тиск, МПа	40
Втрати тиску, МПа	0,3

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	37
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.10 – Параметри маслоохолоджувача Ох КОЛ 3 – 2Х

Параметри	Показники
Максимальна пропускна здатність, дм ³ /хв	70
Максимальний тиск, МПа	26
Втрати тиску, МПа	0,05

Розрахунок втрат тиску в гідролініях

Визначення втрат тиску при русі рідини в гідролініях необхідно для більш точного розрахунку гідродвигуна, а також для визначення гідравлічного КПД гідроприводу. Втрати тиску визначають окремо для кожної гідролінії (всмоктуючої, напорної, зливної) при визначеній температурі робочої рідини. У відповідності з принципом складення потенціал тиску в гідролінії визначають за формулою:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_m$$

де Δp – втрати тиску в гідролінії, МПа;

Δp_1 - втрати тиску по довжині гідролінії, МПа;

Δp_m – втрати тиску на місцевих опорах, МПа.

Втрати тиску по довжині гідролінії визначаються за формулою:

$$\Delta p_i = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot V_{рд}^2 \cdot \rho \cdot 10^{-5}$$

де λ – коефіцієнт втрат по довжині (коефіцієнт Дарсі);

l - довжина гідролінії, м;

ρ – густина робочої рідини, кг/м³.

Під час використання формули (9) зі значеннями довжини гідроліній слід враховувати, що для всмоктуючої гідролінії $l = l_{вс} = 0,5$ м;

напірної гідролінії $l = l_{нап} = 3,5$ м;

зливної гідролінії $l = l_{зл} = 3$ м.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	38
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт втрат по довжині залежить від режиму руху рідини, його визначають за формулами:

а) для ламінарного режиму $\lambda = 75 / Re$, якщо $Re < 2320$; (10)

б) для турбулентного режиму $\lambda = 0,3164 / Re^{0,25}$ якщо $Re > 2320$ (11)

Число Рейнольдса визначається за формулою:

$$Re = \frac{V_{рд}}{\nu}$$

де $V_{рд}$ – дійсна швидкість руху рідини у гідролінії, м/с;

d – внутрішній діаметр гідролінії, м;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості робочої рідини, м²/с.

Визначаємо число Рейнольдса:

$$Re_{вс} = \frac{V_{рд\ вс} * d_{вс}}{\nu} = \frac{1,2 * 0,029}{46 * 10^{-6}} = 757$$

$$Re_{зл} = \frac{V_{рд\ зл} * d_{зл}}{\nu} = \frac{2 * 0,023}{46 * 10^{-6}} = 1000$$

$$Re_{нп} = \frac{V_{рд\ нп} * d_{нп}}{\nu} = \frac{5,4 * 0,014}{46 * 10^{-6}} = 1643$$

Таким чином, у цьому випадку у всіх трубопроводах має місце ламінарний режим течії. Визначаємо коефіцієнт Дарсі:

$$\lambda_{вс} = \frac{75}{Re_{вс}} = \frac{75}{757} = 0,0990$$

$$\lambda_{зл} = \frac{75}{Re_{зл}} = \frac{75}{1000} = 0,075$$

$$\lambda_{нп} = \frac{75}{Re_{нп}} = \frac{75}{1643} = 0,045$$

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	39
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо втрати тиску за довжиною гідроліній

$$\Delta P_{1\text{ вк}} = \lambda_{\text{вк}} * \frac{l_{\text{вк}}}{d_{\text{вк}}} * V_{\text{рД вк}}^2 * \rho * 10^{-6} = 0,0990 * \frac{0,5}{0,029} * 1,2^2 * 876 * 10^{-6} = 2,1 * 10^{-3} \text{ МПа}$$

$$\Delta P_{1\text{ зл}} = \lambda_{\text{зл}} * \frac{l_{\text{зл}}}{d_{\text{зл}}} * V_{\text{рД зл}}^2 * \rho * 10^{-6} = 0,075 * \frac{3,5}{0,023} * 2^2 * 876 * 10^{-6} = 39,9 * 10^{-3} \text{ МПа}$$

$$\Delta P_{1\text{ нп}} = \lambda_{\text{нп}} * \frac{l_{\text{нп}}}{d_{\text{нп}}} * V_{\text{рД нп}}^2 * \rho * 10^{-6} = 0,045 * \frac{3}{0,014} * 5,4^2 * 876 * 10^{-6} = 246,3 * 10^{-3} \text{ МПа}$$

Втрати по довжині у всіх гідролініях визначаємо за формулою:

$$\Delta p_1 = \Delta p_{1\text{ вк}} + \Delta p_{1\text{ зл}} + \Delta p_{1\text{ нп}}$$

$$\Delta p_1 = (2,1 + 39,9 + 246,3) * 10^{-3} = 288,3 * 10^{-3} \text{ МПа ()}$$

Втрати тиску на місцевих опорах за формулою:

$$\Delta p_{\text{м}} = \xi * \frac{V_{\text{рД}}^2}{2} * \rho * 10^{-6}$$

де $\Delta p_{\text{м}}$ – втрати тиску на місцевому опорі, МПа;

ξ – коефіцієнт місцевого опору;

$V_{\text{рД}}$ – дійсна швидкість рідини в гідролінії, м/с;

ρ – густина робочої рідини, кг/м³.

Відповідно до гідро схеми місцеві опори:

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	40
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Вхід до трубопроводу	1
Приєднувальна арматура (штуцери, муфти, тощо)	18
Трійник	2
Поворот	6
Вихід з труби	8

Вибираємо значення коефіцієнтів відповідно до типу місцевих опорів :

$$\xi_{\text{вх}} = 0,5; \xi_{\text{сл}} = 2,2; \xi_{\text{тр}} = 1,5; \xi_{\text{п}} = 0,2; \xi_{\text{вих}} = 1,0$$

Сумарно отримаємо:

$$\Delta P_{\text{м вс}} = \xi_{\text{вс}} * \frac{V_{\text{РД вс}}^2}{2} * \rho * 10^{-6} = 0,5 * \frac{1,2^2}{2} * 876 * 10^{-6} = 0,31 * 10^{-3} \text{ МПа}$$

$$\Delta P_{\text{м зл}} = \xi_{\text{зл}} * \frac{V_{\text{РД зл}}^2}{2} * \rho * 10^{-6} = 28,2 * \frac{2^2}{2} * 876 * 10^{-6} = 49,4 * 10^{-3} \text{ МПа}$$

$$\Delta P_{\text{м нп}} = \xi_{\text{вс}} * \frac{V_{\text{РД нп}}^2}{2} * \rho * 10^{-6} = 40,3 * \frac{5,4^2}{2} * 876 * 10^{-6} = 514,7 * 10^{-3} \text{ МПа}$$

Знаходимо втрати у всіх місцевих опорах за формулою:

$$\Delta p_{\text{м}} = \Delta p_{\text{мвс}} + \Delta p_{\text{мзл}} + \Delta p_{\text{мнп}}$$

$$\Delta p_1 = (0,31 + 49,4 + 514,7) \cdot 10^{-3} = 564 \cdot 10^{-3} \text{ МПа} = 0,564 \text{ МПа}$$

Загальна втрата тиску в гідролініях:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_{\text{м}} = 0,288 + 0,64 = 0,564 = 0,852 \text{ МПа}$$

Загальна втрата тиску в гідроапаратах:

$$\Delta p_{\text{ГА}} = 0,1 + 0,05 + 0,5 + 0,3 + 0,05 = 1,0 \text{ МПа}$$

Підбір гідромотора

Основними параметрами гідромотора є його робочий об'єм $q_{\text{м}}$, номінальний

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		41

тиск $p_{\text{ном}}$, крутний момент, на валу гідромотора M , частота обертання вала n_m , витрата робочої рідини Q_m . Потужність, що споживається гідромотором, визначають за його основними параметрами:

$$N_m = p_m \cdot Q_m = p_m \cdot q_m \cdot n_m$$

де N_m - потужність гідромотора, кВт;

p_m - перепад тиску на гідромоторі, МПа,

$$p_m = p_{\text{ном}} - \Delta p,$$

тут $p_{\text{ном}}$ – номінальний тиск,

Δp – втрати тиску в напірній та зливній гідролініях та гідроапаратах;

Q_m - витрата рідини через гідромотор, $\text{дм}^3/\text{с}$;

q_m – робочий об'єм гідромотора, дм^3 ($\text{дм}^3/\text{об}$);

n_m - частота обертання вала гідромотора, с^{-1} (об/с).

Робочий об'єм гідромотора знаходять із рівності корисної потужності

гідромотора та споживаної потужності за формулою:

$$q_m = \frac{2 \cdot \pi \cdot M}{(\Delta p_{\text{ном}} - \Delta p_{\text{н}}) - \Delta p_{\text{с}}}$$

$$q_{m1} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,01 \cdot 10^3}{(12,5 - 1,0 - 0,852) \cdot 10^6} = 5,89 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$q_{m2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,02 \cdot 10^3}{(12,5 - 1,0 - 0,852) \cdot 10^6} = 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$q_{m3} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,03 \cdot 10^3}{(12,5 - 1,0 - 0,852) \cdot 10^6} = 17,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	42
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

За каталогом продукції фірми Bosh – Rexroth добираємо гідромотор за максимальним значенням об'єму

Таблиця 3.11

Параметри гідромотору AZMF-12-019UQR12ML-S0018

Параметри	Показники
Робочий об'єм, см ³	19
Витрата л/хв	57
Тиск на вході, МПа	
номінальний	21
максимальний	25
Тиск на виході, МПа	
мінімальний	0,7
Частота обертання валу с ⁻¹	
номінальна	41,6
максимальна	50
Номінальний момент, Н·м	50
ККД мотора (не менше)	0,92
Об'ємний ККД (не менше)	0,95
Маса, кг	3,96

Корисний (геометричний) обсяг масляного бака визначаємо з умови дві-трихвилинної номінальної продуктивності насоса:

$$V_B = 2 \cdot Q_n = 2 \cdot 50,7 = 101,4 \text{ л}$$

Відповідно до ГОСТ 16770-71 вибираємо номінальну місткість масляного бака 100 дм³.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	43
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Вибір електро обладнання

1. Обираємо порошкову електромагнітну муфту

Електромагнітне порошкове гальмо Eleflex B651 на 65 Nm Re-Spa, Італія [26-27]



Рис. 3.3 Електромагнітне порошкове гальмо

Таблиця 3.12

Параметри порошкового гальма Eleflex B651 на 65 Nm Re-Spa

Параметри	Показники
Крутний момент	65 Nm
Залишковий крутний момент	0,4 Nm
Струм	1 A
Опір	24 Ohm
Напруга	24 V
Потужність розсіювання	170 W

2. Обираємо датчик обертів [5]

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		44

Speed sensor DSM



- Hall-measurement principle
- Measuring range 1 ... 5000 Hz
- Output signal current square-wave signals
- Supply voltage 4.5 ... 20 V
- Protection class IP69K

Рис. 3.4 Датчик обертів Bosch Rexroth

Характеристики по цьому датчику

Type	DSM1-10		
Nominal voltage	12 V		
Operating voltage	U_{Sensor}	4.5 ... 20.0 V	
Input current maximum	16.8 mA		
Sensor current	I_{Low}	7 mA $\pm 20\%$	
	I_{High}	14 mA $\pm 20\%$	
	Signal ratio $I_{\text{High}} / I_{\text{Low}}$	≥ 1.9	
Tooth frequency	to	5 kHz ¹⁾	
Signal frequency	(= tooth frequency x 2)	to	10 kHz ¹⁾
Maximum measuring distance	typical	1.5 ... 3 mm ²⁾	
rotary direction signal	PWM signal (see section output signal)		
Electromagnetic compatibility (EMC)	Stripline (ISO 11452-5)	1 ... 400 MHz	200 V/m
	Free field (ISO 11452-2)	200 MHz ... 1 GHz	150 V/m
Electrostatic discharge (ESD)	According to ISO 10605: 2008	Contact discharge	± 8 kV (powered up and unpowered)
		Air discharge	± 15 kV (powered up and unpowered)
Conformity according to	EMC directive 2014/30/EU with CE mark	Applied standards: ISO 13766-1:2019	
	RoHS directive 2011/65/EU		
Overvoltage resistance	24 V, 10 x 5 min		
Reverse polarity strength	Reverse polarity current	≤ 195 mA	
		Provide a corresponding protective circuit in the control unit or externally!	
Vibration resistance (IEC 60068-2-34)	Oscillation, noise	0.05 g ² /Hz 20 ... 2000 Hz	
Shock resistance	IEC 60068-2-27	Shock acceleration: 1000 m/s ² , duration: 6 ms, shock form: half sine, Number of main axes: 3, number of shocks per axis: 24, total number of shocks: 72	
Salt spray resistance	DIN EN ISO 9227:2017	168 h	
Type of protection	ISO/DIS 20653 Norm	IP69K	
Operating temperature range	Sensor zone	-40 ... +150 °C	
	Cable zone	-40 ... +115 °C	
Storage temperature range	EN 60068-2-1	-40 ... +50 °C	
Material	Housing: Polyamide heat-stabilized		
	Line: Polyurethane-elastomer sheath insulation 95 ± 5 shore A		
	Female socket: Brass		
Weight	55 g		
Installation position	see section installation instructions		
Pressure resistance of measuring surface	5 bar		
Maximum storage period from manufacturing date	10 years at -40 50 °C and maximum 80% relative humidity		
Tightening torque	8 ± 2 Nm		

Рис. 3.5 Характеристики датчику обертів

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	45
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

3. Обираємо два диференційних датчики тиску [28]



Новинка!
Rosemount 3051 Wireless

Рис. 3.6 Диференційні датчики тиску

Для даної гідросхеми обираємо модель Rosemount 3051CA (4) з наступними характеристиками

Тип датчика	Код диапазона	Верхние пределы диапазона измерений, кПа		Допускаемые пределы сенсора, кПа	Давление перегрузки, кПа	Пределы значений статического давления, кПа	
		Pmin	Pmax				
Модель 3051C							
3051CD	0	0,025	0,747	от -0,747 до 0,747	5170	до 5170	
	1	0,12	6,2	от -6,2 до 6,2	13790	до 13790	
	2	0,42	62	от -62 до 62	25000 (20000 - для варианта с кодом BR6)	до 25000 (до 31000 - для варианта с кодом P9; до 20000 - для варианта с кодом BR6)	
	3	1,66	248	от -248 до 248			
	4	13,79	2068	от -2068 до 2068			
	5	91,93	13789	от -13789 до 13789			
3051CG	1	0,12 ²⁾	6,2	от -6,22 до 6,2	13790	-	
	2	0,42	62	от -62 до 62	25000 (20000 - для варианта с кодом BR6)		
	3	1,66	248	от -97,5 до 248			
	4	13,79	2068	от -97,5 до 2068			
	5	91,93	13789	от -97,5 до 13789			
3051CA	1	2,06 ²⁾	206	от 0 до 206	827		
	2	6,9 ¹⁾	1034	от 0 до 1034	2070		
	3	36,8	5515	от 0 до 5515	11030		
	4	183,4	27579	от 0 до 27579	41370		

Рис. 3.7 Характеристики датчиків тиску

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	46
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

4. Обираємо датчик тиску в нагнітальній лінії [5]

RE 30272
Edition: 2022-02
Replaces: 2018-04



Pressure transducer
for hydraulic applications

Type HM20



► Component series 2X



Рис. 3.8 Датчик тиску в нагнітальній лінії

Для даної гідросхеми обираємо модель датчику НМ-20-2Х/250-Н-К35 Bosch Rexroth з наступними характеристиками

Input										
Supply voltage	► Nominal voltage	VDC	24							
	► Lower limit value (U_S)	VDC	18							
	► Upper limit value (U_S)	VDC	36 ^{a)}							
	► Maximum admissible residual ripple	V _{SS}	2.5 (40 ... 400 Hz)							
Current consumption		mA	≤ 12 mA (with voltage output)							
Protection class			III							
Isolation resistance		MΩ	> 100 (500 VDC)							
Measurement range		bar	10	50	100	160	250	315	400	630
Overload protection		bar	20	100	200	320	500	630	800	1000
Bursting pressure		bar	200	200	400	640	1000	1260	1600	2520
Output										
Output signal and admissible load R_A	► Current (I_{SIG})	mA	4 ... 20; $R_A = (U_S - 8.5 \text{ V}) / 0.0215 \text{ A}$ with R_A in Ω and U_S in V							
	► Voltage (U_{SIG})	V	0.1 ... 10; $R_A > 2 \text{ kΩ}$							
Setting time (10 ... 90%)		ms	<1							
Characteristic curve deviation (corresponds to the measuring deviation according to DIN EN 61298-2)		%	<0.5 (related to the complete measurement range, including non-linearity, hysteresis, zero point and end value deviation)							
Temperature coefficient (TC) for zero point and range	► Within nominal temperature range	%/10 K	<0.1							
	► Outside nominal temperature range	%/10 K	<0.2							
Non-repeatability		%	<±0.05 ^{a)}							
Long-term drift (1 year) under reference conditions		%	< ±0.1							

a)

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	47
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

General				
Weight	kg		0.06	
Nominal temperature range	°C		-25 ... +80	
Ambient temperature range	°C		-40 ... +85	
Storage temperature range	°C		-40 ... +80	
Medium temperature range	°C		-40 ... +90	
Sine test according to DIN EN 60068-2-6			10 ... 2000 Hz/maximum of 10 g/10 cycles/3 axes	
Noise test according to DIN EN 60068-2-64			20 ... 2000 Hz / 14 g _{rms} / 24 h / 3 axes	
Transport shock according to DIN EN 60068-2-27			15 g / 11 ms / 3 axes	
Pressure port ¹⁾			G1/4 threaded port according to DIN 3852 form E	
Housing materials			V4A (1.4404), PEI, HNBR	
Material process interface with measuring cell			1.4542 (17-4 PH / 630); seal ring NBR	
Throttle material			1.4305	
Throttle element			In the pressure channel of the process interface. It corresponds to a nozzle of 0.3 mm and reduces the risk of damage during highly dynamic effects such as pressure peaks or cavitation.	
Pressure media			HL, HLP, HFC, nitrogen ²⁾ , others upon request	
Tightening torque	► Hydraulic connection	<400 bar	Nm	20 ... 25
		≥400 bar	Nm	25 ... 30
	► Mating connector		Nm	0.6 ... 1.5 ³⁾
Electrical connection			Device connector, 4-pole, M12 x 1 at the housing ⁴⁾	
Protection class according to EN 60529			IP65/IP67 (if suitable and correctly mounted mating connectors are used)	
Life cycle			60 million load cycles or 60000 h	
Conformity	► CE		according to the EMC directive	
	► UKCA		according to "UK EMC Regulations"	
Approvals			cULus-listed DNV marine certification (For marine applications within the scope of marine approval, additional surge protection is required! Based on IACS-Unified Requirements E 10)	
Electro-magnetic compatibility (EMC)	► EN 61000-6-2 / EN 61326-2-3			
	- EN 61000-4-2 ESD	kV	4 CD / 8 AD with BWK B	
	- EN 61000-4-3 HF radiated	V/m	10 (80 ... 2700 MHz) with BWK A	
	- EN 61000-4-4 Burst	kV	2 with BWK B	
	- EN 61000-4-5 Surge	kV	1 with BWK B	
	- EN 61000-4-6 HF conducted	V	10 (150 kHz ... 80 MHz) with BWK A	
	- EN 61000-4-8 Magnetic field 50/60 Hz	A/m	100 with BWK A	
	- EN 61000-4-9 Magnetic field pulsed	A/m	1000 with BWK A	
	► EN 61000-6-3 / EN 61326-2-3			
	- EN 55016-2-1 Interference voltage	MHz	0.15 ... 30 (class B, EN 55022)	
	- EN 55016-2-3 Radio interference field strength	MHz	30 ... 1000 (class B, EN 55022)	

б)

Рис. 3.9 (а, б) Характеристики датчика тиску

5. Обираємо датчик температури [5]

Для даної гідросхеми обираємо модель датчику ABZMT-2X/0300MS/E3-T1A-K24 Bosch Rexroth з наступними характеристиками які представлені на рис. 3.11

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	48
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Electronic contact thermometer

RE 50225/2022-06 1/10
replaces: 50224

Type ABZMT

Component series 2X



Рис. 3.10 Датчик температури

General		Version MS	Version VA
Temperature range	°C [°F]	0 to 100 [32 to 212]	0 to 100 [32 to 212]
Maximum operating pressure	bar [psi]	5 [72.52]	10 [145.04]
Installation position		Any (preferably vertical)	Any (preferably vertical)
Ambient temperature range	°C [°F]	-20 ... 70 [-4 to 158]	-20 ... 70 [-4 to 158]
Material	– Pipe	Cu alloy	Stainless steel 1.4571
	– Flange	Anodized aluminum	Stainless steel 1.4571
Seal material		NBR seal	FKM seal
Maximum sensor length	mm [inch]	1000 [39.37]	1000 [39.37]
Sensor connection		G ½	G ½
Mass at L = 300 mm	kg [lbs]	0.25 [0.55]	0.35 [0.77]

Electrical

Protection class according to DIN EN 60529	IP 65
Plug-in connection	M12x1; 4-pole (material: metal)
Temperature sensor	
Sensor element	PT100 class B; DIN EN 60751
Measurement range	°C [°F] 0 ... 100 [32 ... 212]; 0 °C = 4 mA; 100 °C = 20 mA
Accuracy	K ±0.8
Display and control unit	
Supply voltage	V DC 10 ... 32; IO-Link 18 ... 30 V
Display range	°C [°F] -20 ... 120 [-4 to 248]
Alarm adjustment range	°C [°F] 0 ... 100 [32 ... 212]
Housing design	PA, IP65 (antistatic)
Display	4-digit, seven-segment LED display
Current consumption upon switch-on	Approx. 100 mA over 100 ms
Current consumption during operation	Approx. 50 mA at UB 24 V
Max. ambient temperature	°C [°F] -20 ... 70 [-4 ... +158]
Accuracy	1% of the measurement range end value
Operation	3 keys
Version T2	
Switching points	2 programmable switching outputs
Max. switching current	A T1: 0.2; T2: 0.5
Version T4	
Switching points	4 programmable switching outputs
Max. switching current	A T1: 0.2; T2, T3, T4: 0.5, max: 1 A total
Version T1A	
Switching point	1 programmable switching output
Max. switching current	A 0.2
Output signal	4 ... 20 mA (alternatively 0-10, 2-10 or 0-5 volt adjustable)
Max. load	Ω 500
Mounting of external display and control unit	Assembly on top hat rail 35 mm

Рис. 3.11 Характеристики датчику температури

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	49
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

6. Обираємо підсилювача сигналу для керування розподільником [29]

Для даної гідросхеми обираємо підсилювач HAVE з наступними характеристиками

3

Parameters

3.1 General

General data

Nomenclature	Proportional amplifier for 12 V DC to 24 V DC
Design	Board (module) with 8-pin screw terminal block
Connection leads	max. 1.5 mm²
Fastening	Only possible for 35-mm standard support rails or 32-mm support rails according to DIN EN 60715 in conjunction with a card holder (accessory)
Installation position	Any
Weight	▪ Total: 80 g ▪ Printed circuit board: 40 g ▪ Card holder: 40 g
Type of protect. DIN VDE 0470, EN 60529 or IEC 529	IP 00
Ambient temperature	-20°C...+50°C (up to + 70°C at 75% of the max. output current I _A)

3.2 Electrical Data

Electrical data

Supply voltage	U _B	9...32 V DC
Max. permissible ripple factor	w	10% ripple
Required filter capacitor	C _B	2200 µF per 1 A of coil current
Output voltage	U _A	U _B - 1.2 V DC, pulse-width modulated
Output current	I _A	max. 2.4 A short circuit proof protect

a)

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	50
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Electrical parameters

Setting range	$I_{min} = 0 \dots 1.6 \text{ A}$ $I_{max} = I_{min} + (0 \dots 2.4) \text{ A}$ Note: I_{max} must never exceed 2.4 A! Factory default setting $I_{min} = 0 \text{ A}$; $I_{max} = 800 \text{ mA}$
No-load current	I_L max. 20 mA (own consumption)
Voltage ranges	U_{min} Can be optionally set as 0...5 V DC, 0...10 V DC or 0...15 V DC Factory default setting 0...5 V DC
Reference voltage	U_{ref} 5 V DC $\pm 4\%$
Input resistance	R_i $> 200 \text{ k}\Omega$
Recommended potentiometer	P 2...10 k Ω
Ramp time rise-fall	t_R 0.1...10 s Increase and decrease time can be separately adjusted, factory default setting 0.1 s for both
Enable/disable input	TTL compatible or can be triggered with a contact
Dither frequency	f 60 or 120 Hz switchable; factory pre-setting 60 Hz
Dither amplitude	I 0...750 mA (tip to tip), factory default setting 0 mA

б)

Рис. 3.12 (а, б) Характеристики підсилювача сигналу

7. Обираємо нагрівач для нагріву робочої рідини [16]

Даний нагрівач представлено на рис. 3.13

ТЕН НЕІРЖАВКІЙ 2000 Вт, ПРЯМИЙ, ПІД АНОД М6, НА ГАЙЦІ G 1¼ (42 ММ) УКРАЇНА

350 €

В наявності

[Купити](#)

+380 (97) 157-17-36 ☎
Київстар, Viber

📄 Умови оплати та доставки 📅 Графік роботи 📍 Адреса та контакти



Ми на зв'язу та готові до роботи

Рис. 3.13 Нагрівач

Характеристики даного нагрівача представлені на рис. 3.14

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	51
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Основні

Країна виробник	Україна
Тип комплектуючого ?	ТЕН
Матеріал	Нержавіюча сталь
Потужність	2 кВт
Номінальна напруга	220 В
Стан	Новий
Діаметр фланця	1¼
ват	2000 W

Рис. 3.15 Характеристики нагрівача

8. Охолоджувач та його необхідні електричні дані [5]

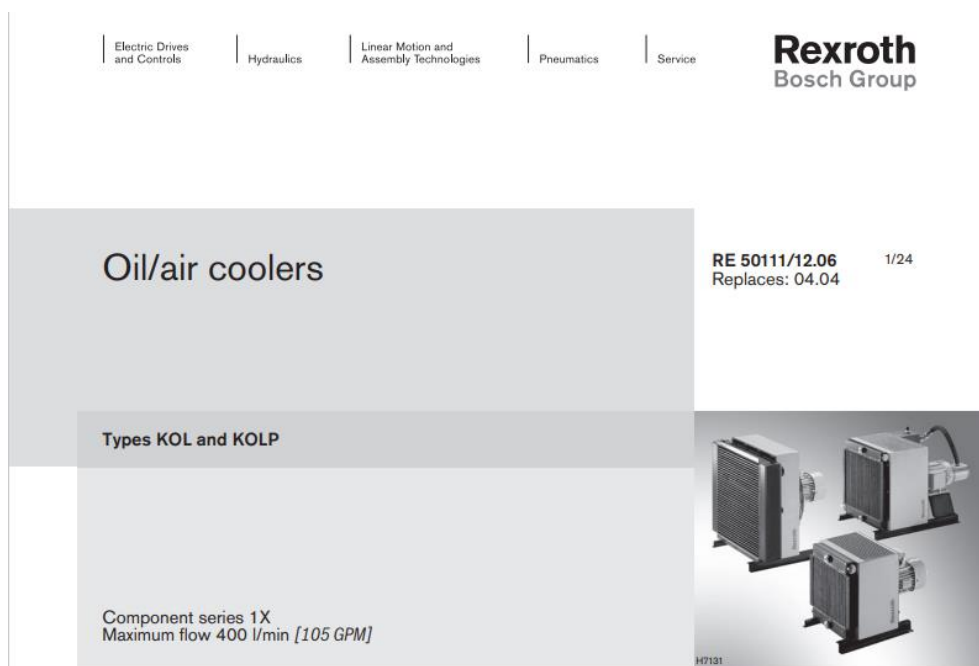


Рис.3.16 Охолоджувач

Запишемо необхідні електричні дані та характеристики

Frequency 50 Hz					
Cooler type	Capacity kW	Speed min ⁻¹	Power factor cos φ	Nominal current at	
				Δ 230 V	Y 400 V
KOL3(8).../R...	0.25	940	0.80	1.30A	0.75 A

Рис. 3.17 Електричні дані охолоджувача

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	52
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

9. Обираємо асинхронний 3-х фазний двигун для обертання насосу [30]

Обрали двигун АИИ(У)-100S-2 з наступними характеристиками які представлені на рис. 3.18

	Мощ- ность	Ток	Частота вращения	КПД	Cos φ	Динам-кий момент инерции ротора	Mпуск/ Мн	Mmax/M н	Iпуск/I н	Максимально допустимый уровень звуковой мощности Lw	Масса
-	кВт	А	об/мин	%	-	кг*м2	-	-	-	Дб(А)	кг
3000 об/мин (2 полюса)											
АИИ(У)-71А-2	0,75	1,77	2840	75,0	0,83	0,0006	2,2	2,3	6,1	67	8,7
АИИ(У)-71В-2	1,1	2,61	2840	76,2	0,84	0,0008	2,2	2,3	6,9	67	10,5
АИИ(У)-80А-2	1,5	3,46	2850	78,5	0,84	0,0011	2,2	2,3	7,0	72	13,0
АИИ(У)-80В-2	2,2	4,85	2855	81,0	0,85	0,0018	2,2	2,3	7,0	72	15,0
АИИ(У)-90L-2	3,0	6,34	2860	82,6	0,87	0,0024	2,2	2,3	7,5	76	17,0
АИИ(У)-100S-2	4,0	8,20	2880	84,2	0,88	0,0070	2,2	2,3	7,5	77	20,5

Рис. 3.18 Характеристики электродвигуну для насосу

10.Пропорційний розподільник та його необхідні електричні дані [3]

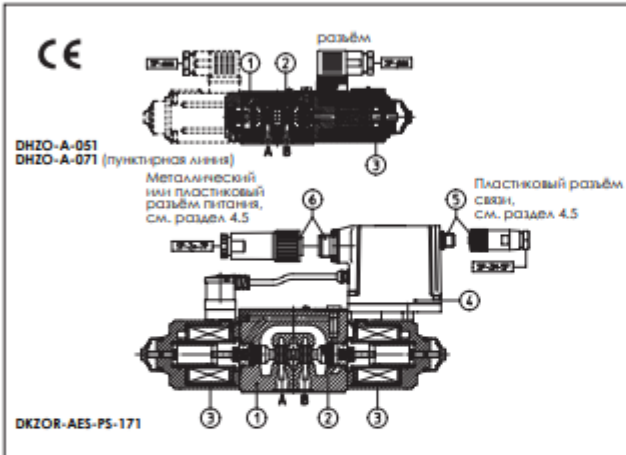


www.atos.com

Таблица F160-16/RU

Пропорциональные распределители типа DHZO-A* и DKZOR-A*

прямого действия, без датчика положения, ISO 4401 размер 06 и 10



CE

разъем

1 2 3 4 5 6

Металлический или пластиковый разъем питания, см. раздел 4.5

Пластиковый разъем связи, см. раздел 4.5

DHZO-A-051
DHZO-A-071 (пунктирная линия)

DKZOR-AES-PS-171

DHZO-A* и DKZOR-A* – пропорциональные распределители, прямого действия, без датчика положения, обеспечивают возможность переключать поток и регулировать расход (без компенсации) в зависимости от электронных опорных сигналов. Указанные распределители действуют совместно с электронными драйверами (см. разделы [9] и [12]), подключаемые на распределители так, изменяющийся в зависимости от опорного сигнала, который поступает от узда контроля и управления машиной.

Они возможны в различных исполнениях:

- -AE, -AES, как -A плюс аналоговый (AE) или цифровой (AES) встроенная электроника.

4-х линейный золотник (2) перемещается в 5-и камерном корпусе (1) и приводится в действие непосредственно от пропорциональных электромагнитов (3). Встроенная электроника (4), а также выполненная на заводском этапе калибровка обеспечивают высокие функциональные характеристики и взаимозаменяемость распределителей, облегчая процесс подключения и установки.

Следующие интерфейсы связи (5) возможны для цифрового исполнения -AES:

- -P3, интерфейс последовательной связи RS232. Опорный сигнал на распределитель обеспечивается аналоговым командным направлением на разъем с 7 (или 12) штырьками (6).
- -8C, интерфейс CANbus
- -8P, интерфейс PROFIBUS-DP

В интерфейсах -8C и -8P опорный сигнал на распределитель обеспечивается шиной "байпас", в процессе запуска или технического обслуживания распределители могут приводиться в действие при помощи аналоговых сигналов, которые подаются на разъем с 7 (или 12) контактами (6).

Для компенсации изменения расхода, происходящего в результате переключений нагрузки, могут применяться модульные компенсаторы давления, способные поддерживать постоянное значение Δр (см. табл. D150).

Катушки встроены в пластиковый корпус (класс защиты H), а распределители устойчивы к вибрации, ударам и воздействию влаги.

Монтажная поверхность: ISO 4401, размеры 06 и 10.
Макс. расход: соответственно до 50 л/мин и 105 л/мин при Δр = 30 бар, см. табл. [2].
Макс. давление = 350 бар для DHZO;
= 315 бар для DKZOR.

1 КОД МОДЕЛИ

DHZO -AES -PS - 0 7 1 - S 5 / * / ** / *

DHZO = размер 06
DKZOR = размер 10

A = без датчика положения
AE = как A плюс встроенная электроника
AES = как A плюс встроенная цифровая электроника

Интерфейс связи (полюс для AES)
PS = последовательный RS232
8C = CANbus
8P = PROFIBUS-DP

Размер распределителя
0 = ISO 4401 размер 06
1 = ISO 4401 размер 10

Конфигурация, см. раздел [2]
5 = внешний плюс центральный плюс, пружинное центрирование
7 = 3 позиции, пружинное центрирование
Перекрывание золотника в центральной позиции, см. раздел [2]
1 = P, A, B, T полновальное перекрывание
3 = P полновальное перекрывание;
A, B, T ограничительное перекрывание

Ссылка, стоимость
WS = цена, базис
PS = факс, эфир

Номер партии

Опции, см. раздел [4]
Y = внешний дренаж
B = электромагнит и встроенная электроника со стороны канала A

Для исполнения -A:
S = с катушкой 6 В DC вместо стандартной катушки 12 В DC
1B = с катушкой 18 В DC вместо стандартной 12 В DC
N = микрометрич. ручк. регулиров.
NV = как N плюс рукоятка и градуированная шкала

Для исполнения -AE:
I = отбор. сигнал по току (4÷20 мА)
Q = сигнал подключения

Для исполнения -AES:
I = двойное питание, подключение и отсечка (12-ти штырьковый разъем)

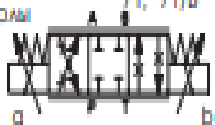
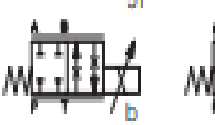
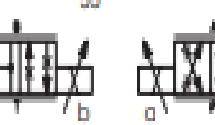
Разм. золотника 14 1 3 5 = см. раздел [2]

Тип золотника
D = линейный S = прогрессивный
B = как S, но с P-A = Q, P-B = Q/2

а)

		Соломченко М. Ю.			
		Гришко І. А.			
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ
					53

2 ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (минеральное масло ISO VG 46 при 50 °C)

Гидравлические символы	*71, *71/B	*73, *73/B	*51	*53	*51/B	*53/B
						
Модель клапана	DHZO				DKZOR	
Перекрытие золотника	1, 3	1, 3	1, 3	1, 3	1, 3	1, 3
Тип золотника и размер	L14	L1	S3, L3, D3	S5, L5, D5	S3, L3	S5, L5, D5
Пределы давления [бар]	каналы P, A, B= 350; T = 160 (250 с внешним дренажом /Y)				каналы P, A, B= 315; T = 160 (250 с внешним дренажом /Y)	
Макс. расход [л/мин] при Δp = 10 бар (P-T) (1)	1	4,5	17	28	45	60
при Δp = 30 бар (P-T)	2	8	30	50	80	105
при Δp = 70 бар (P-T)	3	12	45	70	120	160
Время срабатыван. [2] [мс]	< 30				< 40	
Гистерезис [%]	≤ 5%				≤ 5%	
Повторяемость	± 1%				± 1%	

Вышеприведенные стандартные характеристики относятся к распределителям, работающим с электронными драйверами Atox, см. раздел [9] и [12].

(1) Макс. расход при различных Δp соответственно графикам в разделах 6.2 и 7.2.

(2) Время срабатывания при изменении сигнала (0%→100%) измеряется между 10% и 90% значения шага и в значительной степени зависит от регулирования распределителя.

F160

3 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ ТИПА DHZO-A* И DKZOR-A*

Монтажное положение	Любое
Характеристика стыковочной поверхности	Шероховатость Ra 0,4, неплоскостность 0,01/100 (ISO 1101)
Температура окружающей среды	от -20°C до +70°C для исполнения -A; от -20°C до +60°C для исполнений -AE и -AES
Рабочая жидкость	Гидравлическое масло по DIN 51524 ... 535, другие типы жидкостей см. раздел [1]
Рекомендуемая вязкость	15 + 100 cSt при 40°C (ISO VG 15+100)
Класс чистоты рабочей жидкости	ISO 18/15, достигается при тонкости фильтрации 10 мкм и рекомендуемом β ≥ 75
Температура рабочей жидкости	от -20°C до +60°C (стандартные и /WG уплотнения) от -20°C до +80°C (уплотнения /PE)

3.1 Характеристики катушек

Модель распределителя	DHZO-A*			DKZOR-A*		
	катушкой 12 В DC	катушкой 6 В DC	катушкой 18 В DC	катушкой 12 В DC	катушкой 6 В DC	катушкой 18 В DC
Макс. сопротивление катушки	3 + 3,3 Ω	2 + 2,2 Ω	13 + 13,4 Ω	3,8 + 4,1 Ω	2,2 + 2,4 Ω	12 + 12,5 Ω
Макс. ток на электромагните	2,2 А	2,75 А	1 А	2,6 А	3,25 А	1,2 А
Макс. мощность	30 Ватт			35 Ватт		
Класс защиты (СВ EN-60529)	IP65 для исполнения -A; IP65+67 для исполнений -AE и -AES, в зависимости от типа разъема (см. разд. 4.5)					
Коэффициент использования	Непрерывная эксплуатация (ED = 100%)					

б)

		Соломенко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	54
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

4 ВСТРОЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА: ОПЦИИ И ПРИСОЕДИНЕНИЯ

4.1 Опция /I

Предусматривает опорные сигналы и сигналы обратной связи по току 4÷20 мА вместо стандартных 0÷10 В (± 10 В). Как правило, данная опция применяется в случае значительного расстояния между узлом управления и контроля машины и распределителем или же в случае когда на опорный сигнал могут воздействовать электрические помехи. При обрыве кабеля опорного сигнала происходит отключение распределителя.

4.2 Опция /Q

Опция защиты, предусматривает возможность подключения или отключения распределителя без прерывания электропитания.

4.3 Опция /Z

Специфическая защитная опция для интерфейсов связи -BC и -BP, предусматривает два раздельных вида электропитания по цифровым электронным контурам и по фазе питания электромагнита. Кроме того, предусмотрены сигналы подключения и отключения. Опция /Z позволяет прервать функционирование распределителя отключив подачу питания на электромагнит (например, в аварийном случае, как предусмотрено Европейскими Нормами EN954-1 для комплектующих с категорией защиты 2). При этом остается подача питания на цифровые электронные контуры, что позволяет избежать возможной ситуации сбоя контроллера "fieldbus".

По электроподсоединениям для -AES, электроник с опцией /Z (12-и штырьковый разъем), см. табл. G115.

4.4 Подсоединения встроенной электроники

Для электроподсоединения должны быть предусмотрены экранированные кабели: экран должен быть присоединен к нулю питания со стороны генератора. см. табл. F003

РАЗЪЕМ ПОДАЧИ ПИТАНИЯ				
PIN	ОПИСАНИЕ СИГНАЛА	-AE, -AES	-AE/I	-AE/Q
A	Питание 24 В DC	Стабилизированное: +24В DC		
B	Питание 0	Отфильтрованное и выпрямленное: $V_{rms} = 21 \pm 33$ (макс. отклонения 2 Вpp)		
C	Опорный ноль	Опорный 0 В DC	Опорный 0 В 4 ± 20 мА	Сигнал подключения для нормального функционирования 9 ± 24 В DC 0 ± 10 В DC (для одномагн. распред.) ± 10 В DC (для двухмагн. распред.)
D	Опорный +	0 ± 10 В DC (для одномагнитного распред.)		
E	Опорный -	± 10 В DC (для двухмагнитного распред.)		
F	Монитор рабочий ток	0 ± 5 В DC (для одномагнитного распред.)		0 ± 5 В DC (для одномагн. распред.)
		± 5 В DC (для двухмагнитного распред.) 1В = 1А (на контакт C)		
G	Земля	Подключается только, если питание не соответствует VDE 0551 (CEI 14/6)		

РАЗЪЕМЫ СВЯЗИ (для -AES)			
Опция связи	-PS (RS232) штырьковый разъем	-BC (CAN Bus) штырьковый разъем	-BP (PROFIBUS-DP) штырьковый разъем
Номер контакта Описание сигнала	1 NC Не подсоединен	CAN_GND Экран	+5В Напряжение завершения
	2 NC Не подсоединен	NC Не подсоединен	LINE-A Линия шины (высокий сигнал)
	3 RS_GND Сигнал ноль для линии передачи данных	CAN_GND Сигнал ноль для линии передачи данных	0V_GND Сигнал ноль для линии передачи данных
	4 RS_TX Линия приема данных распределителя	CAN_H Линия шины (высокий сигнал)	LINE-B Линия шины (низкий сигнал)
	5 RS_RX Линия передачи данных распределителя	CAN_L Линия шины (низкий сигнал)	Экран

Замечание:

- электрические сигналы (например, сигналы обратной связи), обработанные электронным блоком распределителя, не должны применяться для отключения/прерывания функции защиты машины. Это соответствует Европейским Стандартам (требования безопасности систем и компонентов, применяющих жидкостную и гидравлическую номинацию, EN982).

- инструкции, содержащие основную информацию по подключению и запуску, а также таблицы с техническими спецификациями всегда поставляются с соответствующими узлами.

4.5 Коды моделей разъемов питания и связи

ВЕРСИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ	-A	-AE, -AES	-AES/I	-RS232 (-PS) или CANBUS (-BC)	PROFIBUS (-BP)
КОД РАЗЪЕМА	SP-666	SP-ZH-7P (1)	SP-ZH-7P (1)	SP-ZH-12P (1)	SP-ZH-5P (1)
КЛАСС ЗАЩИТЫ	IP65	IP67	IP66	IP65	IP67

(1) заказывается отдельно

5 УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Функциональные параметры цифровых распределителей, такие как угол, масштаб, рамка и линеаризация, являются рефундируемыми, могут быть легко установлены и оптимизированы графическим интерфейсом при использовании соответствующего программного обеспечения и устройств, совместимых с PC.

ESP-E-SW-PS для электроники с интерфейсом RS232 (опция -PS)

ESP-E-SW-BC для электроники с интерфейсом CANbus (опция -BC)

ESP-E-SW-BP для электроники с интерфейсом PROFIBUS-DP (опция -BP)

см. табл. G500 для полной информации о программных комплексах и минимальных системных требованиях.

Только для опций -BC и -BP, функциональные параметры могут быть альтернативно установлены через блок управления fieldbus, используя стандартный коммуникационный протокол, разработанный Ato.

Инструкции по стандартным протоколам (DS301V4.02, DSF408 для CANbus и DPV0 для PROFIBUS-DP) описаны в пользовательских руководствах MAN-S-BC (для опции -BC) и MAN-S-BP (для опции -BP), снабжены соответствующими программными комплексами.

Вышеупомянутые устройства для программирования необходимо заказывать отдельно.

в)

Рис.3.19 (а, б, в) Электро-гидравлические данные распределителя

		Соломенко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	55
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

11. Пропорційний клапан тиску – переливний та його необхідні електричні дані [5]

Proportional pressure relief valve,
pilot operated

Type DBEM and DBEME

RE 29361
Edition: 2013-07
Replaces: 2012-12



Similar figure

- ▶ Size 10 to 32
- ▶ Component series 7X
- ▶ Maximum operating pressure 350 bar
- ▶ Maximum flow: 700 l/min

Рис. 3.20 Пропорційний переливний клапан

electric		G24	G24-8
Minimum solenoid current	mA	≤ 100	≤ 100
Maximum solenoid current	mA	1600 ± 10 %	800 ± 5 %
Solenoid coil resistance	– Cold value at 20 °C	Ω	5.5
	– Maximum hot value	Ω	8.05
Duty cycle	%	100	100

electrical, integrated electronics (OBE)			
Supply voltage	– Nominal voltage	VDC	24
	– Lower limit	VDC	21
	– Upper limit	VDC	35
Current consumption		A	≤ 1.5
Required fuse protection		A	2, time-lag
Inputs	– Voltage	V	0 to 10
	– Current	mA	4 to 20
Output	– Actual current value	mV	1 mV ± 1 mA
Protection class of the valve according to EN 60529		IP 65 with mating connector mounted and locked	

Рис. 3.21 Електричні дані пропорційного переливного клапану

12.Обираємо два магнітні пускачі для двох асинхронних електродвигунів [17]

Магнітний пускач АСКО ПМ 2-32-10 380В (А0040010081)



аско
УКРЕМ

Наявність: На складі

589.33 грн / шт

К-ть - 1 +

ДО КОШИКА

ШВИДКЕ ЗАМОВЛЕННЯ

У закладки До порівняння

0 відгуків | Написати відгук

СХОЖІ ЗА ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ТОВАРИ



ХАРАКТЕРИСТИКИ

Номинальний струм комутації	32 A
Напруга котушки	380 V
Струм котушки	АС (змінний)

Рис. 3.22 Магнітний пускач

Характеристики цього пускача представлені на рис. 3.23

МАГНІТНИЙ ПУСКАЧ АСКО ПМ 2-32-10 380В (А0040010081) ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

- номінальна робоча напруга силових контактів: ~220/380/660 В
- напруга ізоляції: 660 В
- номінальний робочий струм (АС-1): 50А
- номінальний робочий струм (АС-3): 32А
- номінальний робочий струм (АС-4): 12А
- номінальна робоча напруга котушки керування: 380 В
- діапазон ввімкнення робочої напруги котушки керування: 80-110% Us
- діапазон вимкнення робочої напруги котушки керування: 30-60% Us
- кількість і вид контактів: 3NO+1NO
- електрична зносостійкість по АС-3: 1 500 000 циклів
- механічна зносостійкість по АС-3: 10 000 000 циклів
- габаритні розміри ГхШхВ: 98х56х80 мм
- ступінь захисту: IP20

Рис. 3.23 Характеристики магнітного пускача

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	57
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

13. Обираємо два реле контролю напруги на двох асинхронних двигунах [18]

< Реле Промавтоматика

Усе про товар Характеристики Залишити відгук



Реле контролю напруги Промавтоматика
16А DIN РНм 316

Рис. 3.24 Реле контролю напруги

На рис. 3.25 представлено характеристики даного реле

Характеристики Реле контролю напруги
Промавтоматика 16А DIN РНм 316

Залишити відгук	Код: 43462920
Тип	Реле напруги
Кількість полюсів	3
Особливості	3 індикацією
Номінальний струм	16 А
Країна-виробник товару	Україна
Довжина (висота)	90 мм
Ширина	53 мм
Вага	150 г
Гарантія	5 років офіційної гарантії від виробника
Країна реєстрації бренду	Україна

Рис. 3.25 Характеристики реле напруги

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	58
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

14. Обираємо 6 запобіжників плюс тримачі до них [19]

На рис. 3.26 представлено тримач запобіжника

**Тримач запобіжника 32А АС
500V, змінна напруга**



Рис. 3.26 Тримач запобіжника

На рис. 3.27 представлено характеристики цього тримача

Характеристики:

- Номінальний струм: 32 А
- Номінальна напруга: 500 В змінного струму
- Тип запобіжника: плавкий
- Монтаж: DIN-рейка
- Матеріал корпусу: пластик
- Колір корпусу: білий
- Діапазон робочих температур: от -25 до + 70 ° С

Рис. 3.27 Характеристики тримача

Запобіжники обираємо в діапазоні струму 16-32А.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	59
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

15.Обираємо два трансформатори для пониження напруги з 380V на 12-24V [20]

Ящик зі понижуючим
трансформатором ІЕК ЯТП, 0,25
кВа, АС 380/12 В



Рис. 3.28 Понижувач напруги 380/12

16. Обираємо 2 автоматичних вимикачів [21]

На рис. 3.29 зображено автоматичний вимикач



Рис. 3.29 Автоматичний вимикач

На рис. 3.30 зображено характеристики до цього вимикача

Технічні характеристики

Частота струму ?	50 Гц
Номінальний струм	25 А
Кількість полюсів	3 шт.
Номінальна робоча напруга змінного струму	400 В
Нейтраль	Ні
Номінальна вимикаюча здатність (I _{сн})	25 А

Рис. 3.30 Технічні характеристики вимикача

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	60
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

17.Обираємо твердотільне SSR реле для контролю за нагрівачем [22]

Дане реле представлено на рис. 3.31



Рис. 3.31 SSR реле

Характеристики даного реле представлені на рис. 3.32

Диапазон коммутируемых напряжений	24...380 В
Максимальный ток нагрузки	25 А
Падение напряжения на модуле	1.6 В
Управляющее напряжение	3-32 В
Управляющий ток	3-25 мА
Размеры	62x45x23 мм
Вес	97 г

Рис. 3.32 Характеристики реле

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	61
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

18. Обираємо три понижувача напруги 24/12V [23]

Даний понижувач представлено на рис.3.33



Рис. 3.33 Понижувач напруги 24/12V

Характеристики даного понижувача представлені на рис. 3.34

Характеристики:

- Входное напряжение- DC 20-30 В;
- Напряжение на выходе- DC 12 В;
- Мощность- 120 Вт;
- Максимальный ампераж- 10 А;
- Максимальная температура работы- 80С;
- Статический рабочий ток- < 50 мА;
- По бокам отверстия для охлаждения;
- Индикатор работы;
- Внутри присутствует радиатор для отвода тепла;
- По бокам имеются выступы с отверстиями для крепления;

Комплектация:

- Преобразователь DC/DC 24v-12v 10A
- Заводская упаковка

Рис. 3.34 Характеристики понижувача напруги

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	62
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

19. Обираємо контролер для управління електричним обладнанням [24]

Даний контролер представлено на рис. 3.35

Промышленный контроллер Siemens 1217C DC/DC/DC (6ES7217-1AG40-0XB0)



Рис. 3.35 Контролер Siemens

Характеристики для даного контролера представлені на рис. 3.36

Бренд:	Siemens
Серия:	S7-1200
Артикул:	6ES7217-1AG40-0XB0
Встроенная загружаемая память:	4 МБ
Встроенная рабочая память:	125 КБ
Допустимое количество модулей расширения:	8
Интерфейс:	Ethernet
Количество аналоговых входов:	2
Количество аналоговых выходов:	2
Количество портов Ethernet:	2
Количество цифровых входов:	14
Количество цифровых выходов:	10
Питание:	24В
Тип цифровых выходов:	транзисторные 24В/0.5А

Рис. 3.36 Технічні характеристики контролера

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	63
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Також до цього контролера обираємо блок розширення сигналів [24]

Даний блок розширення представлено на рис. 3.37

SIEMENS

Лист тех. данных

6ES7234-4HE32-0XB0



SIMATIC S7-1200, analog I/O SM 1234, 4 AI/2 AO, +/-10 V, 14-bit resolution or 0 (4)-20mA, 13-bit resolution

Рис. 3.37 блок розширення сигналів

Характеристики даного блоку представлено на рис. 3.38 (а, б, в)

Общая информация	
Обозначение типа продукта	SM 1234, AI 4 x 13 разряд /AO 2 x 14 разряд.
Напряжение питания	
Номинальное значение (пост. ток)	24 V
Входной ток	
Потребление тока, тип.	60 mA
из шины на задней стойке 5 В пост. тока, тип.	80 mA
Рассеиваемая мощность	
Нормальная рассеиваемая мощность	2 W
Аналоговые входы	
Число аналоговых входов	4: Дифференциальные входы тока или напряжения
Макс. допустимое входное напряжение для входа напряжения (предел разрушения)	35 V
Макс. допустимый входной ток для токового входа (предел разрушения)	40 mA
Макс. время цикла (все каналы)	625 μs
Входные диапазоны	
• Напряжение	Да: ±10 V, ±5 V, ±2,5 V
• Ток	Да: от 4 до 20 mA, от 0 до 20 mA
• Термозлемент	Нет
• Резистивный термометр	Нет
• Сопротивление	Нет
Входные диапазоны (номинальные значения), напряжения	
• от -10 до +10 V	Да
— Сопротивление на входе (от -10 до 10 V)	≥9 МОм
• от -2,5 до +2,5 V	Да
— Сопротивление на входе (от -2,5 до 2,5 V)	≥9 МОм
• от -5 до +5 V	Да
— Сопротивление на входе (от -5 до +5 V)	≥9 МОм
Диапазоны входных параметров (номинальные значения), ток	
• от 0 до 20 mA	Да
— Сопротивление на входе (от 0 до 20 mA)	280 Ω
• от 4 mA до 20 mA	Да
Аналоговые выходы	
Число аналоговых выходов	2: Ток или напряжение
Диапазоны выходных параметров, напряжение	
• от -10 до +10 V	Да
Диапазоны выходных параметров, ток	
• от 0 до 20 mA	Да
• от 4 mA до 20 mA	Да

а)

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	64
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Сопротивление нагрузки (в номинальном диапазоне выходов)	
• при выходном напряжении, мин.	1 000 Ω
• при выходном токе, макс.	600 Ω
Длина провода	
• экранированные, макс.	100 м; экранировано, витая пара
Формирование аналоговой величины для выходов	
Принцип измерения	Дифференциальный
Время интегрирования и преобразования/разрешение на канал	
• Макс. разрешение с диапазоном перегрузки (бит со знаком)	12 bit; + знак
• Настраиваемое время интегрирования	Да
• Поддержание напряжения помех для частоты помех f _п в Гц	40 дБ, пост. ток до 60 В для частоты помех 50/60 Гц
Выражение результатов измерений	
• параметризуемое	Да
• Ступени: Без ступени	Да
• Ступени: слабая	Да
• Ступени: средняя	Да
• Ступени: сильная	Да
Формирование аналоговой величины для выходов	
Время интегрирования и преобразования/разрешение на канал	
• Макс. разрешение с диапазоном перегрузки (бит со знаком)	14 bit; Напряжение: 14 бит, Ток: 13 бит
Точность/точность	
Точность температуры (относительно диапазона входных параметров) (+/-)	Весь диапазон измерений от 25 °C ±0,1 %, до 55 °C ±0,2 %
Точность температуры (относительно диапазона выходных параметров) (+/-)	Весь диапазон измерений от 25 °C ±0,2 %, до 55 °C ±0,6 %
Основной предел точности (эксплуатационный предел точности при 25 °C)	
• Напряжение относительно диапазона входных параметров, (+/-)	0,1 %
• Ток относительно диапазона входных параметров, (+/-)	0,1 %
• Напряжение относительно диапазона выходных параметров, (+/-)	0,3 %
• Ток относительно диапазона выходных параметров, (+/-)	0,3 %
Поддержание напряжения помех для f = 0,1 (f _п ±1 %), f _п = частота помех	
• Макс. синфазное напряжение	12 V
Аварийные сигналы/диагностика/информация о состоянии	
Аварийные сигналы	Да
Диагностическая функция	Да
Аварийные сигналы	
• Диагностический сигнал	Да
Диагностика	
• Контроль напряжения питания	Да
• Обрыв провода	Да
• Короткое замыкание	Да
Диагностический светодиодный индикатор	
• для индикации состояния входов	Да
• для индикации состояния выходов	Да
• для обслуживания	Да
Гальваническая развязка	
Гальваническая развязка аналоговых выходов	
• между каналами и напряжением питания блока электроники	Нет
Степень защиты и класс защиты	
Степень защиты IP	IP20
Стандарты, допуски, сертификаты	
Маркировка CE	Да
Допуск CSA	Да
Допуск UL	Да
cULus	Да

б)

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	95
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Допуск FM	Да
RCM (ранее C-TICK)	Да
Допуск KC	Да
Допуск для судостроения	Да
Окружающие условия	
Свободное падение	
■ Макс. высота свободного падения	0,3 м; пять раз, в упаковке к отправке
Температура окружающей среды при эксплуатации	
■ мин.	-20 °C
■ макс.	60 °C
■ горизонтальный настенный монтаж, мин.	-20 °C
■ горизонтальный настенный монтаж, макс.	60 °C
■ вертикальный настенный монтаж, мин.	-20 °C
■ вертикальный настенный монтаж, макс.	60 °C
Температура окружающей среды при хранении/транспортировке	
■ мин.	-40 °C
■ макс.	70 °C
Давление воздуха согласно IEC 60068-2-13	
■ Эксплуатация, мин.	795 hPa
■ Эксплуатация, макс.	1 080 hPa
■ Хранение/транспортировка, мин.	660 hPa
■ Хранение/транспортировка, макс.	1 080 hPa
Относительная влажность воздуха	
■ Эксплуатация при 25 °C без конденсации, макс.	95 %
Концентрация вредных веществ	
■ SO ₂ при отн. влажности < 60% без конденсации	SO ₂ : < 0,5 имп/мин; H ₂ S: < 0,1 имп/мин; относительная влажность < 60% без конденсации
технология подключения	
Требуемый передний штекер	Да
Механические свойства/материалы	
Материал корпуса (спереди)	
■ Пластиковый	Да
Размеры	
Ширина	45 mm
Высота	100 mm
Глубина	75 mm
Массы	
Масса, прибл.	220 g

в)

Рис. 3.38 Технічні характеристики блоку розширення для даного контролера

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	66
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Експлікація до електросхеми

Назва елементу	Кількість, од.	U, В	I, А, мА	P, Вт, кВт	Pmax, МПа	Частота обертів об/хв
Датчик обертів	1	12	7-14 мА	-	-	-
Датчик тиску Дт 3	1	10-55 (24)	4- 20 мА	-	27,5	-
Датчик тиску Дт 2	1	10-55 (24)	4- 20 мА	-	27,5	-
Розподільник	1	24	1 А	-	35	-
Клапан тиску переливний	1	24	1.5 А	-	35	-
Підсилювач	2	12-24	2,4 А	2 Вт	-	-
Датчик тиску Дт 1	1	24	12 мА	-	25	-
Датчик температури	1	24	4-20 мА	-	-	-
Двигун на насосі	1	380	8,20 А	4 кВт	-	2880
Двигун на охолоджувачі	1	380	1,3 А	0,25 кВт	-	940
Магнітний пускач	2	380	12-32 А	-	-	-
Реле контролю напруги	2	380	16А	-	-	-
Запобіжник + тримач до нього	6	380	32 А	-	-	-
Трансформатор	1	380 -/- 12		-	-	-
Автоматичний вимикач	2	380	25А	-	-	-
Нагрівач	1	220		2 кВт	-	-
Реле SSR (твердотільне реле для нагрівача)	1	220 12	2А 20 мА	-	-	-
Понижувач напруги	1	20-30 -/- 12	max10 А 50 мА	120Вт	-	-
Контролер	1	24	600 mА	12 Вт	-	-
Блок розширення	1	24	40 mА	-	-	-
Блок живлення	1	24	-	-	-	-

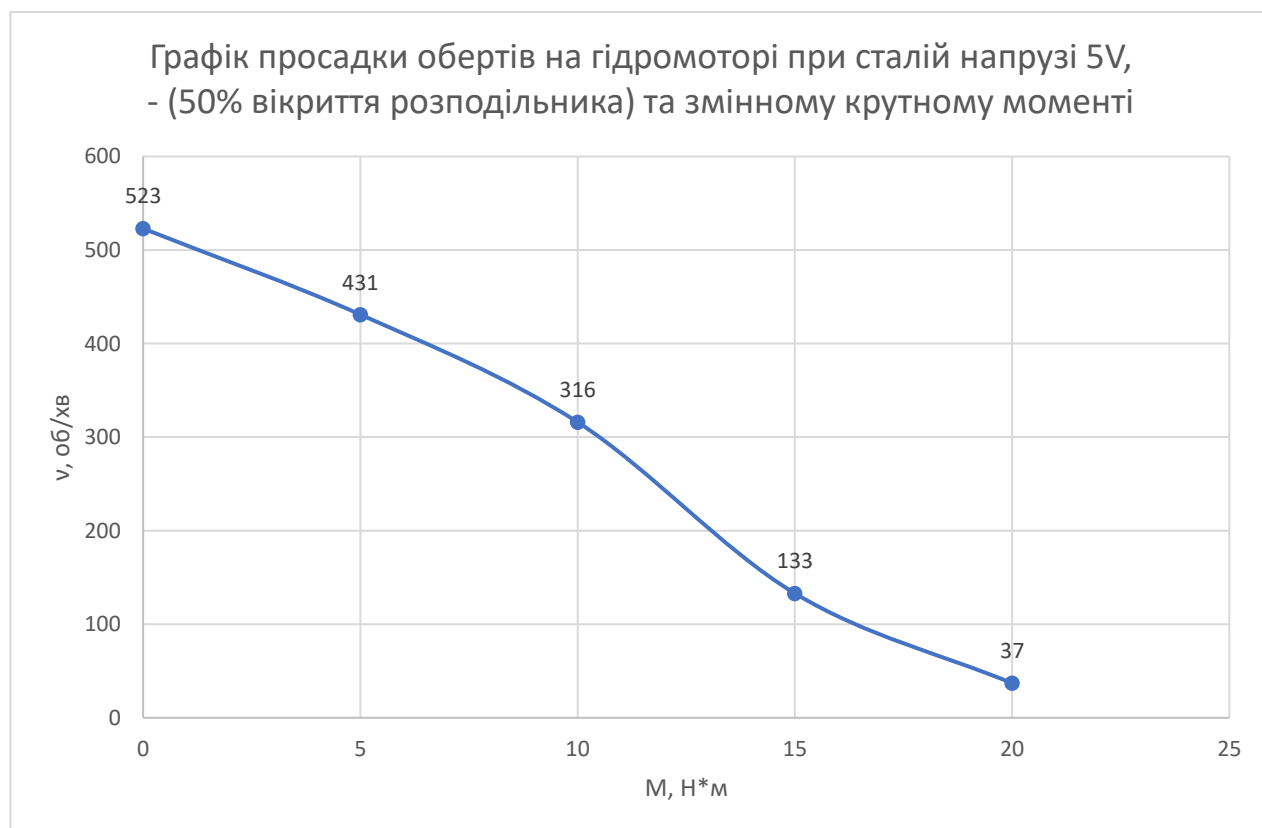
		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	67
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Проводимо перевірку адекватності роботи схеми в програмному середовищі FLUID SIM та будуємо відповідні графіки по отриманим значенням. Досліди проводяться при розрахованому тиску для гідросхеми в 125 Бар або 12,5 МПа.

1. Досліджуємо просадку обертів при сталій напрузі керування розподільником, а саме 5 V відповідає відкриттю золотника на 50%, та прикладаємо змінний крутний момент на вал гідромотора.

Таблиця 3.14 – Експериментальні дані під час проведення симуляції

Крутний момент Н*м	ν (Об/хв) +/- 3-5об	V(В)
0	523	5
5	431	5
10	316	5
15	133	5
20	37	5

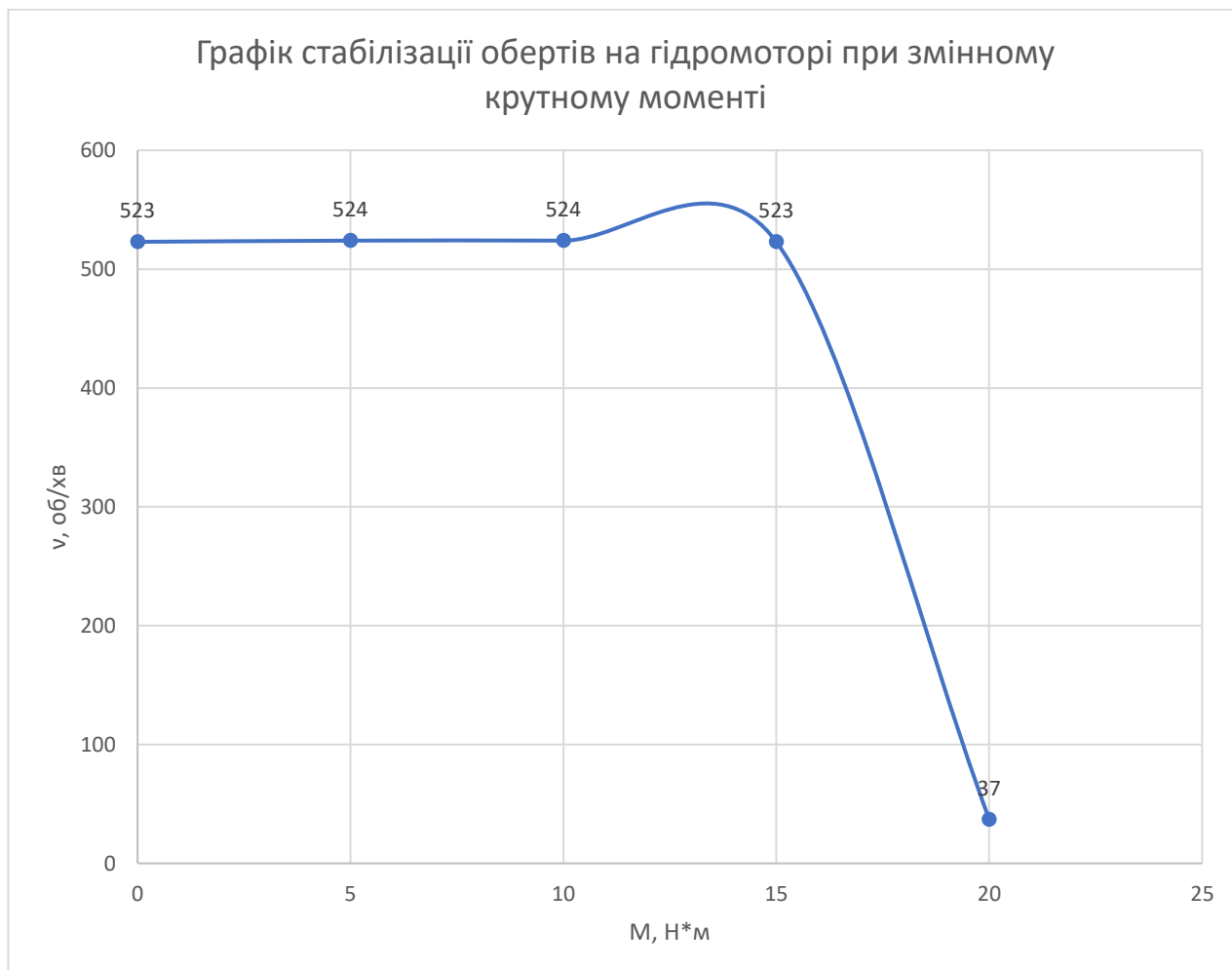


		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	68
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

2. Досліджуємо стабілізацію обертів на валу гідромотора при змінному крутному моменті та змінній напрузі яка змінює положення золотника відповідно при такому процесі оберти починають стабілізуватися.

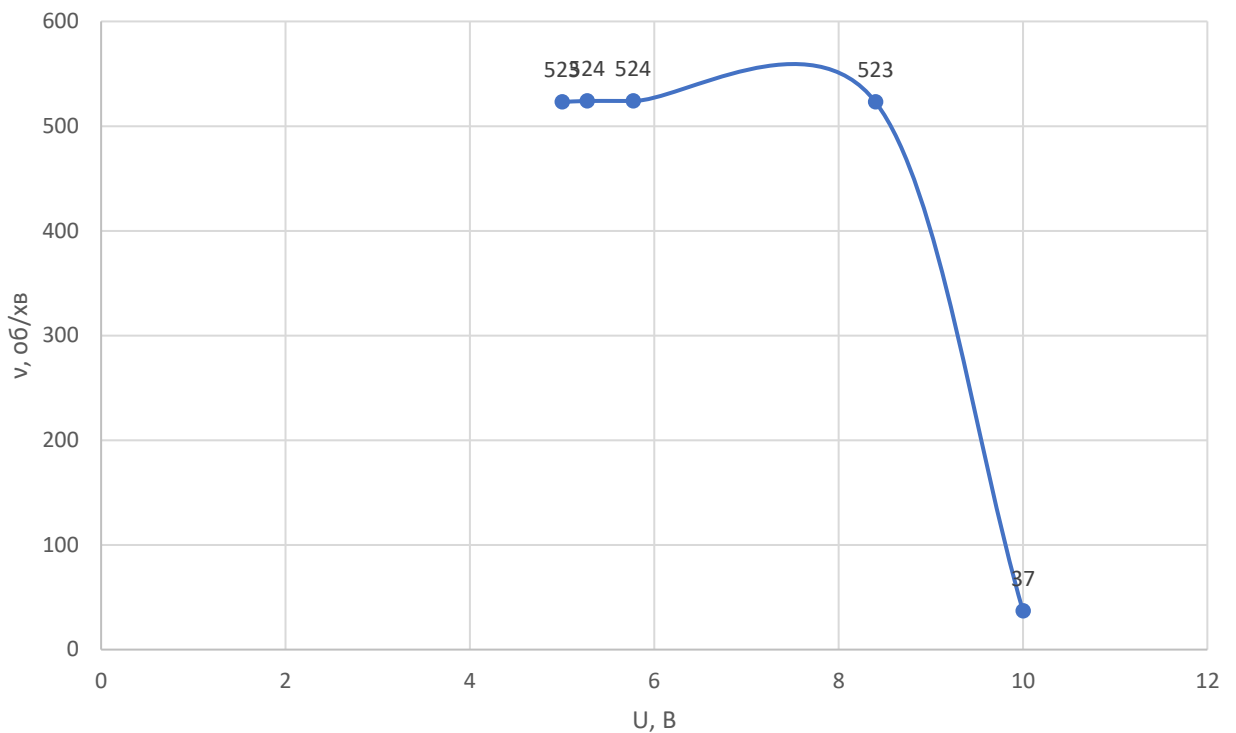
Таблиця 3.15 – Дані які показують стабілізацію обертів

Крутний момент Н*м	ν (Об/хв) +/- 3-5об	V(В)
0	523	5
5	524	5,27
10	524	5,77
15	523	8,4
20	37	10



		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	69
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Графік стабілізації обертів при різній напрузі керування (різний % відкриття золотника на розподільнику), за допомогою якої стабілізуємо оберти



Ще побудуємо графік зміни напруги при змінному крутному моменті який прикладаємо до валу гідромотора.

Таблиця 3.16 – Зміни напруги та крутного моменту

Крутий момент Н*м	V(В)
0	5
5	5,27
10	5,77
15	8,4
20	10

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	70
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



Висновок по даним графіків

Дана схема непогано відпрацьовує змінне навантаження на вал гідромотору, але є певний діапазон звісно. Якщо прикладати крутний момент в діапазоні 0-10 Н*м то достатньо на 50-60% відкрити золотник розподільника. Якщо брати діапазон 0-15 Н*м то вже золотник потрібно відкрити з таким відсотком 50-85%. А коли вже навантаження перевищує 15-16 Н*м то навіть повне відкриття розподільника на 100% не може стабілізувати оберти. Тому самі оптимальні навантаження це 0-15 Н*м якщо звісно

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	71
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

4 Технологія виготовлення деталі фланець для монтажу порошкового гальма з гідромотором

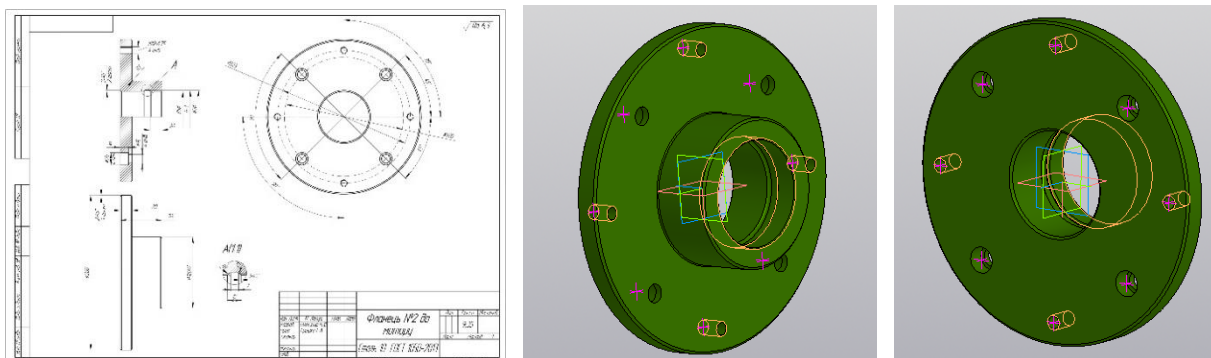


Рис. 4.1 Робочий кресленик та 3д модель фланця

Вибір заготовки

Обираємо кругляк діаметром 260мм та довжиною 70мм.

Обрали кругляк за такою ціною та маркою сталі Сталь10.

Круг 260 мм стальной



Купить Стальной Круг 260 мм недорого в Украине

Цена (1 м.п.):
28030
грн

ЗАКАЗАТЬ ОТ 200 КГ

Оптовым покупателям особые условия от пачки а скидки* - от 5 тонны

УЗНАТЬ ОПТОВУЮ ЦЕНУ

Рис.4.2 Кругляк для заготовки

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	72
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Так як ціна вказана за погонний метр то ціна нашої заготовки буде коштувати 1962 грн.

Підбір інструменту для обробки заготовки

Для полегшення свердління обираємо свердло діаметром 10 мм.

ATORN SARA Twist drill bit

HSS-E DIN 338 Typ N Typ NV 118° 130° 27° 35° 5xD Vap. i Vc/fz

101006.... profile ground, vapour treated from $\varnothing$ 2.4 mm, point thinning from $\varnothing$ 1 mm
 101010.... profile ground, point thinning from $\varnothing$ 1 mm, self-centring
 101410.... profile ground, point thinning from $\varnothing$ 1 mm, self-centring

Material	steel			stainless steel		cast iron		titanium alloys	superalloys Fe/NiCo-based		aluminium		copper	graphite	hardened steel	
	< 700 N/mm²	700-1000 N/mm²	> 1000 N/mm²	ferrous	austenitic	GG/GJS	GGG		< 20 HRc	20-28 HRc	< 8 HRC	8-12 HRC			< 22 HRc	22-40 HRc
101006....	25-38	20-22		12-14	10-12	25-28	20-23				50-60	40-50	30-60			
101010....	30-35	20-22	12-15	10-14	10-12			6-7	6-8							
101410....	30-35	20-22	12-15	10-14	10-12			6-7	6-8							

Cutting speed Vc m/min. Please adjust these guidelines according to clamping operation and machine set-up.

D h8	L	L1	Feed f	ATORN Type N, 118°, vap.	ATORN type NV, 130°, blank	SARA type N, 130°, blank
mm	mm	mm	steel $\approx$ 1000 N/mm² mm/rev	ort.no. €	ort.no. €	ort.no. €
1.0	34	12	0.03	10 101006 0100 2,05	10 101010 0100 2,16	10 101410 0100 1,61
1.1	36	14	0.04	10 101006 0110 2,05	10 101010 0110 2,16	10 101410 0110 1,65
1.2	38	16	0.04	10 101006 0120 2,05	10 101010 0120 2,16	10 101410 0120 1,60

Рис. 4.3 Свердло для полегшення свердління

Ціна цього свердла 3.78 євро.

Обираємо ще одне свердло діаметром 10 мм щоб міг пройти розточний різець та для отворів щоб нарізати різьби.

10.0	133	87	0.18	1	101006 1000	8,95	1	101010 1000	9,45	1	101410 1000	7,18
------	-----	----	------	---	-------------	------	---	-------------	------	---	-------------	------

Рис. 4.4 Свердло діаметром 10мм

Його ціна 9.45 євро

Обираємо ще свердло в діаметрі 15мм там де отвори з цековками.

15.0	169	114	0.22	1	101006 1500	44,65	1	101010 1500	47,-
------	-----	-----	------	---	-------------	-------	---	-------------	------

Рис. 4.5 Свердло 15мм

Його ціна 44,65 євро

Ще одне обираємо для отвору 20мм щоб пройшла цековка

20.0	214	140	0.28	1	101006 2000	84,50
------	-----	-----	------	---	-------------	-------

Рис. 4.6 Свердло 20мм для цековки

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ		73
		Гришко І. А.					
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			

Його ціна 84,50 євро

Також обираємо цековку на 20мм.



With tapping hole pin

D mm	D6 mm	for screws	D1 mm	L mm	HSS art.no.	€	HSS-E art.no.	€
6.5	2.5	M3	5.0	71	150505 0006	13,70	150507 0006	21,20
8.0	3.3	M4	5.0	71	150505 0008	13,70	150507 0008	19,80
10.0	4.2	M5	8.0	80	150505 0010	12,-	150507 0010	22,80
11.0	5.0	M6	8.0	80	150505 0011	12,75	150507 0011	24,40
15.0	6.8	M8	12.5	100	150505 0015	19,90	150507 0015	31,60
18.0	8.5	M10	12.5	100	150505 0018	23,50	150507 0018	38,40
20.0	10.2	M12	12.5	100	150505 0020	26,70	150507 0020	40,-

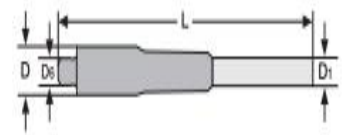
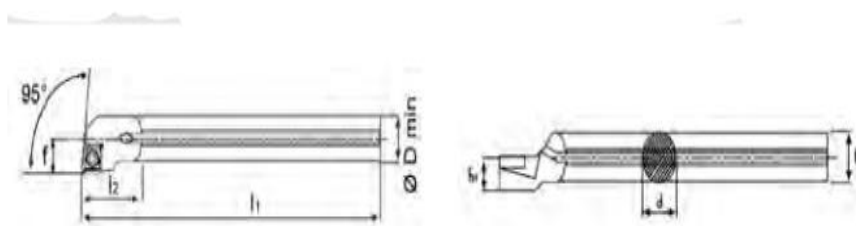


Рис. 4.7 Цековка в діаметрі 20мм

ІІ ціна 26,70 євро

Обираємо розточний різець



18482 401-402	d	f	l ₁	l ₂	h ₁	h ₂	Ø D min.
Set contents	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
E 08K SCLCR/L-06	8	5	125	-	3.5	7.5	11.0
E 10K SCLCR/L-06	10	6	125	10	4.5	9.5	14.0
E 12M SCLCR/L-06	12	8	150	10	5.5	11.5	17.0

18482 401-402



Рис. 4.8 Розточний різець для розточування

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	74
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		






Item no: 1018482 401

Online price: **460,50 €**

● Still in stock: 6

Add to watch list ★

Quantity

Add to basket

Рис. 4.9 Набір розточних різців для розточування

Обрали набір розточних різців, так як потрібних не знайшлося.

Ціна: 460.50 євро

Обираємо прохідний різець

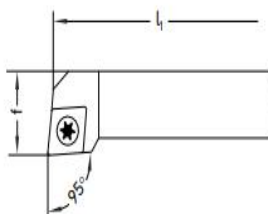
18405 - 18406

Clamp holder SCLCR/L



Design
Angle of attack 95°.

Applications
For indexable insert CC.



18405

ISO designation	l ₁ mm	f mm	For indexable inserts	Right	Left	
				18405	...	18406
SCLCR/L 1010 E06	70	12	CC.. 0602..	102		102
SCLCR/L 1212 F09-T3	80	16	CC.. 09T3..	103		103
SCLCR/L 1616 H09-T3	100	20	CC.. 09T3..	104		104
SCLCR/L 2020 K09-T3	125	20	CC.. 09T3..	105		105
SCLCR/L 1616 H12	100	20	CC.. 1204..	106		106
SCLCR/L 2020 K12	125	25	CC.. 1204..	107		107
SCLCR/L 2525 M12	150	32	CC.. 1204..	108		108

Рис. 4.10 Прохідний різець

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	75
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



Рис. 4.11 Прохідний різець

Ціна: 80.11 євро

Обираємо мітчик для нарізання різьб M12*1.75

DIN 376

D mm	Pitch mm	L mm	L1 mm	D1 mm	C mm	Tapping hole Ø mm	art.no.	€
M3	0.5	56	11	2.2	.	2.5	133025 0030	14,90
M4	0.7	63	13	2.8	2.1	3.3	133025 0040	15,20
M5	0.8	70	16	3.5	2.7	4.2	133025 0050	15,70
M6	1.0	80	19	4.5	3.4	5.0	133025 0060	16,10
M8	1.25	90	22	6.0	4.9	6.8	133025 0080	17,40
M10	1.5	100	24	7.0	5.5	8.5	133025 0100	20,80
M12	1.75	110	29	9.0	7.0	10.25	133025 0120	26,10

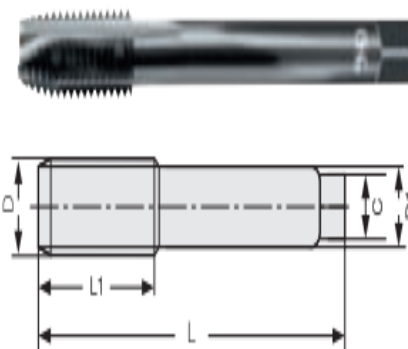


Рис. 4.12 Мітчик для нарізання різьби M12*1,75

Ціна: 26.10 євро

Знаходимо різець для нарізання дюймої різьби.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	76
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



Різець різьбовий для внутрішньої різьби 12x12x140 T5K10

Артикул: 34314

Ціна з ПДВ: **146.30** грн

Рис. 4.13 Різець для нарізання дюймової різьби

Так як немає різців з профілем ріжучою кромки під кутом 55 градусів, то цей на 60 переточить токарь на профіль 55.

Ціна: 146.30 грн

Підбір оснастки

ALBRECHT Precision drill chuck **SBF-plus**

- **With mounting shank**
- Compact design
- High stability and high true-running accuracy
- **For clockwise rotation**
- **Advantage:** The SBF-plus drill chuck is a total of 21 mm shorter than two-part systems consisting of a taper and drill chuck.
- Version with diamond-coated clamping jaws available on request

Morse taper holding fixture

Clamping range mm	Shank	L1 mm	L2 mm	D mm	art.no.	€
1 - 13	MT 2	85	95.5	50	400156 0213	164,50
1 - 13	MT 3	85	95.5	50	400156 0313	167,50
1 - 13	MT 4	86.5	96	50	400156 0413	174,10
3 - 16	MT 2	89	102.5	56	400156 0216	184,80
3 - 16	MT 3	89	102.5	56	400156 0316	187,70
3 - 16	MT 4	90	103.5	56	400156 0416	194,80

4102

Straight shank

Clamping range mm	Shank Ø mm	L1 mm	L2 mm	D mm	art.no.	€
1 - 13	16 x 60	79	88.5	50	400156 1613	164,-

4102

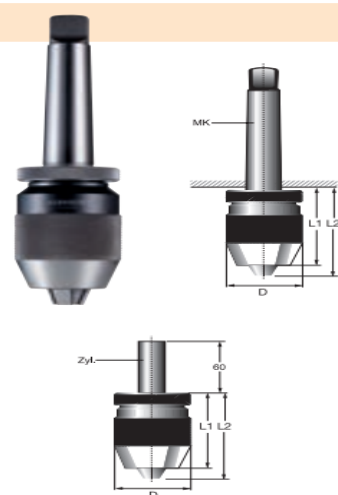


Рис. 4.14 Патрон для свердлильного верстату

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	77
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Обрали патрон

1-13	MT 3	85	95.5	50	400156 0313	167,50
------	------	----	------	----	-------------	--------

Рис. 4.15 Обрали патрон для верстату

Ціна: 167.50 євро

Підбір вимірювального інструменту

Обираємо штангенциркуль

Locking screw on top, carbide-tipped external measuring faces

Measurement range mm	Jaw length mm	Vernier mm	art.no.	€	Calibration art.no.	€
150	40	0.05	500211 0001	115,-	070101 0001	7,25
200	50	0.05	500211 0002	147,-	070101 0001	7,25
300	64	0.05	500211 0003	320,-	070101 0002	14,-

5102

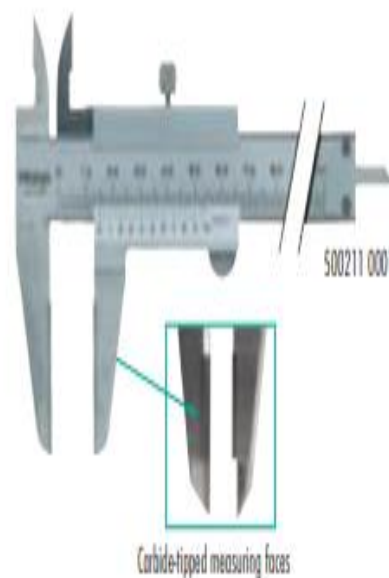


Рис. 4.16 Штангенциркуль для вимірів

Ціна: 14 євро

Обираємо мікрометр

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	78
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

SARA Outside micrometer



- Precision design with ratchet
- Frame with hand protection
- Spindle fixed by means of a locking lever
- Reading parts matt chrome-plated
- Scale barrel Ø: 17 mm
- Spindle Ø: 6.35 mm
- Calibration includes setting gauge
- Supplied with adjustment key, versions over 25 mm include setting gauge



Individual

Measurement range mm	art.no.	€	Calibration art.no.	€
0-25	502505 0025	18,50	070501 0001	13,-
25-50	502505 0050	24,50	070501 0102	26,-
50-75	502505 0075	32,90	070501 0102	26,-
75-100	502505 0100	39,90	070501 0102	26,-
100-125	502505 0125	65,-	070501 0102	26,-
125-150	502505 0150	79,-	070501 0102	26,-

€112



Рис. 4.17 Мікрометр для вимірів

Обрали

Їх загальна ціна: 65 євро

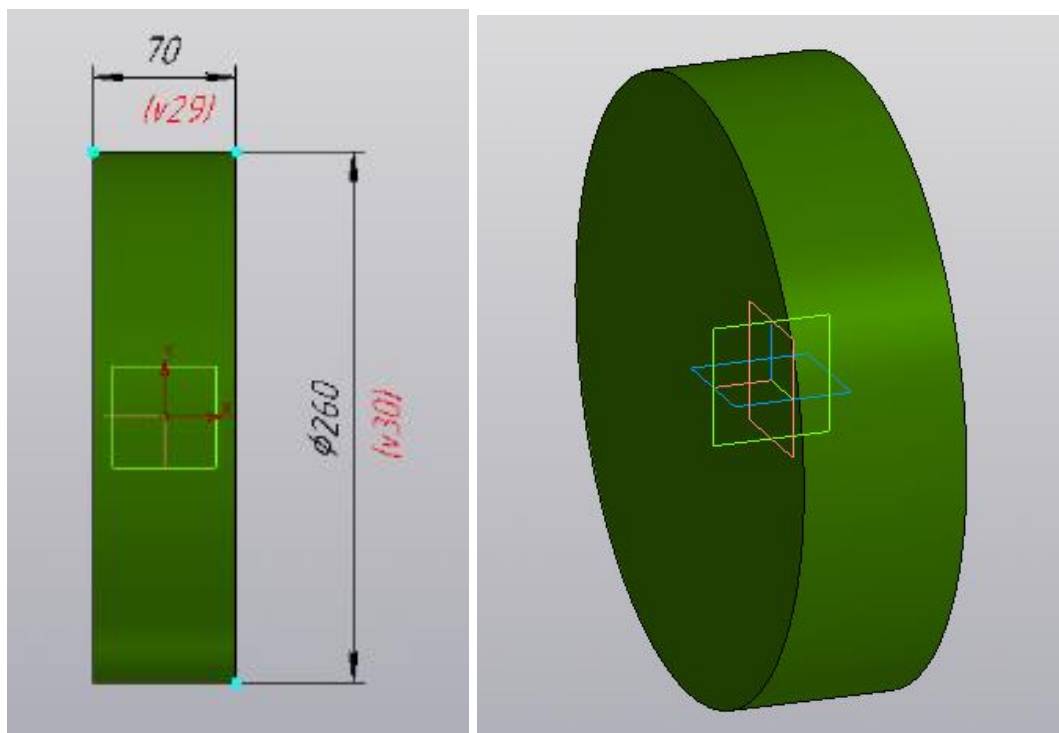
Опис технологічного процесу

Розраховуємо швидкості та подачі для інструментів

1. Затискаємо заготовку в патрон та проводимо операцію проточування прохідним різцем з діаметра 260 мм на діаметр 120 мм та довжину 50 мм.

Заготовка до обробки

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	79
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



а)

б)

Рис. 4.18 (а, б) 3д модель заготовки до процесу проточування

Cylindrical surface with shoulder P K M J N Low-alloy steel P2.1.ZAN • 170 HB Lathe 03 - Medium (5-12" chuck) • 20 MW, 4200 1/min <table border="1"> <tr> <td>Chuck</td> <td>Chuck</td> </tr> <tr> <td>260 mm</td> <td>120 mm</td> </tr> <tr> <td>LM</td> <td>ROX</td> </tr> <tr> <td>50 mm</td> <td>1 mm</td> </tr> </table> Get results	Chuck	Chuck	260 mm	120 mm	LM	ROX	50 mm	1 mm	<table border="1"> <tr> <td>Working conditions</td> <td>Workpiece surface condition code Pre-machined</td> <td>Cutting condition code Continuous cut</td> <td>Stability of turning Good stability</td> </tr> </table>	Working conditions	Workpiece surface condition code Pre-machined	Cutting condition code Continuous cut	Stability of turning Good stability
Chuck	Chuck												
260 mm	120 mm												
LM	ROX												
50 mm	1 mm												
Working conditions	Workpiece surface condition code Pre-machined	Cutting condition code Continuous cut	Stability of turning Good stability										
Operation type CTPT Machined diameter start DMS Machined diameter end DME Machined length LM Corner radius maximum RCR Ra roughness value on the face RFA Ra roughness value longitudinal RFL PrimeTurning™ include PrimeTurning™ results ON PrimeTurning™ requires dedicated coded programming method Learn more	Pro machining and finishing 260 mm 120 mm 50 mm 1 mm µm µm												

а)

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	80
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



P

Lathe C3 Medium (6-12" chuck)

3D AXIAL 4000 L/min

Machined diameter
dia1 260 mm

Machined diameter
and dia2 120 mm

Machined length
L1 80 mm

Corner radius
maximum R1 1 mm

Roughness value
on the face Ra

Roughness value
longitudinal Ra

Include Prime Turn key? ☐

More...

T-Max P



DCLNR 2022M 19
Tool



CNMG 16 00 08 PR 4425
Insert

Rectangular shank - metric 20 x 20

Adaptive interface
machine diameter
A1011MS

Tool life count
T1 600

Machining time
TMT 03:00:00

Rectangular shank -
metric 20 x 20

Feed rate
F 0.35

Feed rate
F 0.35

Save for later

Show assembly

STEPS 1 2

1. DEBITTING - APPROACHING

Cutting speed
Vc 917 m/min

Feed per revolution
Fz 0.35 mm

Number of passes in AP direction
NORAP 10

Depth of cut
AP 5.00 mm

CO2 emissions

Carbon dioxide emission per
component CO2 500 g

Waste per component
WPC 1.9 g

Show detail

б)

TUNING ACTION: LONGITUDINAL AND PROX / NORAP 10

CO2 EMISSIONS 100%

VC (mm) CUTTING SPEED

1 917

2 917

AP (mm) DEPTH OF CUT

1 5.00

2 5.00

FX (mm) FEED PER REVOLUTION

1 0.35

2 0.35

NORAP (NORAP) NUMBER OF PASSES IN AP DIRECTION

1 10

2 10

DBE (mm) DEPTH OF CUT IN AP DIRECTION

1 100

2 100

RPV3 (L/min) 3-DIRECTIONAL SPEED MAXIMUM

1 842

2 842

RPV3 (L/min) 3-DIRECTIONAL SPEED MAXIMUM

1 842

2 842

MUC3 (mm) MAXIMUM CUTTING TORQUE

1 500

2 500

LEGEND

1 Longitudinal pre-machining

2 Face pre-machining

T-Max P



DCLNR 2022M 19
Tool



CNMG 16 00 08 PR 4425
Insert

coupling

Rectangular shank - metric 20 x 20

cooling

WPC 1.9 g

Emission 100%

LEGEND

1 Longitudinal pre-machining

2 Face pre-machining

в)

Рис. 4.19 (а, б, в) Процес проточування

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	81
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Заготовка після операції проточування

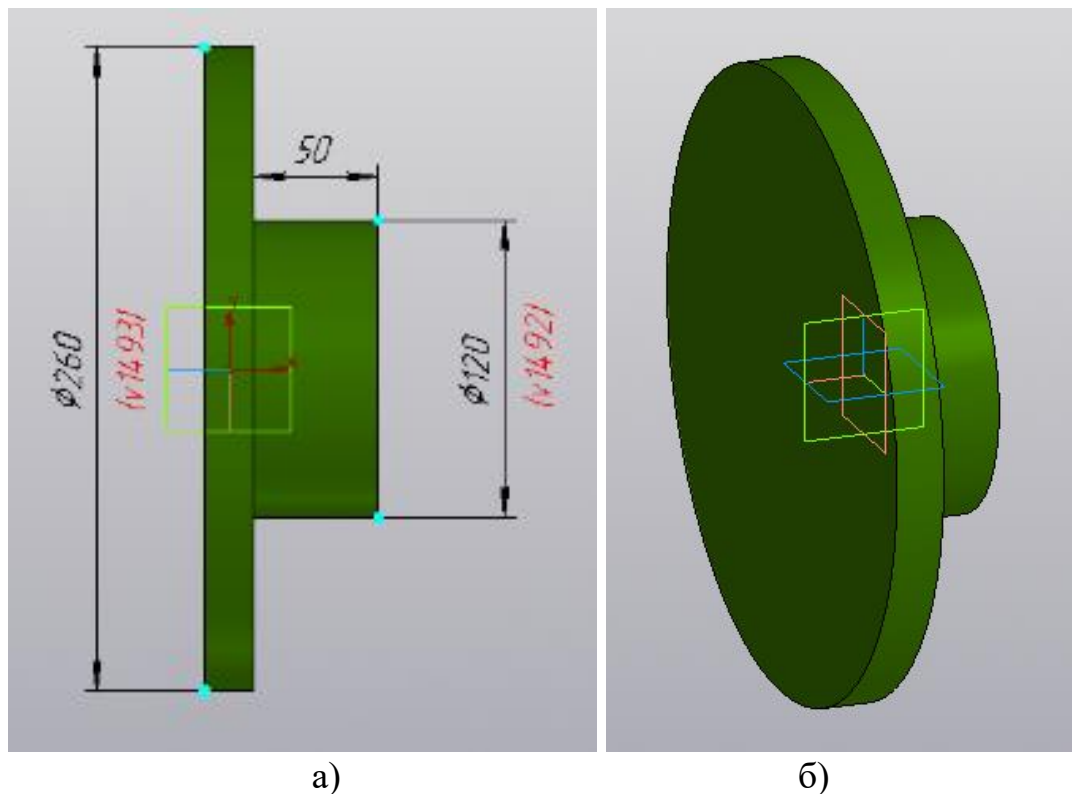


Рис. 4.20 (а, б) 3д модель заготовки після операції проточування

2. Заготовка в патроні так і залишається. Проводимо операцію свердління свердлом в діаметрі 15 мм на глибину 70 мм тобто наскрізь.

Заготовка до операції свердління

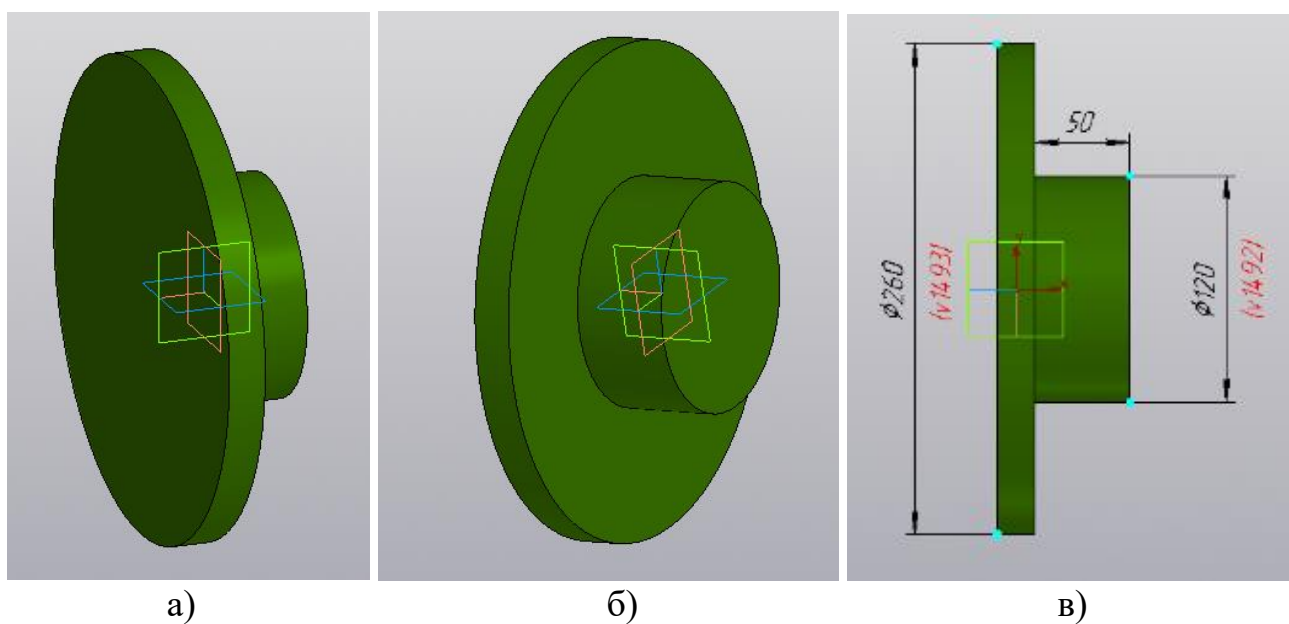
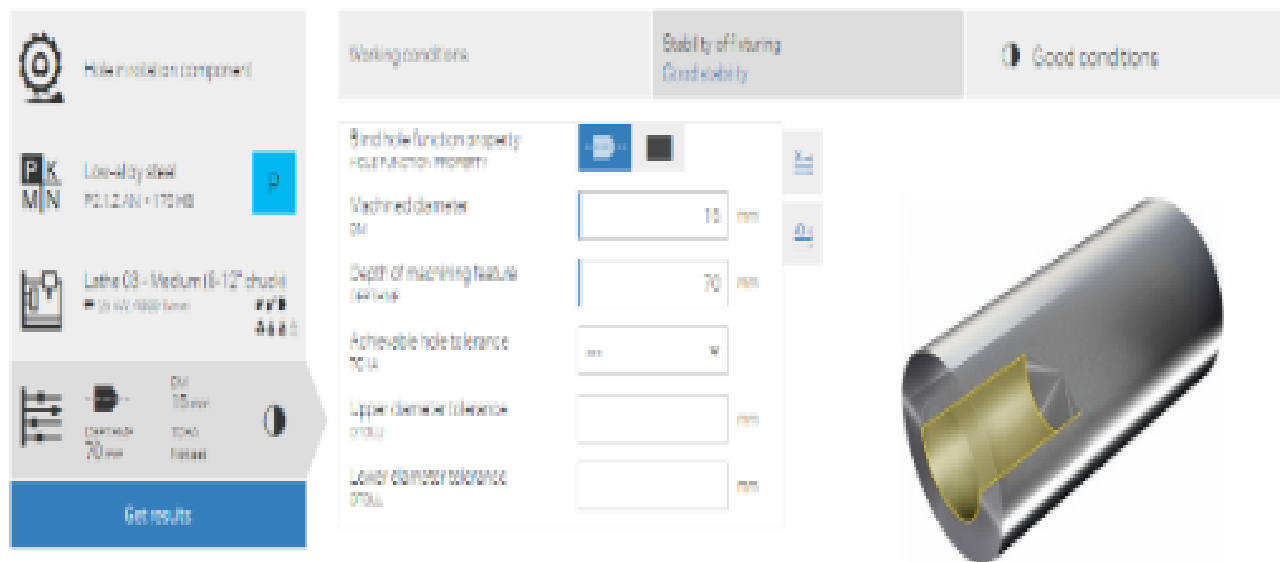
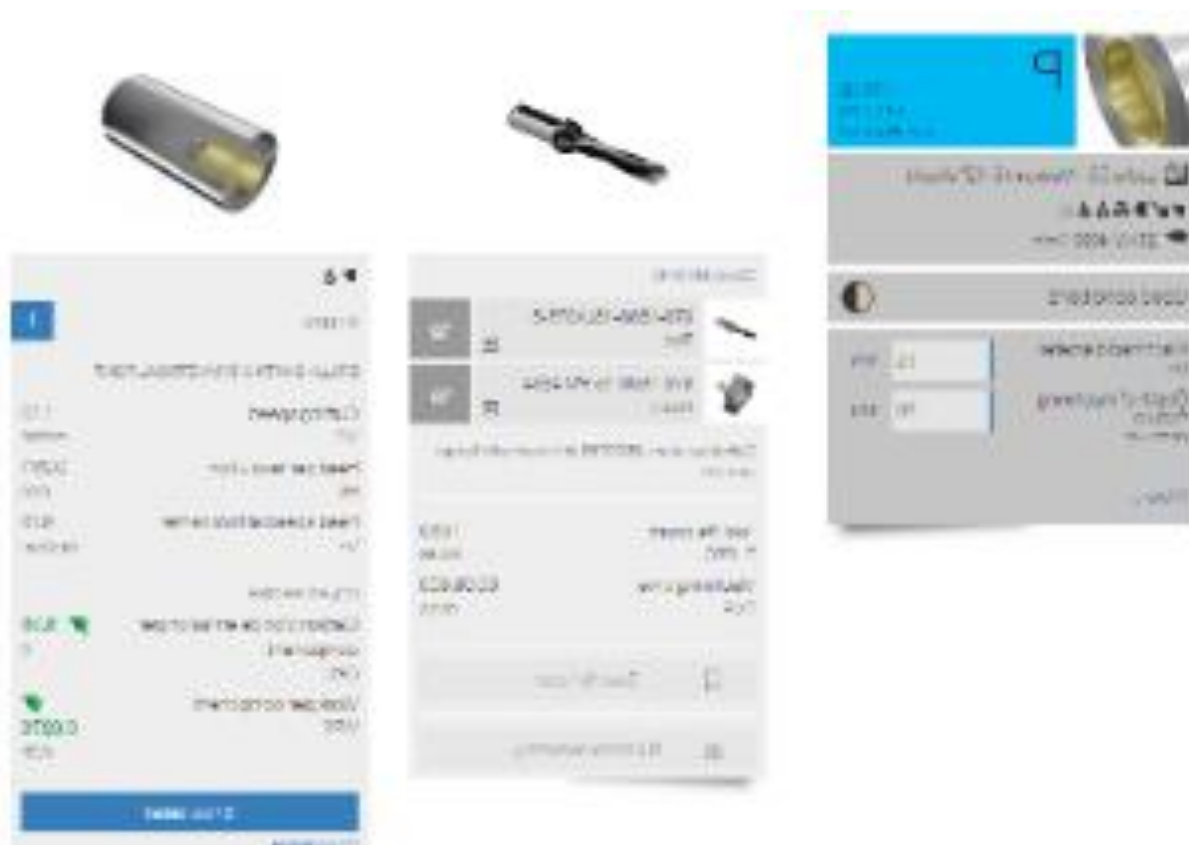


Рис. 4.21 (а, б, в) 3д модель заготовки до процесу свердління

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	82
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



a)



б)

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	83
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

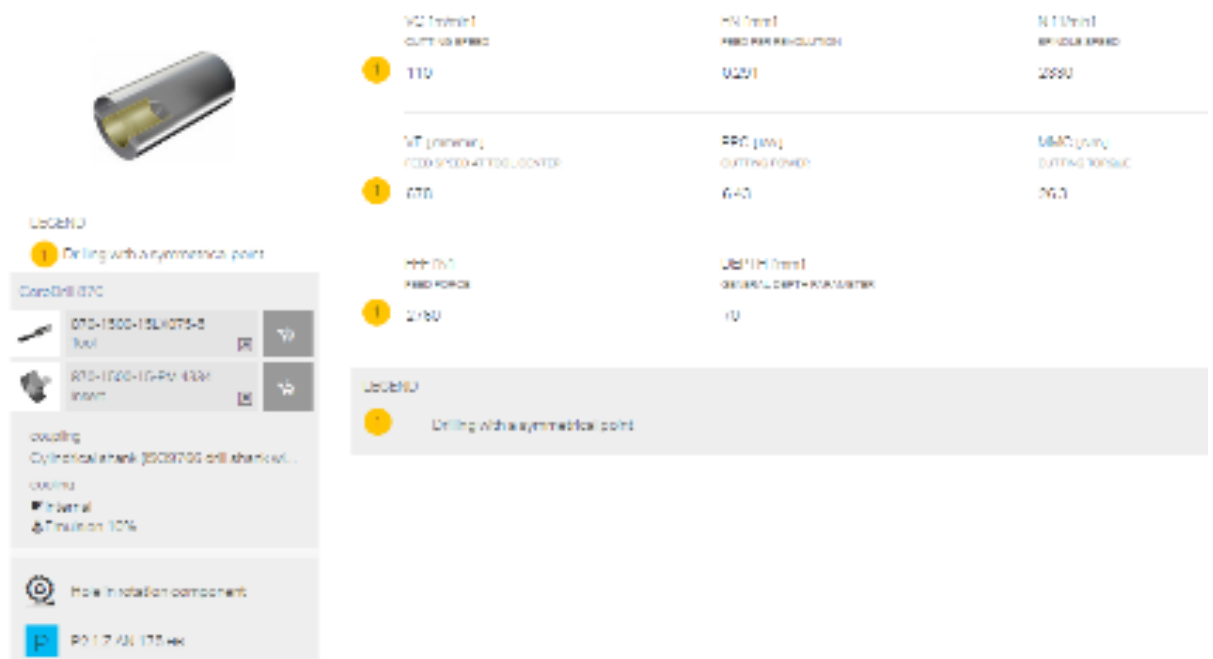
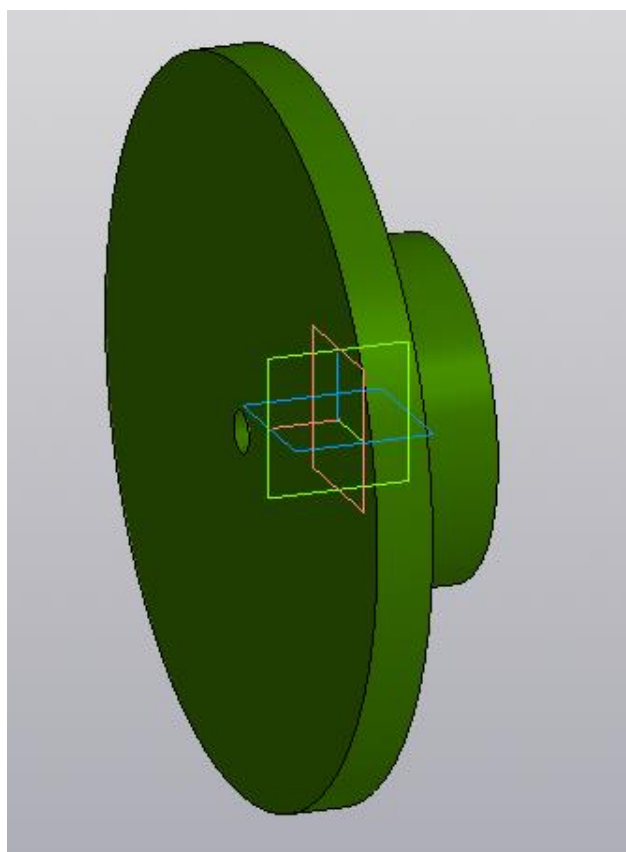
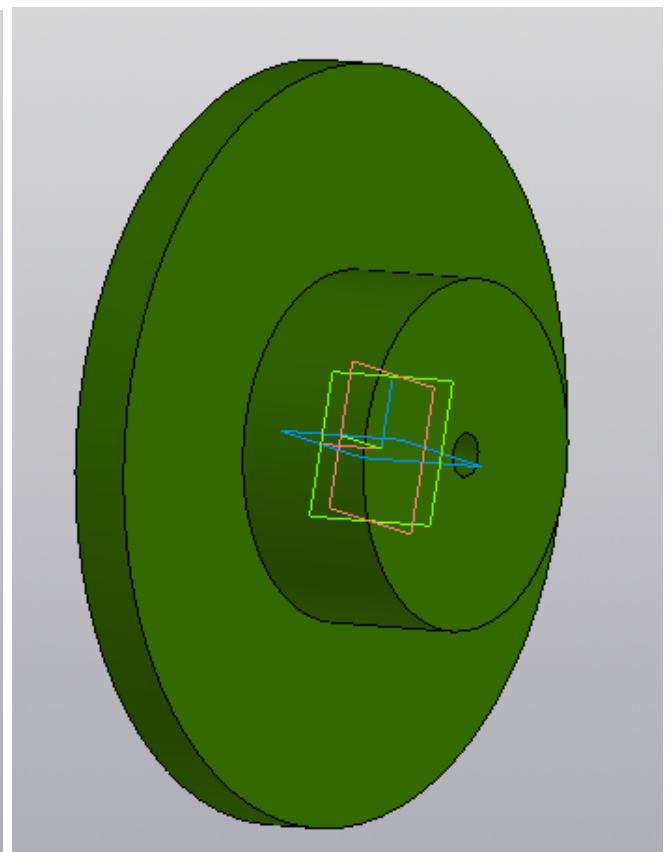


Рис. 4.22 (а, б, в) Процес свердління

Заготовка після операції свердління отвору

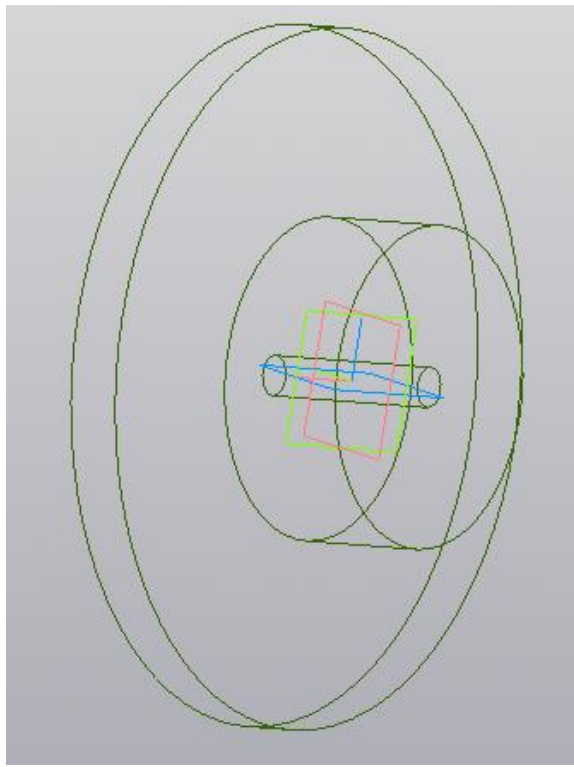


а)

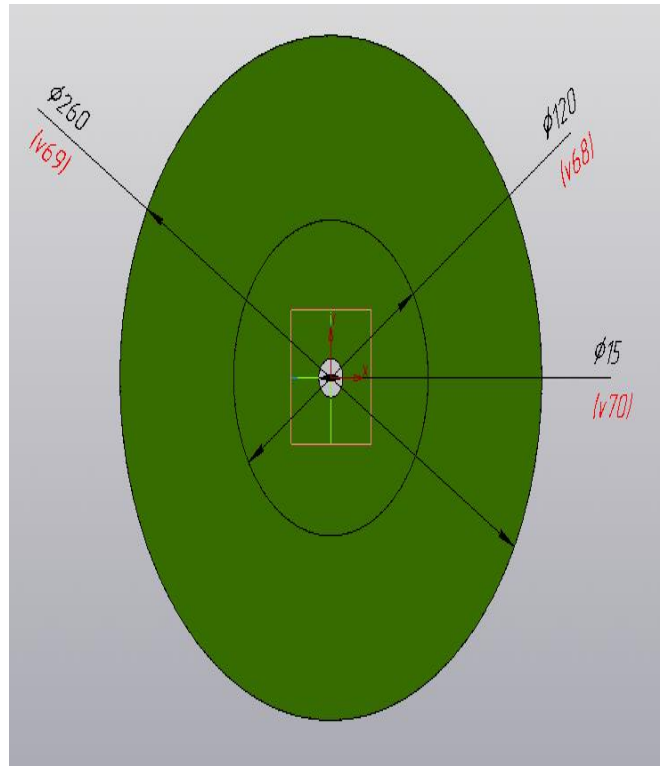


б)

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	84
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



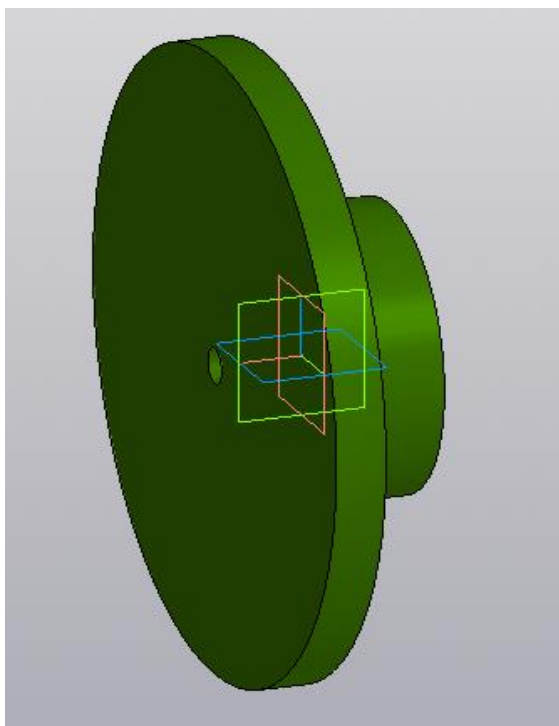
в)



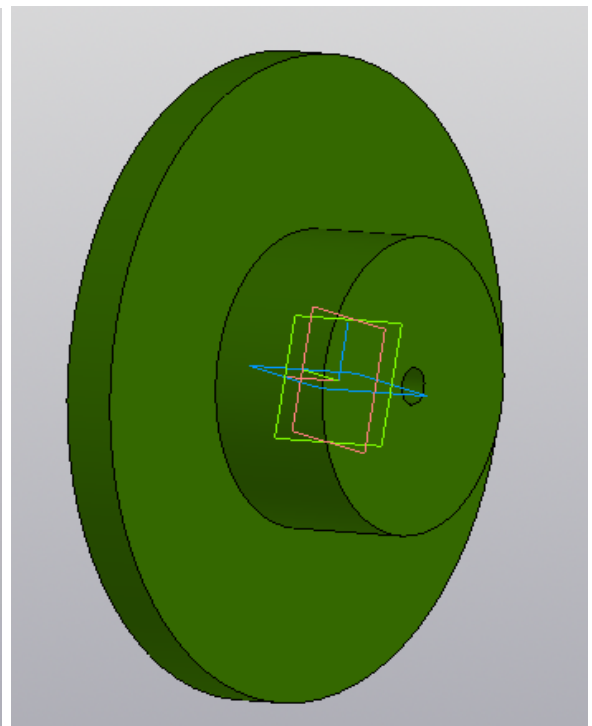
г)

Рис. 4.23 (а, б, в, г) 3д модель заготовки після операції свердління отвору

3. Заготовка в патроні так і залишається. Проводимо операцію розточування з діаметра 15 мм на діаметр 85 за допомогою розточного різця на вказану довжину розточування 70 мм, тобто наскрізь.



а)



б)

Рис. 4.24 (а, б) 3д модель заготовки до процесу розточування

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	85
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

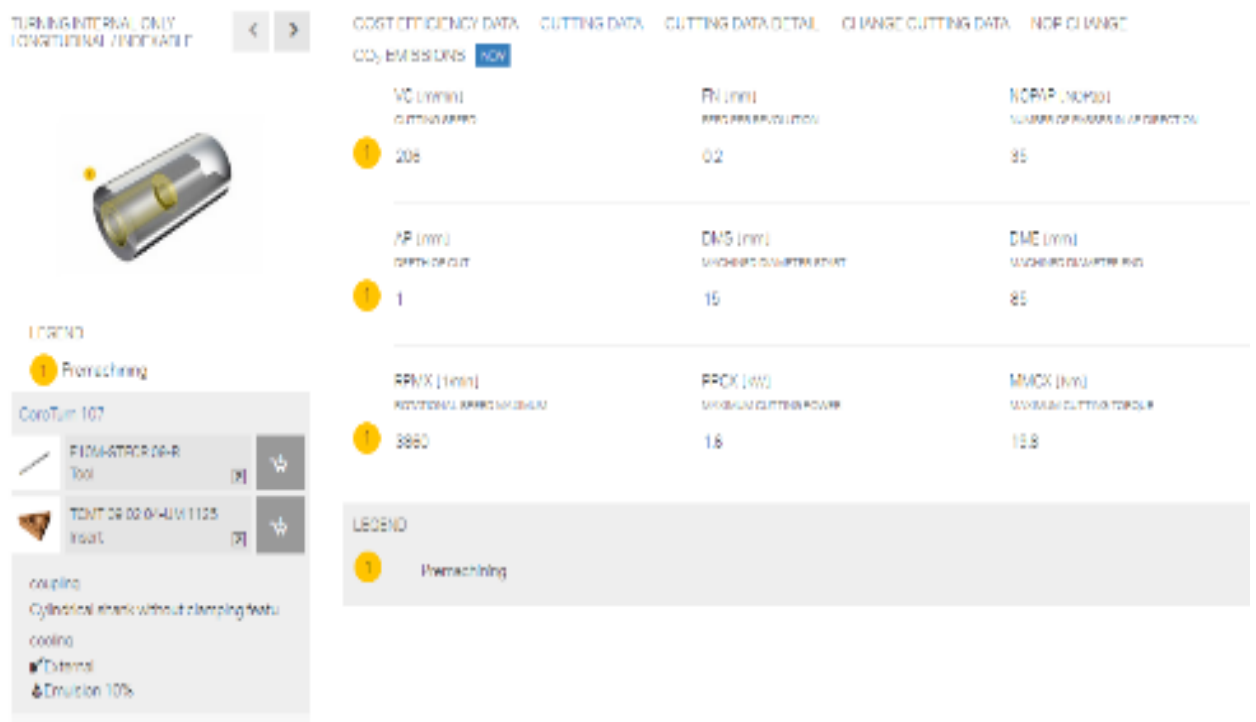
Working conditions		Workpiece surface condition code Ra: machined	Cutting condition code Continuous cut	Stability of finishing Good stability
Internal cylindrical surface in symmetrical cutting component Low alloy steel P5 (17 Al) ~ 130 HB Lathe (8) ~ Medium (8-12) chuck max. 4000 rpm Tool: 10 mm, 50 mm, 70 mm, 100 mm	Operation type CPT More	Ra: machining and finishing 15 µm Machined diameter and end 65 mm Work piece diameter 100 mm Machined length 70 mm Roughness value longitudinal 5 µm		
Rotational speed max/min 1200 Motor on routing longer 30m Hand Right				

a)

Working conditions		Workpiece surface condition code Ra: machined	Cutting condition code Continuous cut	Stability of finishing Good stability
Internal cylindrical surface in symmetrical cutting component Low alloy steel P5 (17 Al) ~ 130 HB Lathe (8) ~ Medium (8-12) chuck max. 4000 rpm Tool: 10 mm, 50 mm, 70 mm, 100 mm	Operation type CPT More	Ra: machining and finishing 15 µm Machined diameter and end 65 mm Work piece diameter 100 mm Machined length 70 mm Roughness value longitudinal 5 µm		
Rotational speed max/min 1200 Motor on routing longer 30m Hand Right				

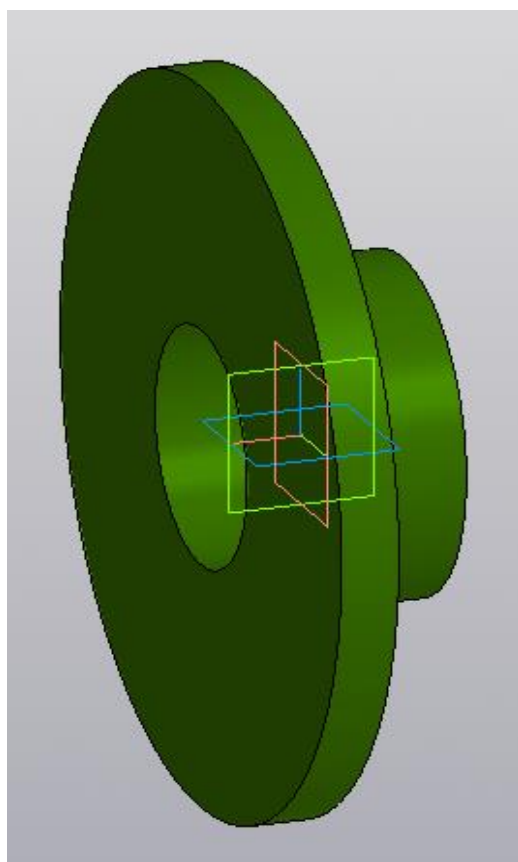
b)

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	86
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

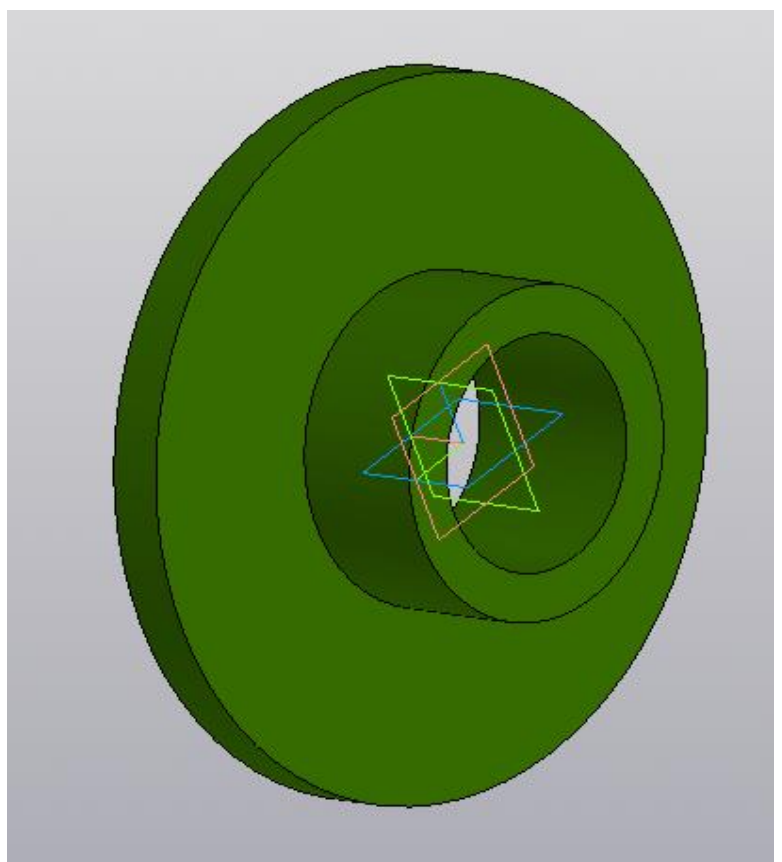


в)
Рис. 4.25 (а, б, в) Процес розточування

Заготовка після операції розточування

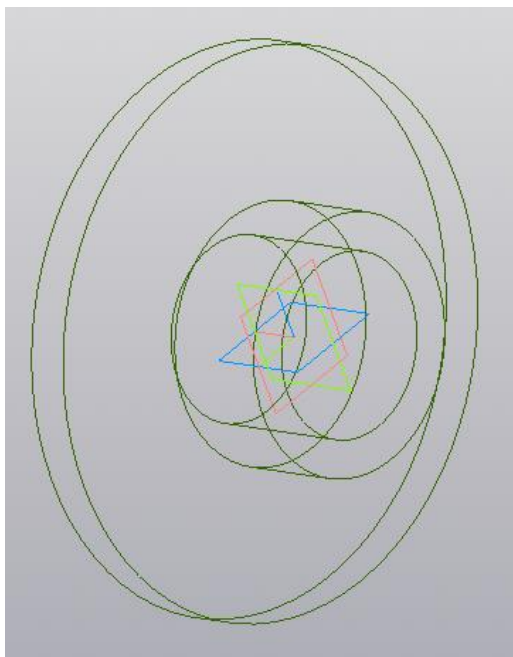


а)

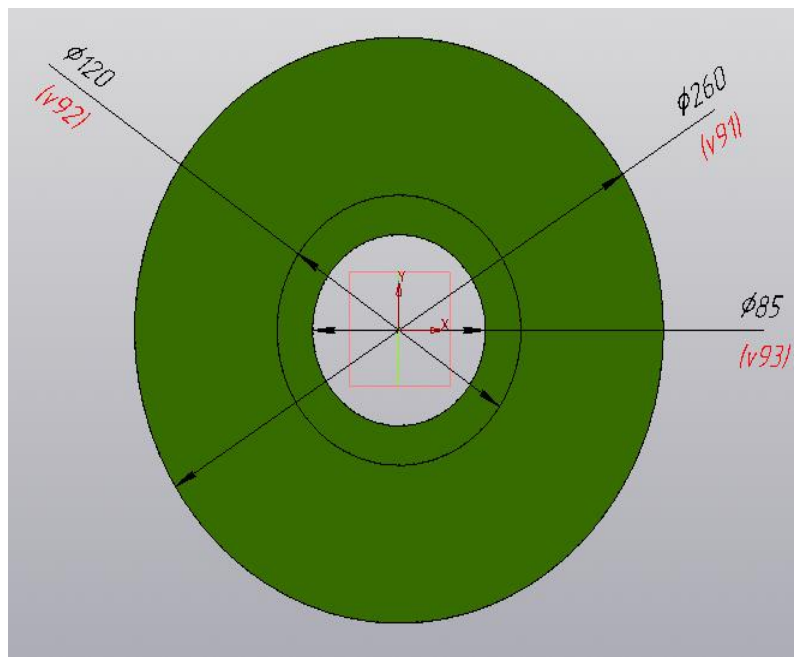


б)

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	87
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



в)

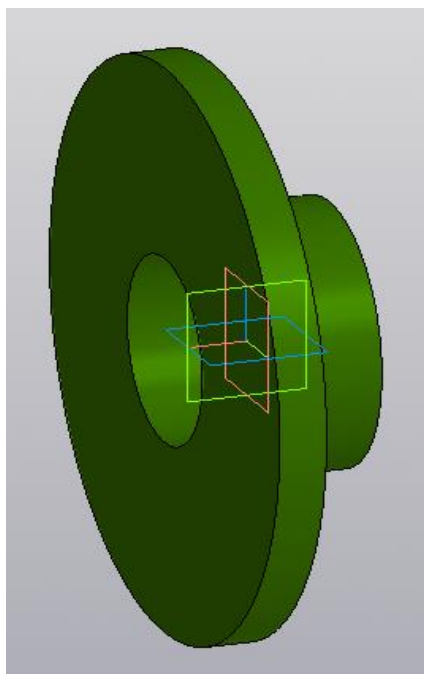


г)

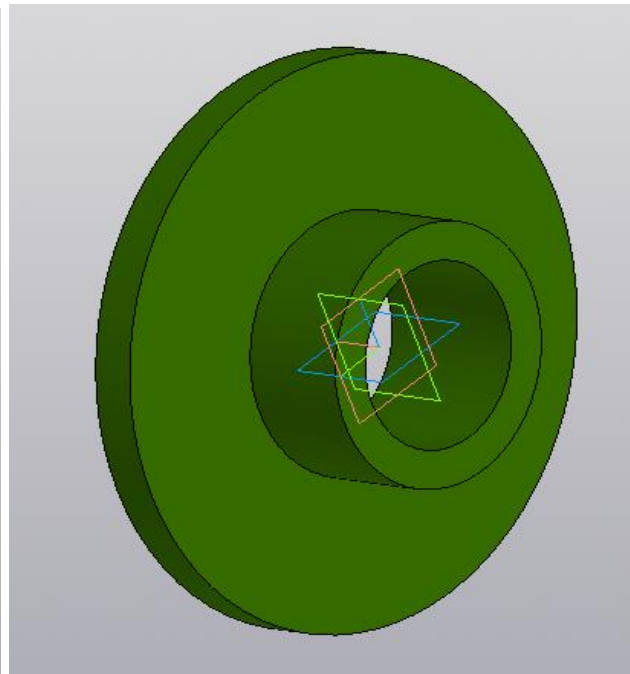
Рис. 4.26 (а, б, в, г) 3д модель заготовки після операції розточування

4. Заготовка в патроні так і залишається. Проводимо операцію нарізання різьби G 3 тобто 3-х дюймова різьба на довжину 20 мм. Нарізаємо різьбу за допомогою різця для внутрішніх різьб з профілем ріжучою кромки 55 градусів.

Заготовка до нарізання різьби



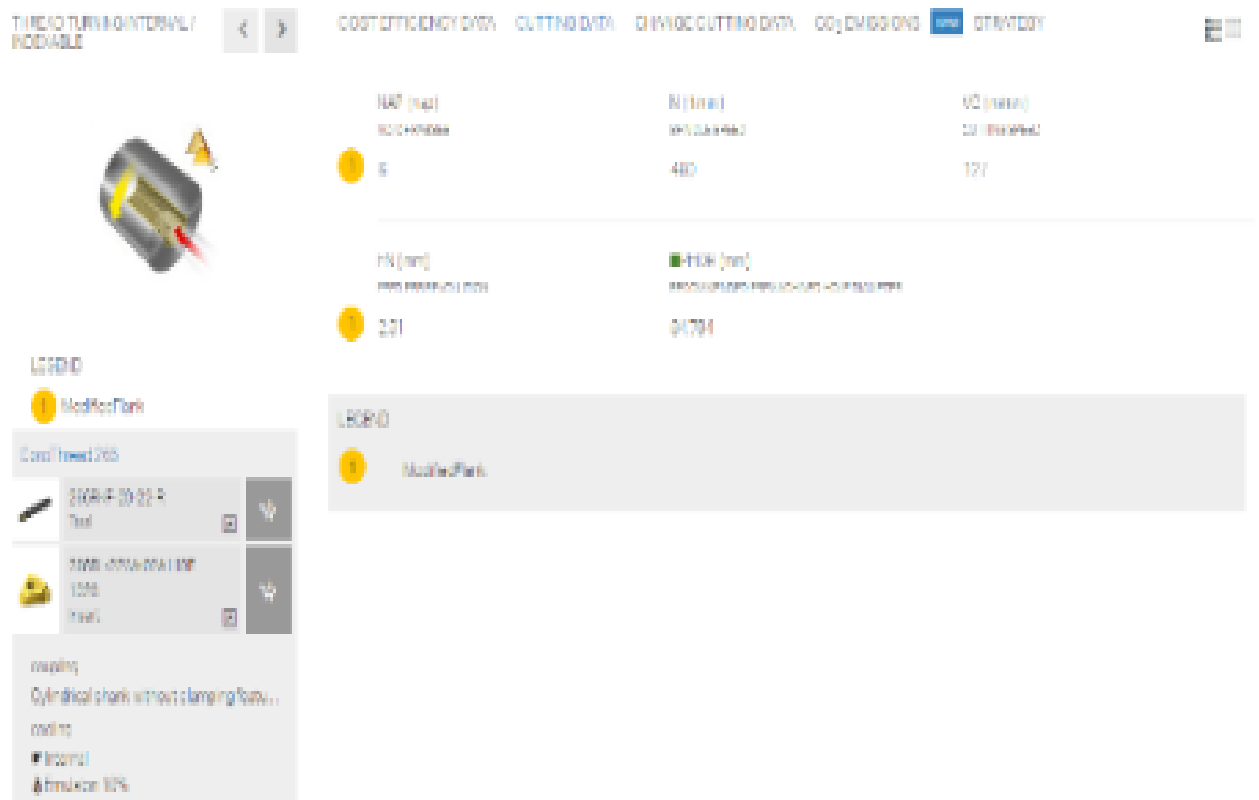
а)



б)

Рис. 4.27 (а, б) 3д модель заготовки до процесу нарізання різьби

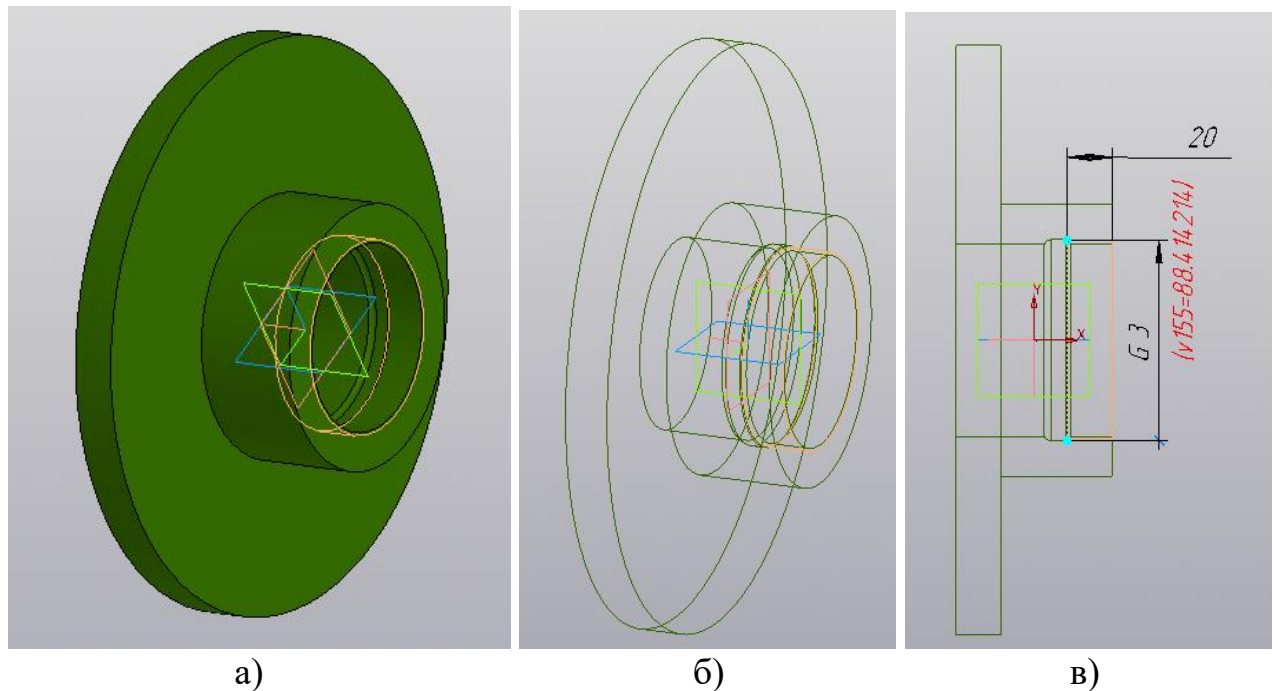
		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	88
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



в)

Рис. 4.28 (а, б, в) Процес нарізання різьби

Заготовка після операції нарізання різьби



а)

б)

в)

Рис. 4.29 (а, б, в) 3д модель заготовки після операції нарізання різьби

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	90
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

5. Виймаємо заготовку з патрону та переходимо на свердлильний верстат щоб свердлити отвори. Свердлимо 4 отвори діаметром 10 мм на глибину 20 мм тобто наскрізь, координати для отворів дивимось по робочому кресленнику.

Заготовка до операції сведління отворів

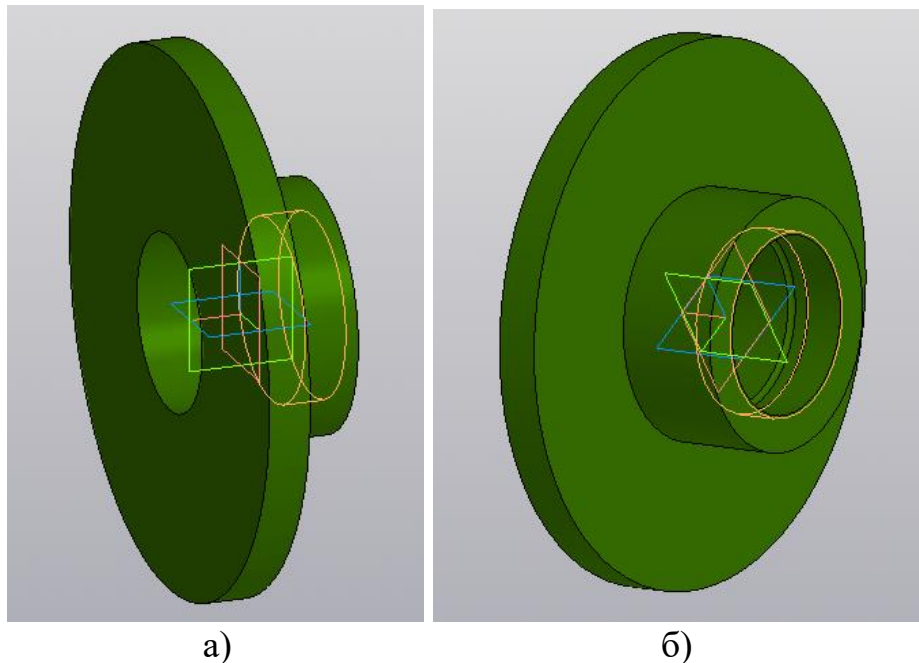
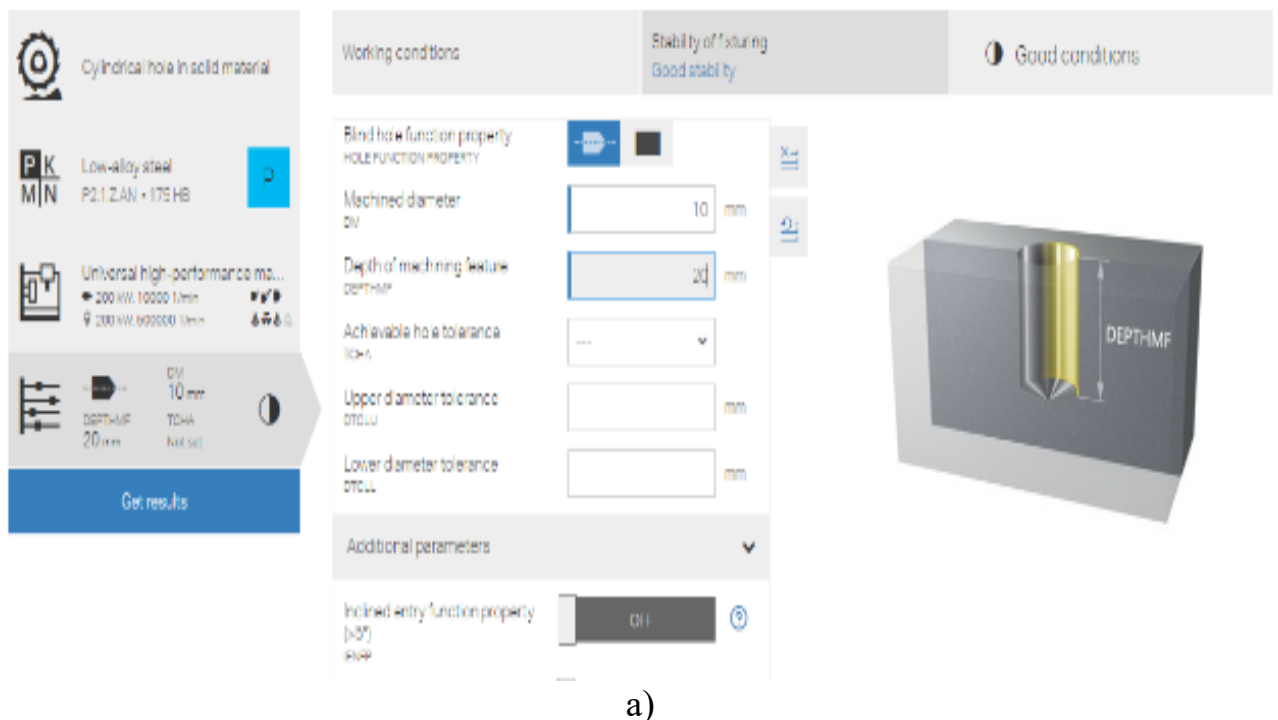


Рис. 4.30 (а, б) 3д модель заготовки до процесу свердління отворів



		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	91
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		92

Заготовка після операції свердління отворів

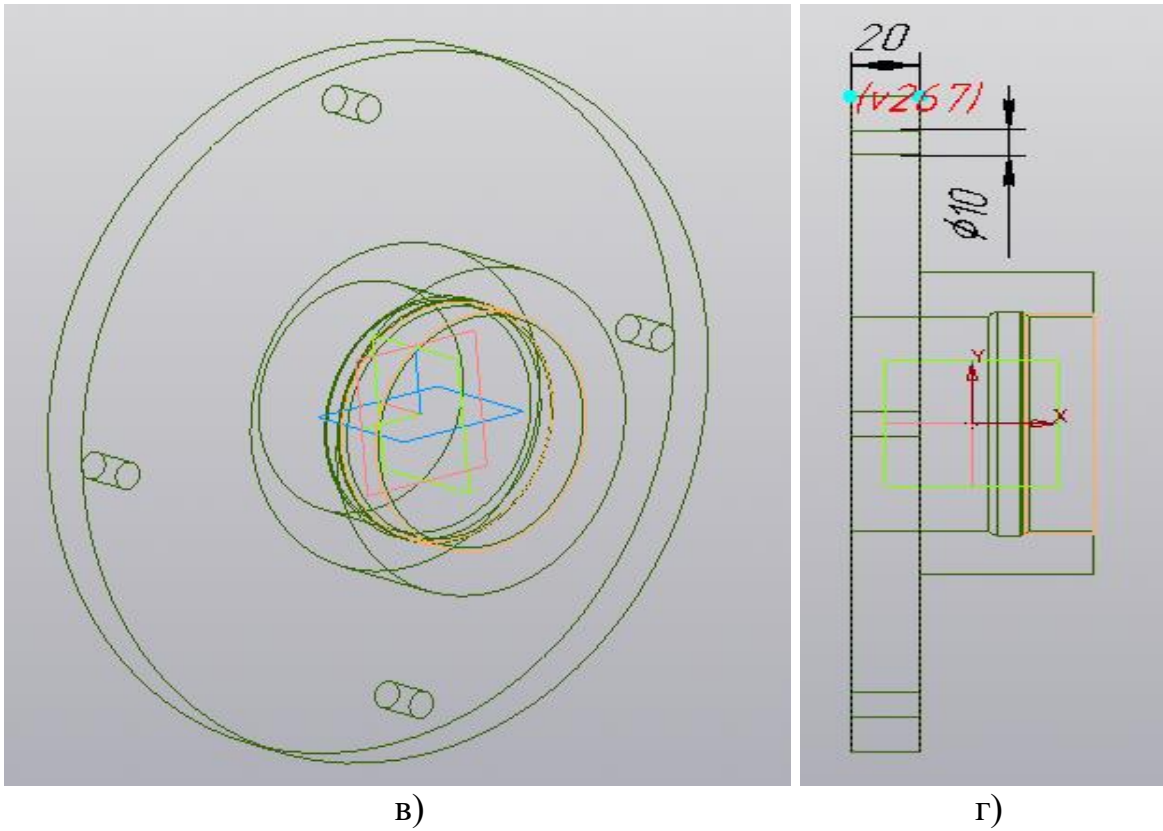
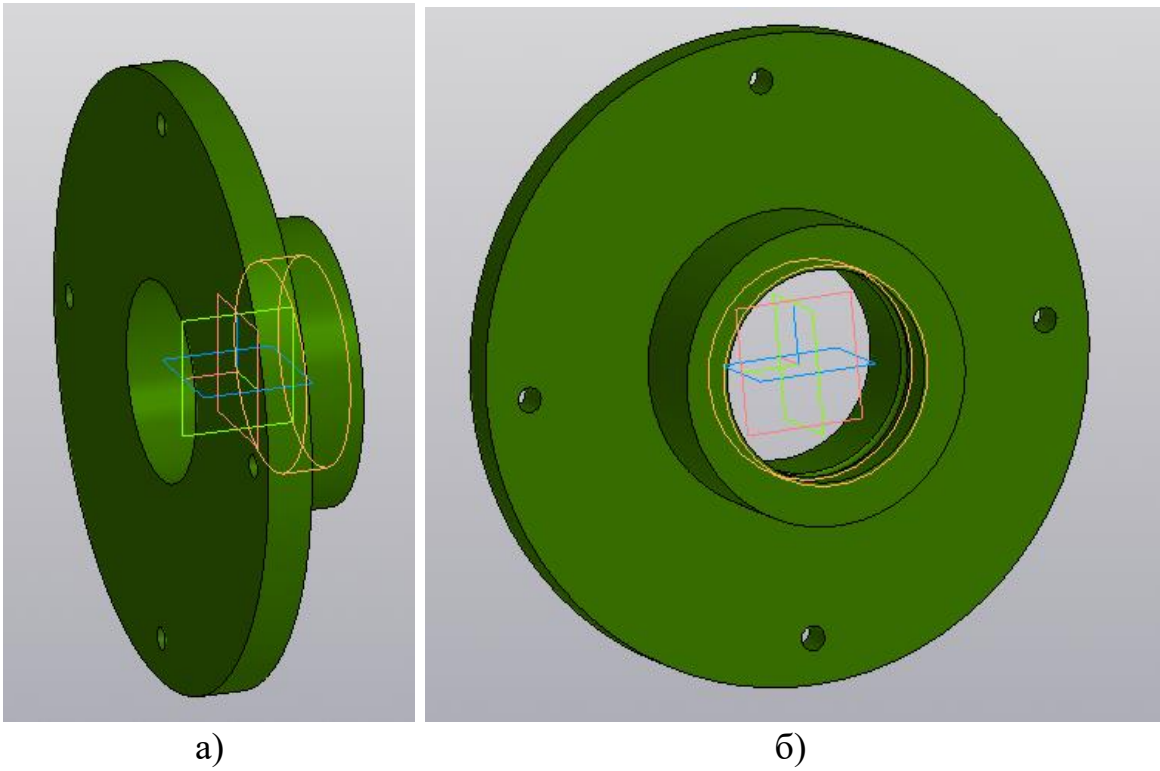
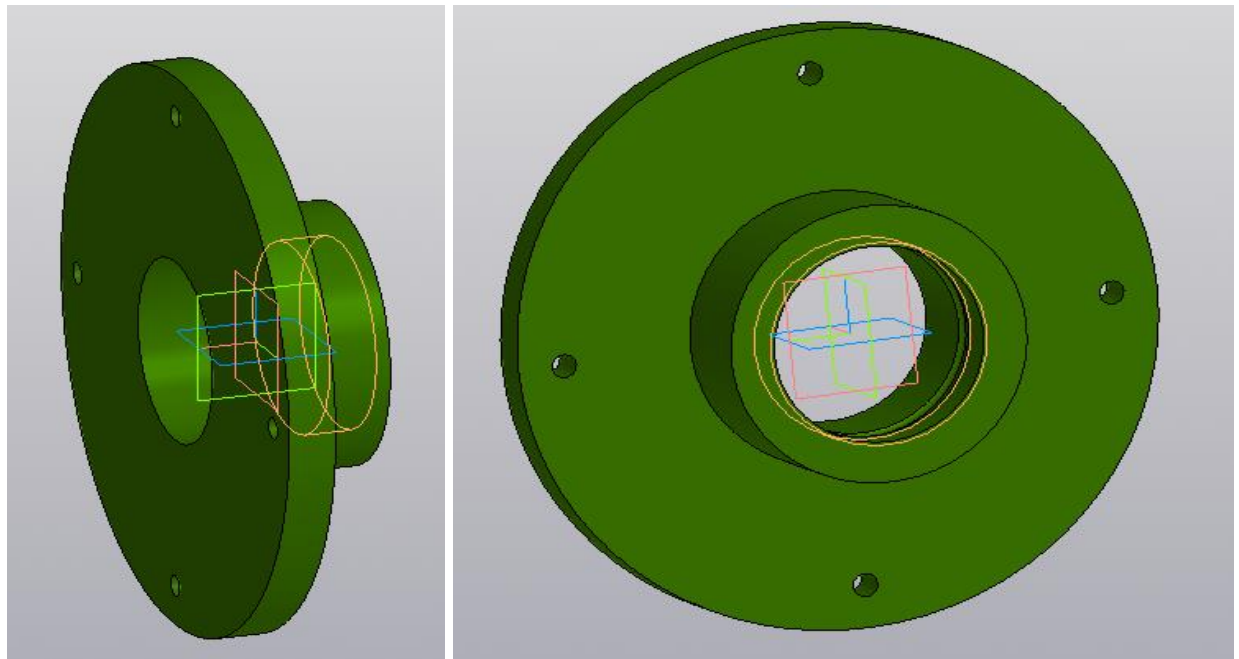


Рис. 4.32 (а, б, в) 3д модель заготовки після операції свердління отворів

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	93
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

6. Заготовка в лещатах з таким положенням так і залишається та по цим 4 отворам нарізаємо 4 різьби M12*1.75 на глибину 20 мм. Нарізання різьби виконується за допомогою мітчика.

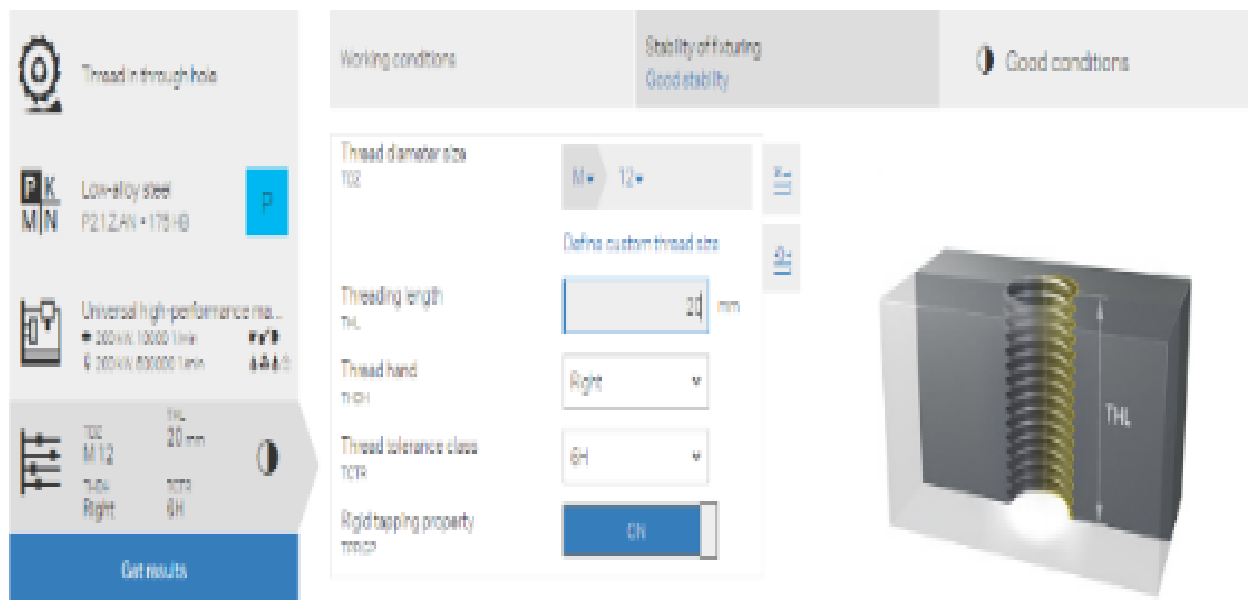
Заготовка до операції нарізання різьб



а)

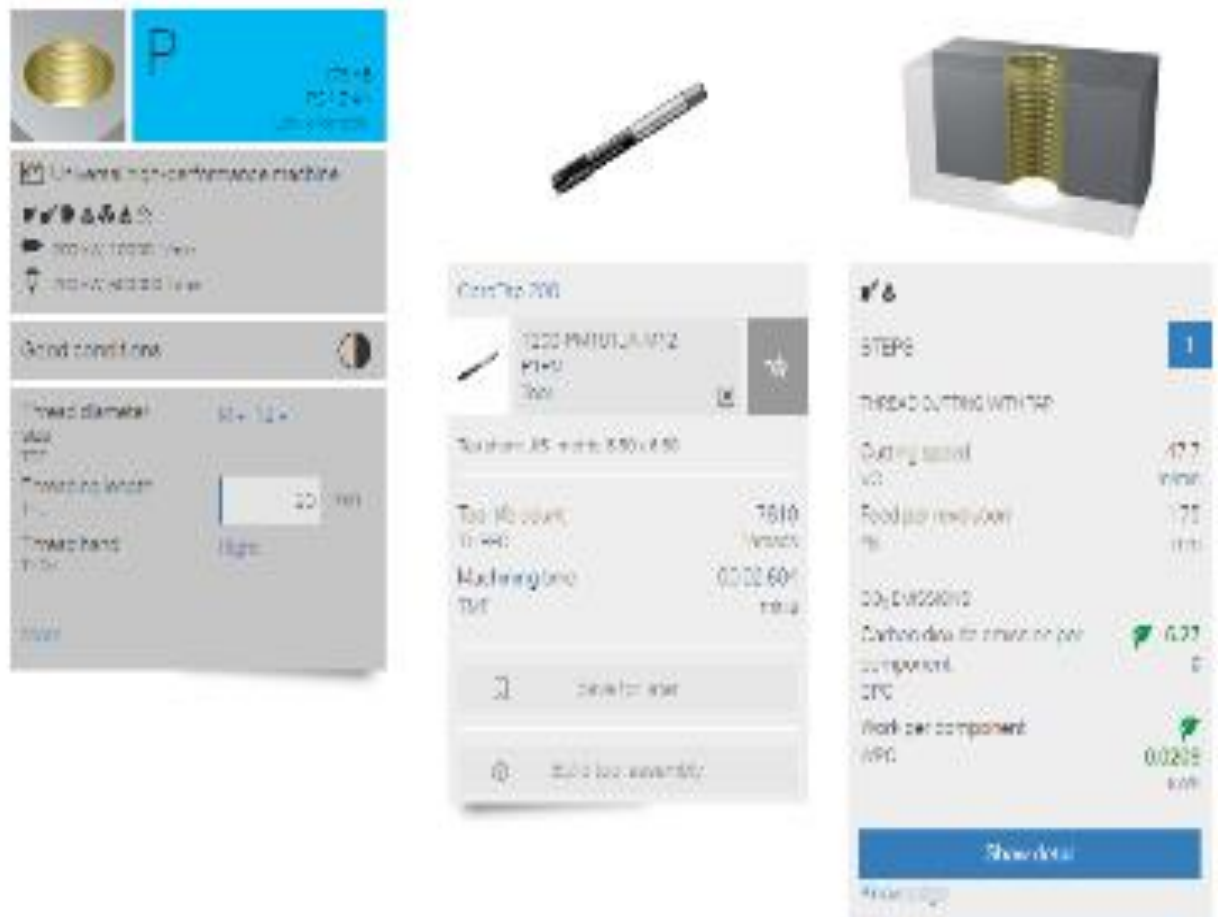
б)

Рис. 4.33 (а, б) 3д модель заготовки до процесу нарізання різьб

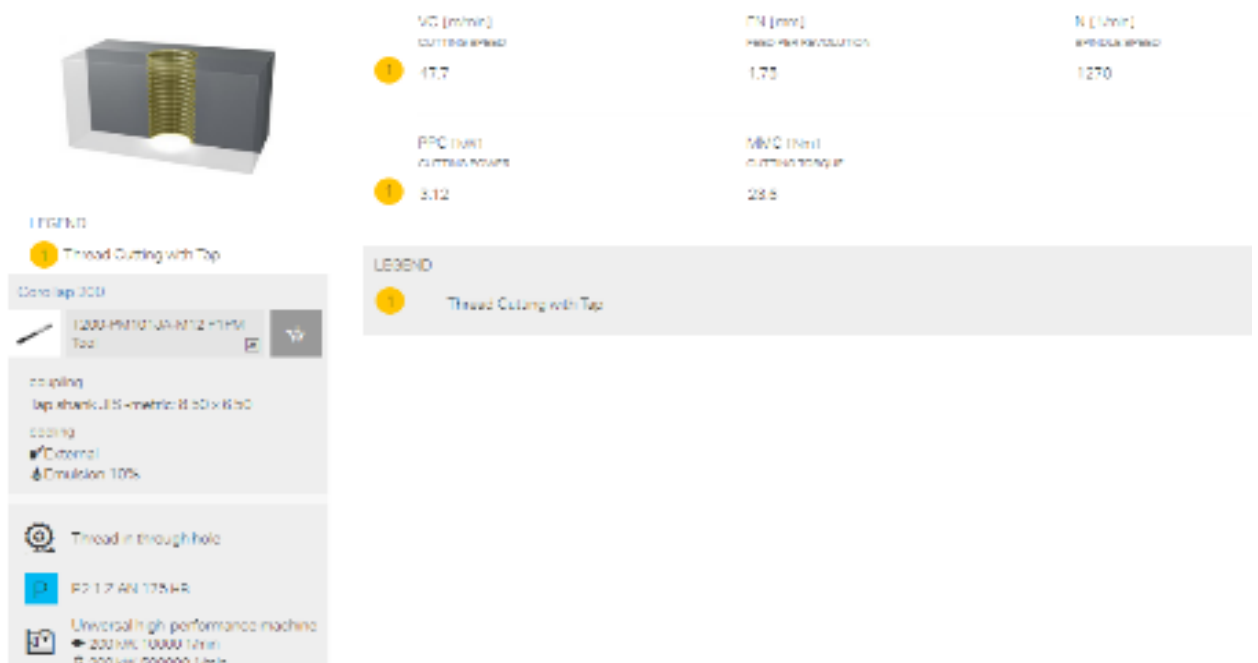


а)

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	94
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



б)

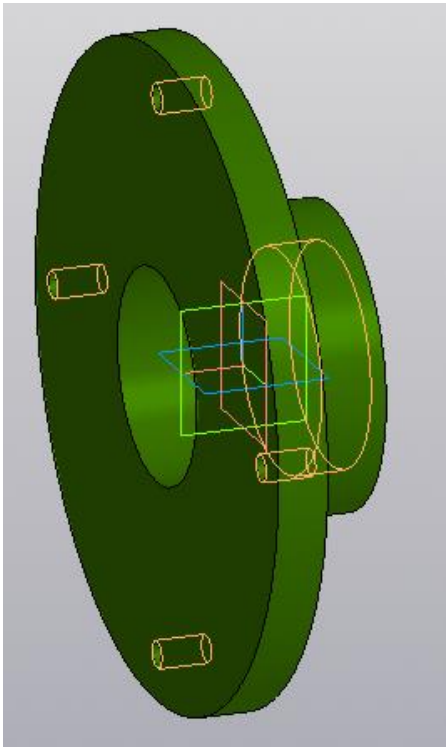


в)

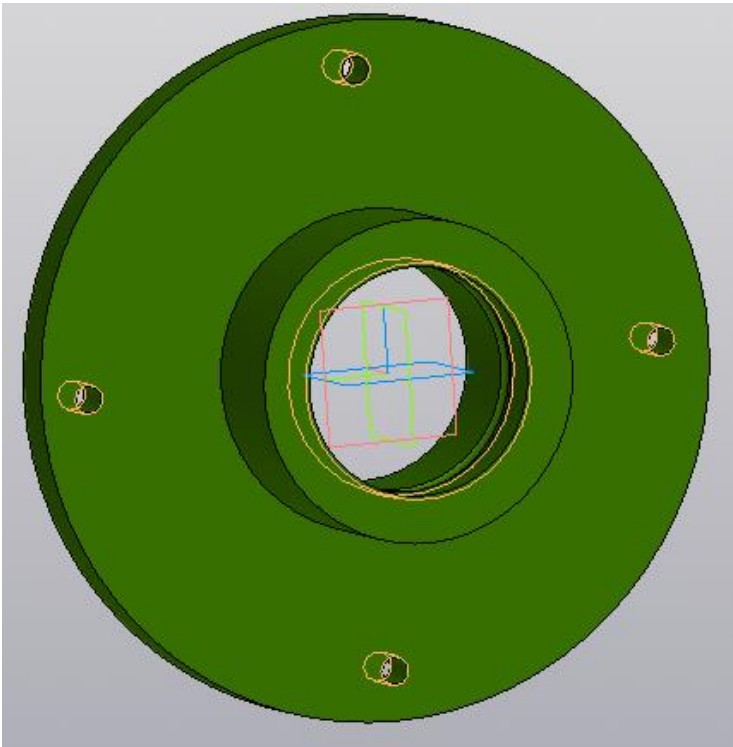
Рис. 4.34 (а, б, в) Процес нарізання різьб

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	95
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

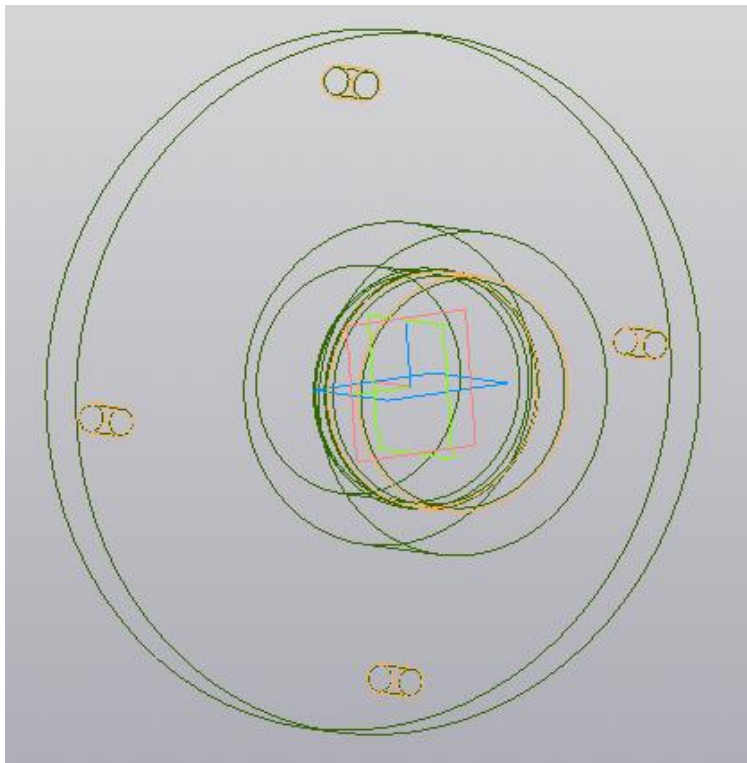
Заготовка після операції нарізання різьб



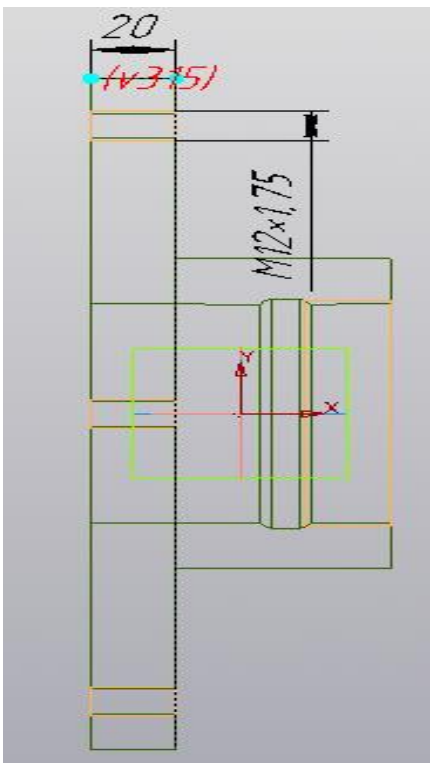
а)



б)



в)



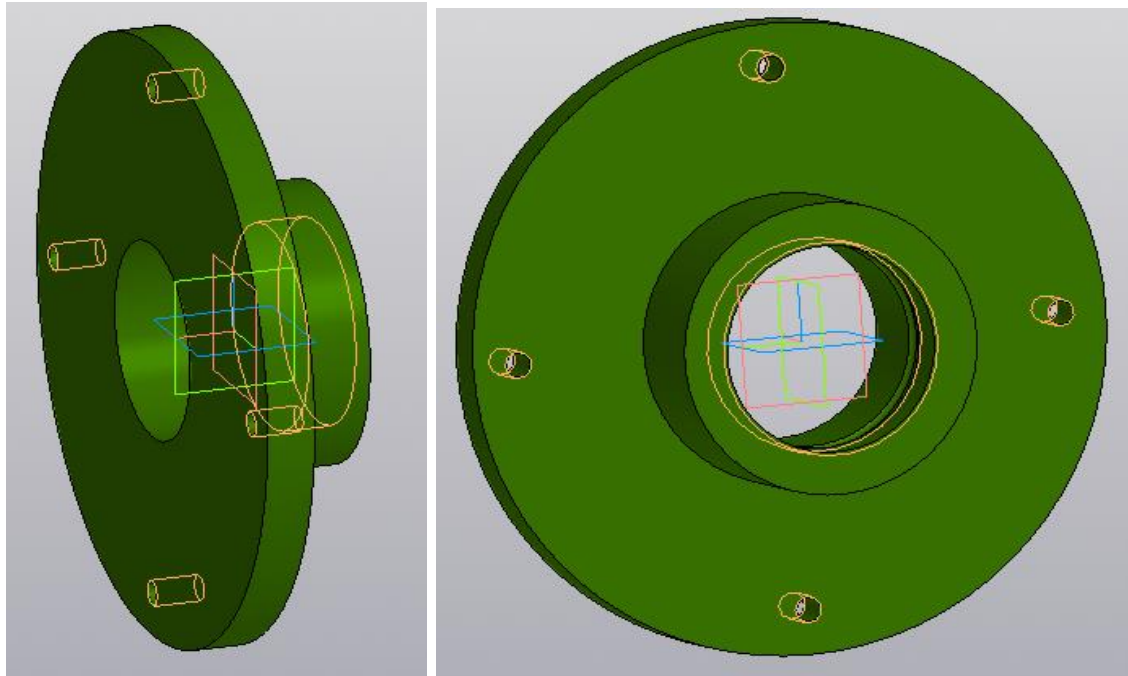
г)

Рис. 4.35 (а, б, в) 3д модель заготовки після операції нарізання різьб

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	96
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

7. Заготовка в лещатах з таким положенням так і залишається робимо 4 отвори діаметром 15мм на глибину 20 мм, координати дивимось по робочому кресленіку. Отвори свердлимо свердлом 15мм.

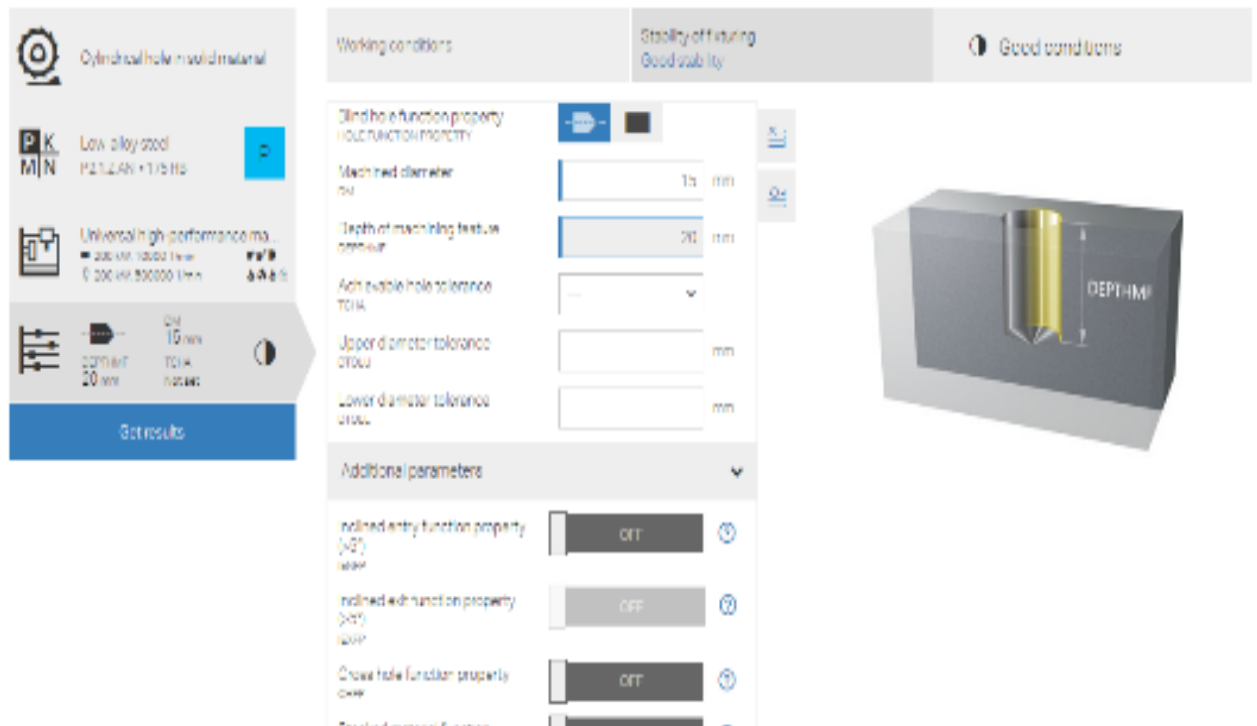
Заготовка до операції свердління отворів



а)

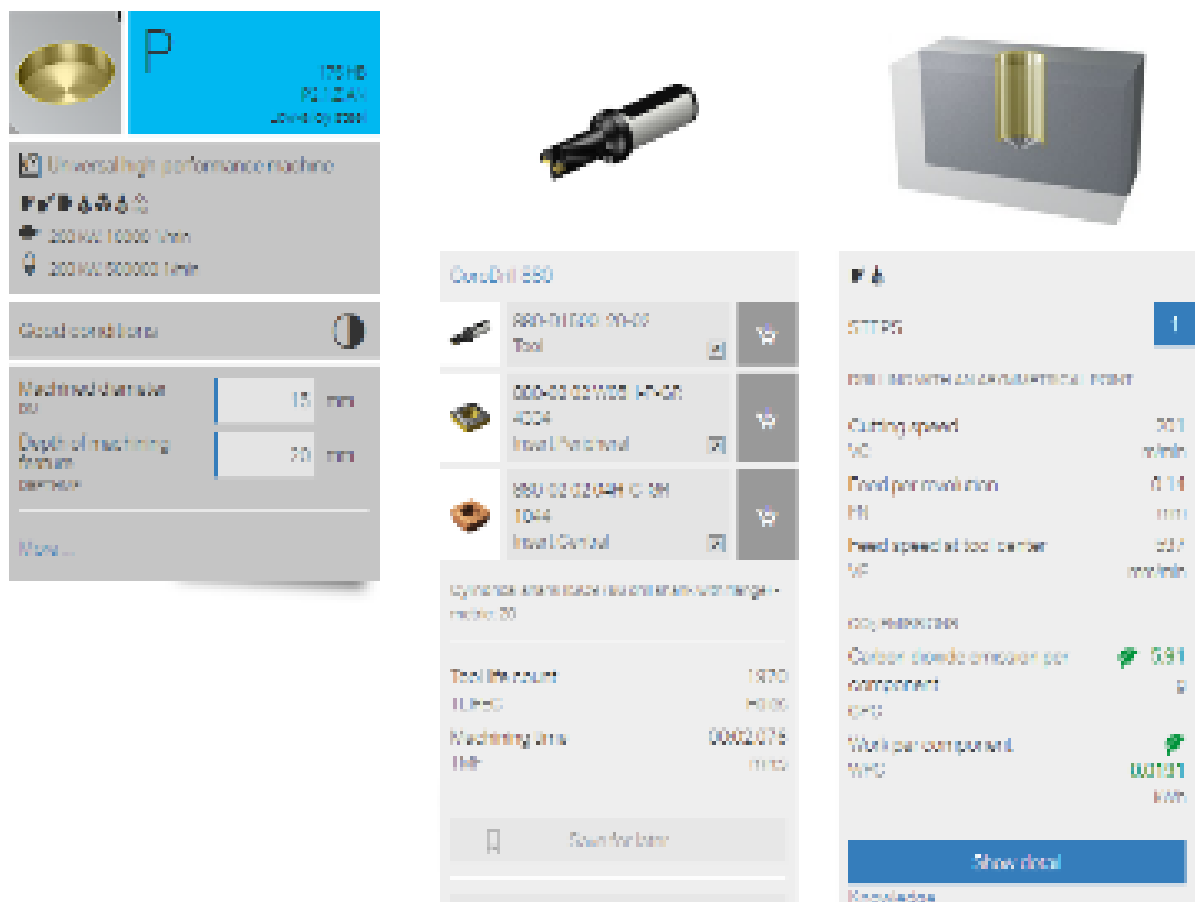
б)

Рис. 4.36 (а, б) 3д модель заготовки до процесу свердління отворів

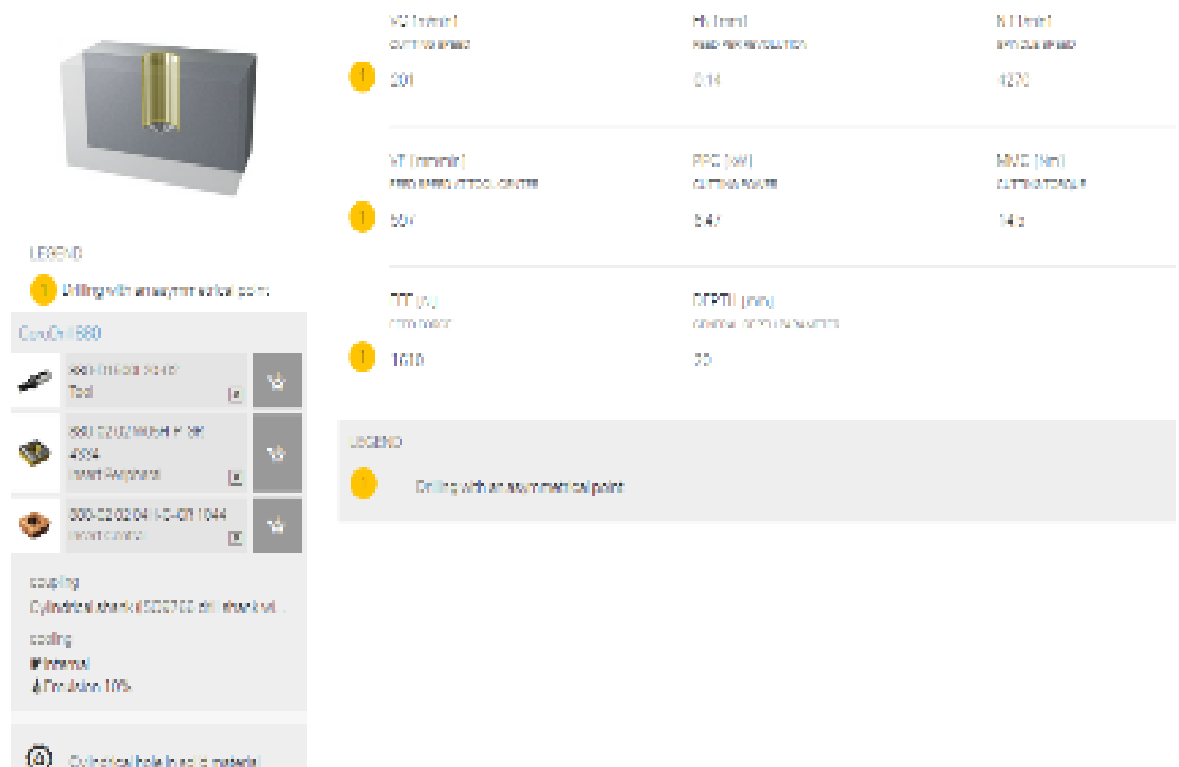


а)

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	97
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



б)



в)

Рис. 4.37 (а, б, в) Процес свердління отворів

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	98
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Заготовка після операції свердління отворів

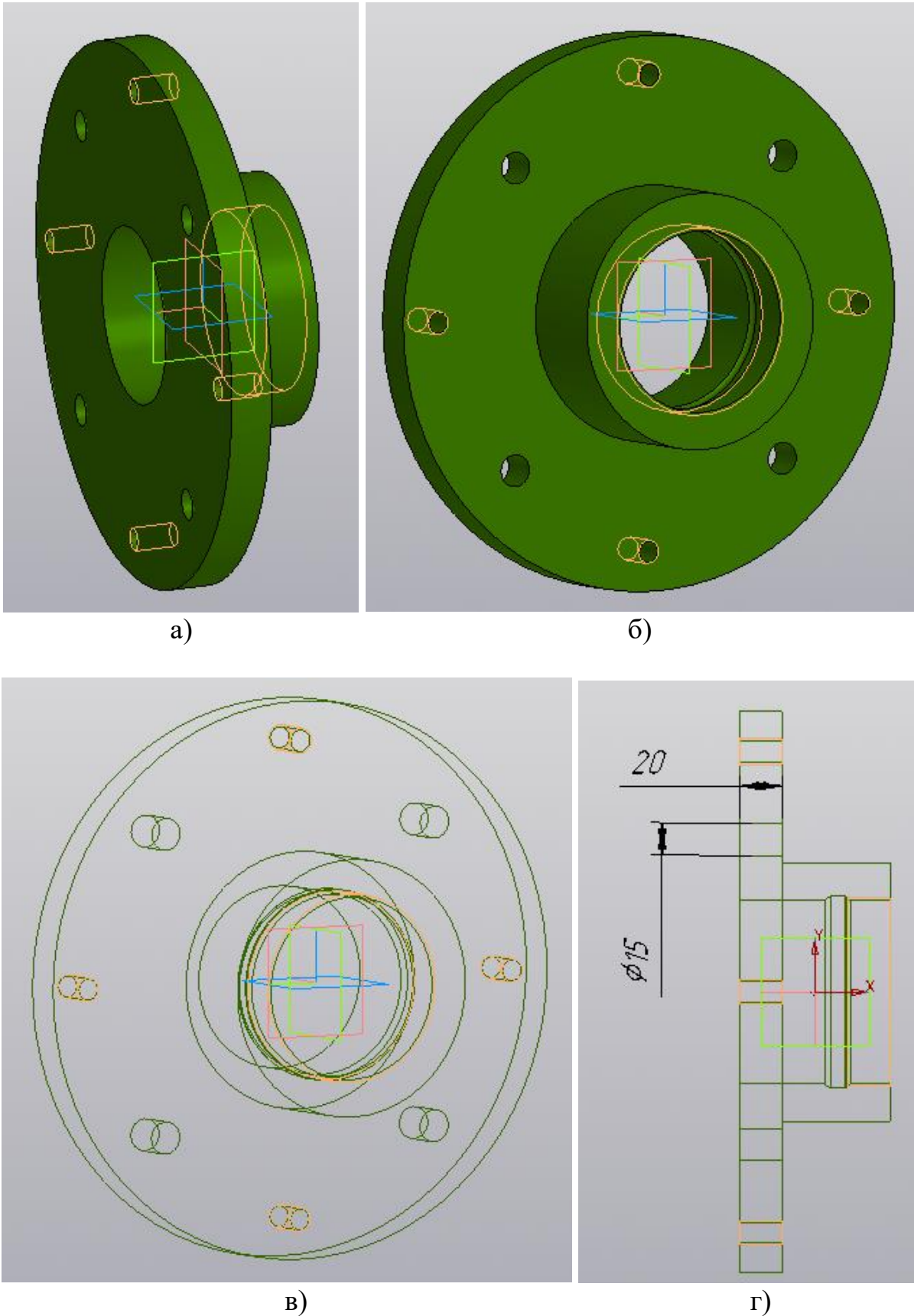


Рис. 4.38 (а, б, в) 3д модель заготовки після операції свердління отворів

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	99
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

8. Заготовка в лещатах з таким положенням так і залишається робимо 4 цековки діаметром 20мм на глибину 14 мм, координати дивимось по робочому кресленіку. Отвори робляться за допомогою інструмента цековка.

Заготовка до свердління отворів

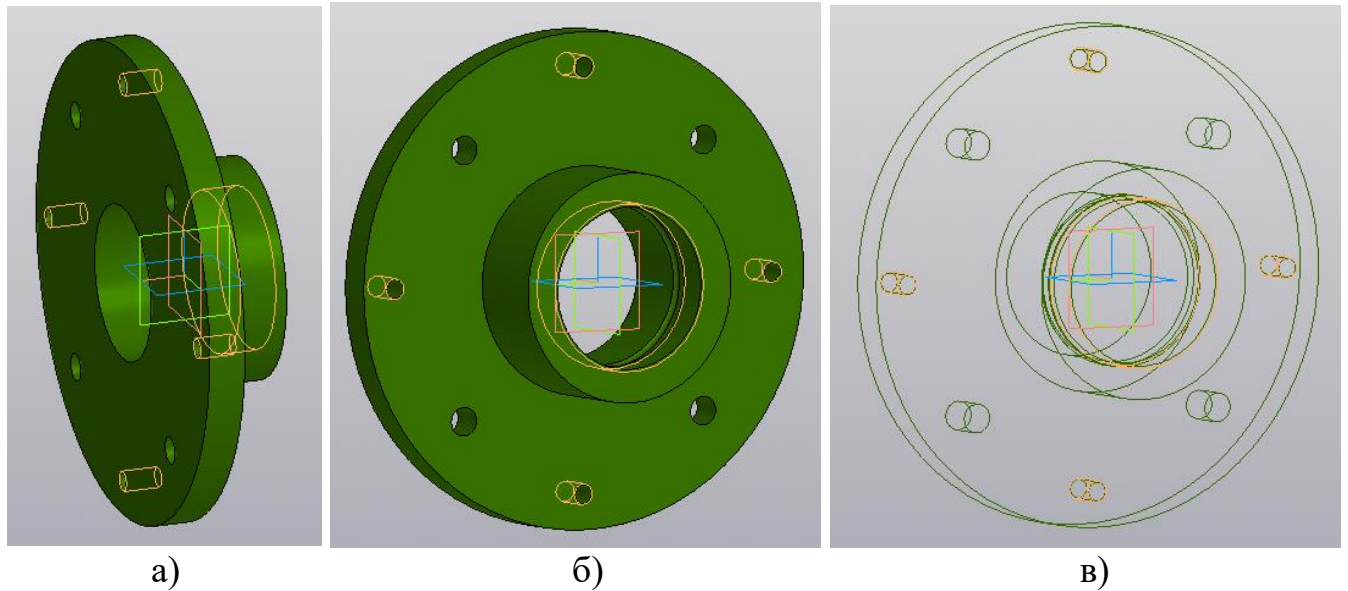
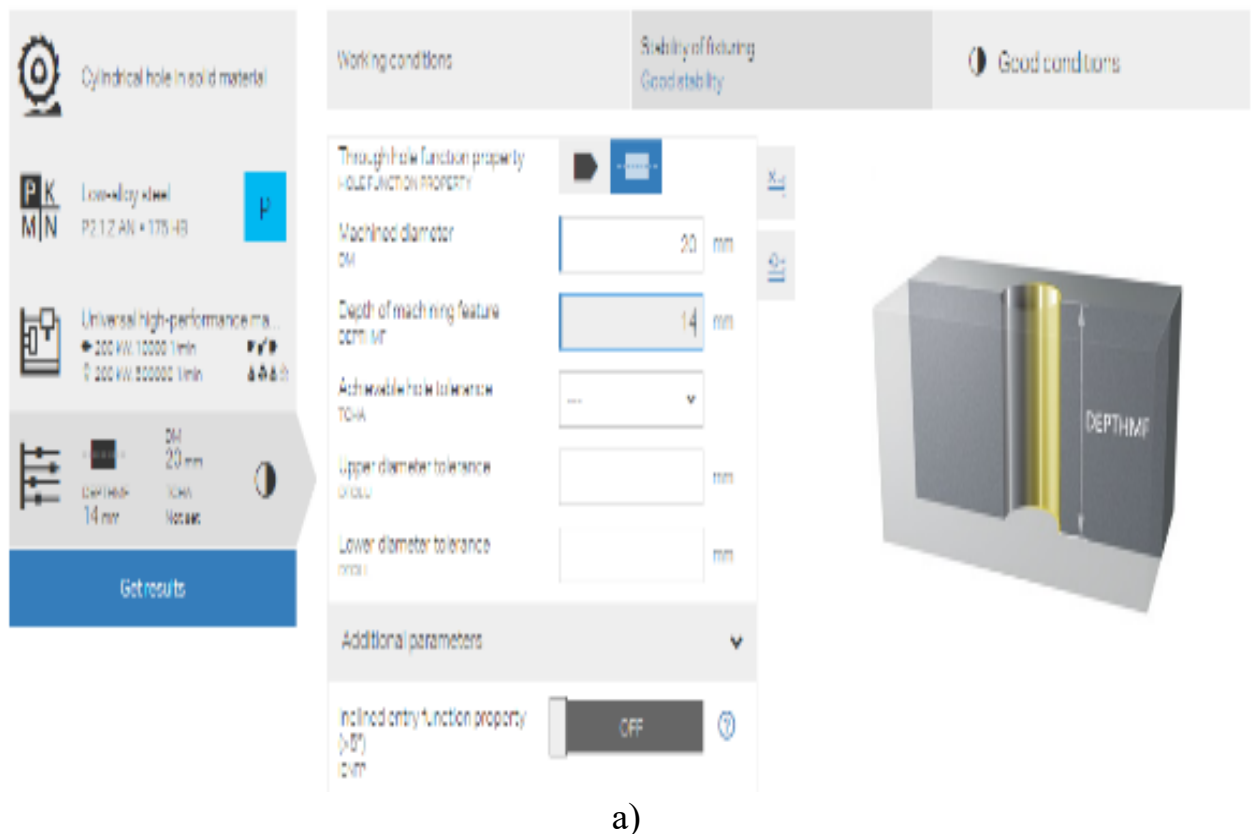
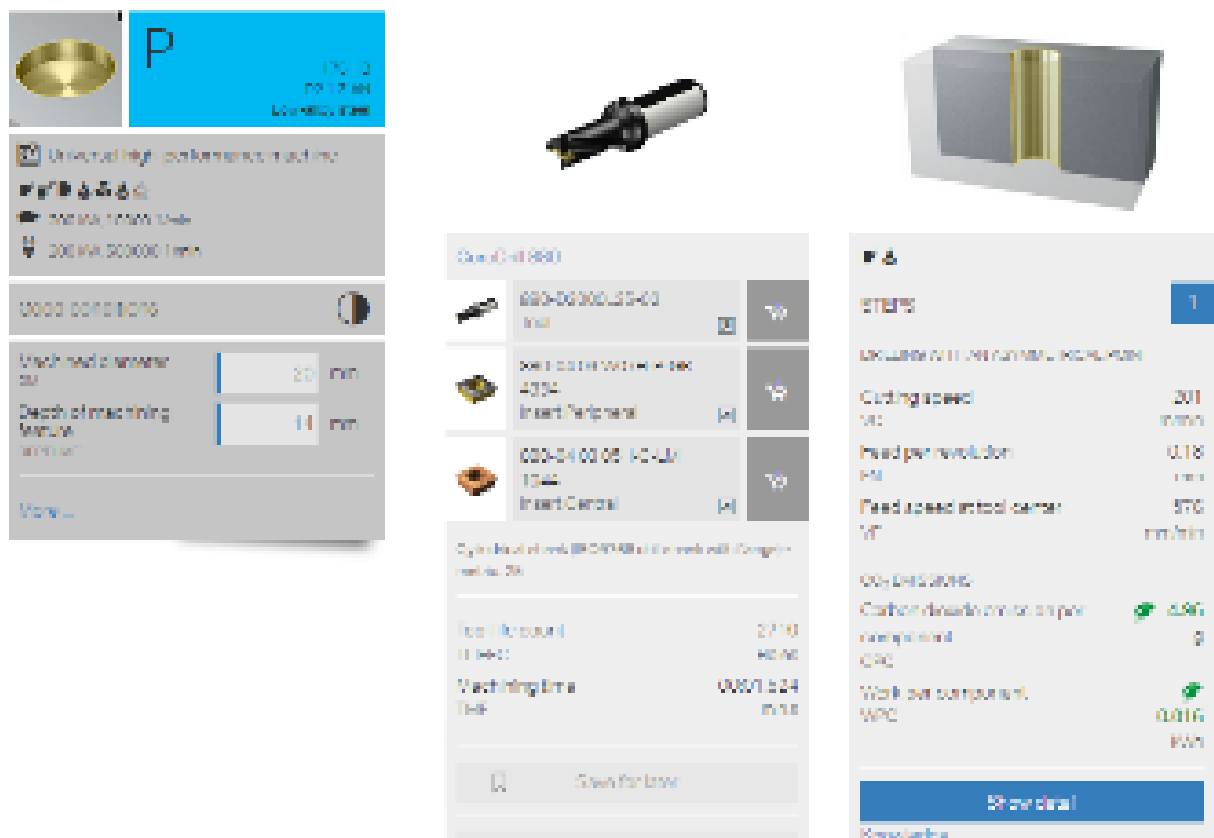


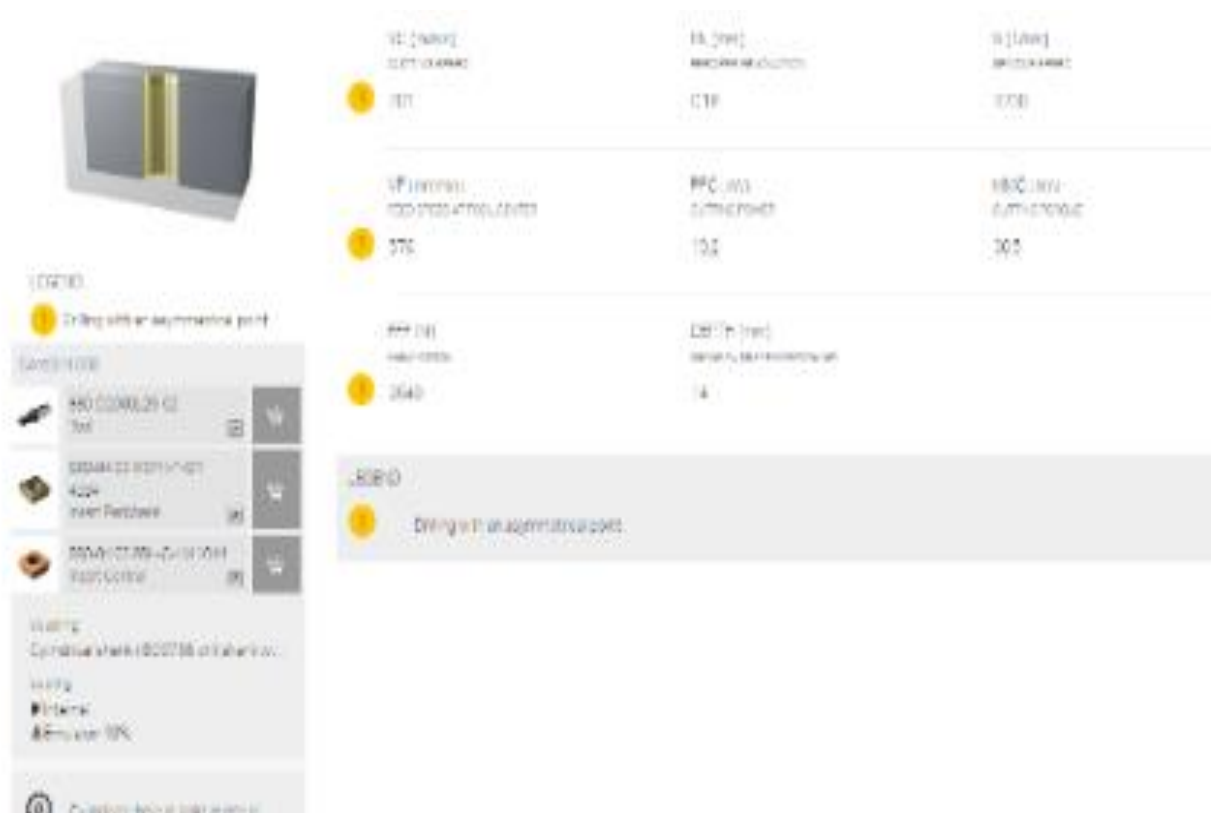
Рис. 4.39 (а, б, в) 3д модель заготовки до процесу свердління отворів



		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	100
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		



б)

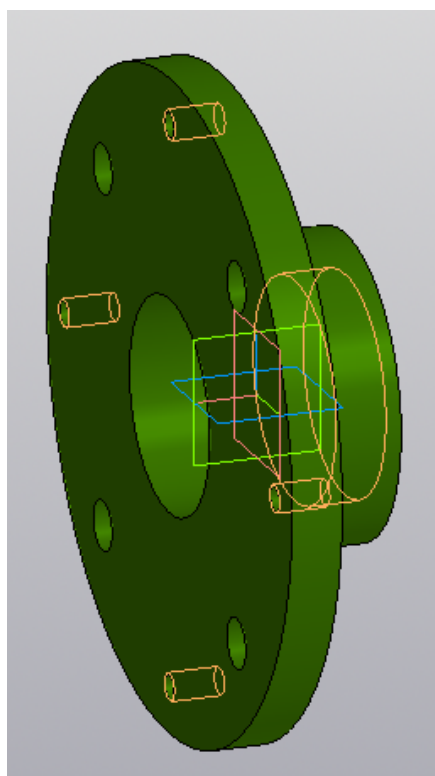


в)

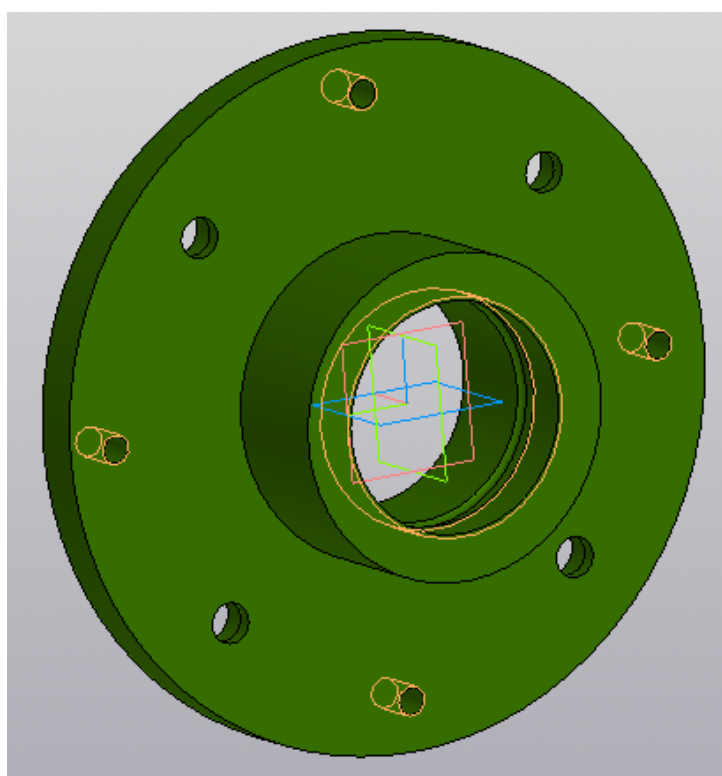
Рис. 4.40 (а, б, в) Процес свердління отворів

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	101
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

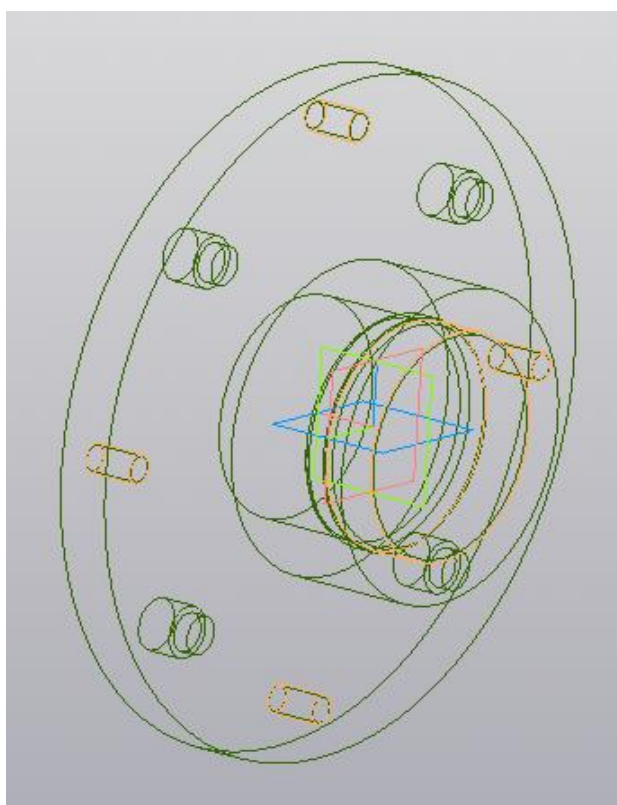
Заготовка після свердління отворів



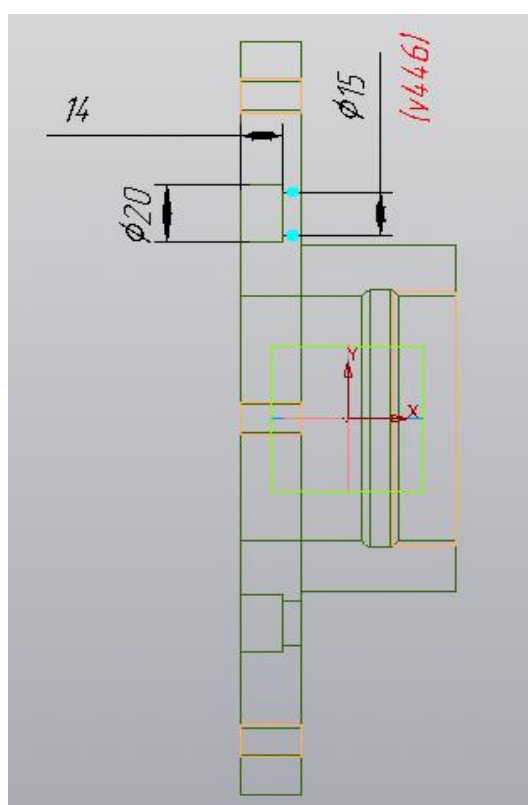
а)



б)



в)



г)

Рис. 4.41 (а, б, в) 3д модель заготовки після операції свердління отворів

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	102
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

9. Виймаємо заготовку з лещат свердлильного верстату та повернемо до токарного верстату щоб познімати всі необхідні фаски згідно з робочим креслеником.

Таблиця 4.1

загальні дані

№ операції	Назва операції	Глибина обробки, мм	Подача на оберт, мм.	Швидкість різання, м/хв.	Частота обертів, 1/хв.	Час обробки, год:хв:с
1	Проточування	2,64-5,83	0.35	317	842	03:22:08
2	Свердління	70	0.291	110	2330	00:06:06
3	Розточування	1	0.2	206	3860	09:40:08
4	Нарізка різьби	-	2.31	127	460	00:10:02
5	Свердління 4-х отворів	20	0.3	173	5510	00:02:00
6	Нарізання 4-х різьб	-	1.75	47,7	1270	00:010:00
7	Свердління 4-х отворів	20	0.14	201	4270	00:10:00
8	Отвори з цековками, 4 шт.	14	0.18	201	3200	00:6:00
9	Зняття фасок	1-2	0.1-0.4	200	500	00:15:00
1-9	Заміна інструментів та зміна положень деталі(допоміжний час)	-	-	-	-	00:30:00
10	Загально	-	-	-	-	14:31:00

Всі операції виконувались на токарному станку HAAS ST-45, та фрезерувально-свердлильному HAAS VF-4.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	103
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Висновок

Загальний час виготовлення деталі вийшов 14 годин та 31 хвилину. Загальна ціна виробу разом з роботою 46,5 тис. грн. Якщо взяти до уваги що вимірювальні інструменти і оснастка є у оператора верстату то ціна даної роботи буде коштувати 36,8 тис. грн. Судячи з розрахованої ціни на все то можна сказати що самий економічніший спосіб це придбати заготовку та прийти з нею та кресленням до токара-фрезерувальника, це буде в десять разів економічніше та набагато дешевше.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		104

5 Безпечна експлуатація та обслуговування об'єкта

Спираючись на закон про охорону праці, виробничі потужності та приміщення, обладнання і устаткування та технологічні процеси повинні відповідати вимогам безпечних умов праці.

Тема дипломного проекту – дидактичний стенд об'ємної гідропередачі. Дана робота присвячена розробці дидактичного стенду для лабораторних досліджень та вводу такого типу принципу роботи даної схеми в промисловість тобто автоматизація конвеєрів які переміщують вантажі різної ваги.

Так як даний стенд дорого-вартісний в виготовленні то для роботи над проектом буде розроблена 3д модель даного стенду на персональному комп'ютері.

В даному розділі проведу аналіз шкідливих факторів для робочого місця в кімнаті за ПК спираючись на нормативні документи.

Характеристики кімнати: об'єм – 54 м³, площа – 20 м².

Розгляну такі важливі фактори:

- Освітлення;
- Пожежна безпека;
- Мікроклімат;
- Електробезпека;

Освітлення

Розгляну перелік певних документів для освітленості приміщень.

Визначення відповідності освітлення приміщення за нормативним значенням штучного освітлення робочої зони визначено згідно з ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» нормоване значення освітленості у робочому приміщенні.

Погане або надмірне освітлення, нерівномірне освітлення в полі зору втомлює очі та негативно на них впливає з часом. Велика яскравість джерела освітлення може спричинити головний біль, різь в очах, розлади зору, а світлові відблиски тимчасове засліплення.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	105
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Будь-яке приміщення чи кімната зазвичай освітлюється природнім освітленням, але є певні недоліки природнього освітлення. В різні пори року та періоди доби воно різне; нерівномірно розподіляється по площі приміщення.

Штучне освітлення передбачається в усіх приміщеннях та кімнатах, де недостатньо освітленості від природного освітлення чи у темний період доби.

Розрахую освітлення для своєї кімнати:

1) Індекс приміщення

$$i = \frac{a \cdot b}{h_c(a + b)} = \frac{5 \cdot 4}{1.9(5 + 4)} = 1.16$$

$a = 5$ – довжина кімнати;

$b = 4$ – ширина кімнати;

$h_c = 1.9$ – висота підвісу лампи;

2) Виходячи з індексу приміщення (i) та коефіцієнтів відбиття стелі, стін та підлоги ($P_{сл}$, $P_{су}$, $P_{п}$), визначимо коефіцієнт використання світлового потоку η .

Визначаємо фактичне значення освітленості приміщенні E_{ϕ} :

$$E_{\phi} = \frac{F \cdot N \cdot n \cdot \eta}{S \cdot k \cdot z};$$

F – кількість люменів = 1500 Лм;

N – кількість світильників = 1 шт.;

n – кількість лампочок = 5 шт.;

η – коефіцієнт використання світлового потоку = 0.43;

S – площа кімнати = 20 м²;

k – коефіцієнт запасу = 1.5;

z – коефіцієнт нерівномірності = 1.1;

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	106
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$E_{\Phi} = \frac{F \cdot N \cdot n \cdot \eta}{S \cdot k \cdot z} = \frac{1500 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 0.43}{20 \cdot 1.5 \cdot 1.1} = 195.45;$$

Зробимо перевірку на фактичне освітлення:

$$\frac{E_H - E_{\Phi}}{E_H} \cdot 100\% = \frac{200 - 195.45}{200} \cdot 100\% = 2.27 \%;$$

Обране та розраховане джерело освітлення задовільняє, а саме « Лампа світодиодная Ногоз Electric Torch-20 20 Вт 1500 Лм» освітлення відповідає всім нормам ДБН В. 2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Розгляну перелік документів за якими дотримується протипожежний захист житлових будинків:

1. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні»
2. ДБН В.1.1.7-2016 « Протипожежні норми проектування будівель та споруд»
3. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою»

Основні причини виникнення пожежі в кімнаті:

- Пошкодження дроту або несправна вилка чи розетка яка може іскрити;
- Перегрів ПК під час роботи;
- Вибух лампочки світильника або перегрів та розплавлення його патрону;
- Не вимкнуті електроприлади після роботи;
- Заклинювання електродвигуна тепловентилятора;

Рекомендації для запобігання пожежі в кімнаті:

- Перше і саме найголовніше це автоматичний запобіжний перемикач який автоматично спрацює при короткому замиканні дротів;
- Використання запобіжних розеток;
- Завжди після роботи вимикати всі електроприлади;
- Не користуватися пошкодженими дротами та вилками з розетками;
- Правильний підбір лампочок для світильників;

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	107
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

- Використання протипожежних систем;

Для запобігання пожежі в кімнаті рекомендую обладнати її засобами пожежного зв'язку та сигналізацією за ДБН В.2.5-56:2014 « Системи протипожежного захисту » та телефоном загальноміської мережі для виклику пожежної охорони.

Пожежну сигналізацію обрав електричну, основою якої є фотоелектрична сигналізація. Ця сигналізація починає спрацьовувати коли внаслідок затемнення димом світлового променя, спрямованого на фотоелемент.

Ще обираю вуглекислотний вогнегасник ВВК-1,4 (ОУ) в кількості 1 шт.

Мікроклімат

Основним робочим місцем для виконання магістерської роботи є кімната в квартирі.

Характеристики кімнати:

1. Довжина - 5 метрів.
2. Ширина - 4 метри.
3. Висота – 2.7 метри.
4. Площа - 20 метрів квадратних.
5. Об'єм - 54 метрів кубічних.

Порівняю фактичні дані з нормативними:

Табл. 5.1

Порівняльні характеристики кімнати

	Мінімальне значення	Дійсне значення
Житлова площа на 1 людину, м ² .	6	20
Об'єм житлової кімнати на 1 людину, м ³ .	20	54
Ширина двірного проходу, м.	0.8	1
Розмір вікна, м ² .	0.9	3

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	108
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Всі величини показників мікроклімату порівнюються з оптимальними показниками умов мікроклімату кімнати. Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», визначаємо дану роботу як легку фізичну роботу (категорія Ia) при якій витрата енергії буде дорівнювати 105 - 140 Вт або 90 – 120 ккал/год – категорія Ia, тобто сидяча робота без фізичних навантажень.

Порівняємо параметри мікроклімату:

Табл. 5.2 – Порівняльні характеристики мікроклімату

Категорія Ia, теплий період року	Допустиме значення	Дійсне значення	Відповідність нормам
Температура повітря, °С	22-24	23	Відповідає
Відносна вологість, %	40-60	50	Відповідає
Швидкість руху повітря, м/с	Не більше 0.1	0.1	Відповідає

Виходячи з отриманих значень можна сказати що мікроклімат дуже задовільний та відповідає всім вимогам.

Електробезпека

Розгляну перелік документів для електронно-обчислювальної техніки.

Електробезпека електронно-обчислювальної техніки має відповідати вимогам НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок».

Всі електроприлади та електронно-обчислювальна техніка, кабелі, дроти, електропроводи за виконанням та ступенем захисту мають мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

Під час користування електроприладами необхідно унеможливити виникнення загорання лінії електромережі внаслідок чого виникає коротке

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	109
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

замикання та перевантаження проводів. Необхідно обмежувати використання проводів з легкозаймистою ізоляцією. Рекомендую використовувати кабелі, проводи, дроти в негорючій ізоляції.

Зазвичай всі лінії електромережі для електроприладів та електронно-вимірювальної та ще ПК використовують трипровідну мережу. Вона складається з фазового дроту, нульового дроту та нульового захисного дроту. Нульовий захисний дріт призначений для заземлення або занулення електроприладів. Не слід плутати робочий нульовий дріт з захисним нульовим дротом. Тому не слід використовувати нульовий захисний в якості робочого дроту.

Нульовий захисний дріт прокладається від стійки групового розподільного щитка, до розетки електроспоживачів.

Не в якому разі не можна підключати на розподільному щитку до одного контакту робочий нульовий дріт та нульовий захисний.

Не в якому разі не можна підключати ПК та інші електронно-вимірювальні прилади до двох-дротових електромереж без заземлення.

При організації робочого місця електромережу зазвичай прокладають в металеву штрабу або закривають її металевими профілями із алюмінію або в металеві труби чи просто мурують в стіну. Не допускається використовувати кабелі разом із дротами в одній ізоляції.

Висновок

Під час роботи над розділом безпечна експлуатація та обслуговування об'єкта я провів всі необхідні розрахунки та зробив аналіз по освітленню, пожежній безпеці, мікроклімату у власній кімнаті, і електробезпеці. Всі перелічені пункти виконав спираючись на нормативні вимоги, а це означає що кімната в якій проводиться магістерська дисертація задовольняє всім нормативним вимогам.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	110
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

6 Стартап проект

За період дистанційного навчання практика показує що для гарних практичних навичок та бази знань студента технічного інституту потрібні практичні заняття у великій кількості на навчальних-лабораторних стендах. Так як ні один комп'ютерний симулятор чи то програма для моделювання тих чи інших процесів не дає побачити реального процесу який відбувається в житті. В реальних умовах під час проведення лабораторних чи практичних робіт все виглядає трохи по іншому та має певні тонкощі та свої нюанси.

Будь-яку кафедру інституту складно уявити без навчальних лабораторій зі стендами та установками. Але так чи інакше час йде і технології розвиваються, відповідно потрібно модернізувати лабораторії для демонстрації та вивчення тих чи інших явищ або процесів. Так як більшість навчальних стендів має значний вік своєї роботи, тобто розроблені в радянські часи, вони працюють і по цей день. Такі стенди потребують певної модернізації щоб вони були набагато зручні, прості, та цікаві під час проведення дослідів на них. Що мається на увазі: це стенди які на 50-80% складаються з електричних приладів що дозволяють контролювати будь-які зміни під час проведення дослідів. Наприклад: датчики температури, різні датчики обертів, датчики навантаження, фото датчики, тобто будь-яку зміну в процесі або під час роботи стенду ми відстежуємо за допомогою датчиків які передають всі дані та сигнали на робочу панель або комп'ютер.

Для прикладу візьмемо кафедру прикладної гідроаеромеханіки та механотроніки на якій встановлені аналогічні стенди та установки. Розглянемо деякі навчальні стенди в певних лабораторіях.

Першим прикладом буде компресорна лабораторія. В цій лабораторії розташовані різного типу компресори які оснащені всім необхідним електрообладнанням. На кожному компресорі встановлені певні датчики. Наприклад в-подібний компресор: в цьому компресорі можна відслідковувати зміну тиску як за допомогою манометра так і за допомогою тиску, також присутній

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	111
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

контроль температури за допомогою датчиків температури.

Другим прикладом буде лабораторія пропорційної гідравліки.

В цій лабораторії зібрані нескладні гідравлічні схеми які складають з пропорційної апаратури. Такі стенди на 50-80% складаються з електроніки так як це ще пропорційна гідравліка. На таких стендах можна відслідковувати контроль температури робочої рідини в гідробаку за допомогою датчику тиску, також можна відслідковувати положення гідроциліндру тобто втягнутий він чи висунутий це все робиться за допомогою електро-магнітних датчиків або фото-датчиків, також можна відслідковувати значення тиску коли гідроциліндр до чогось притискає заготовку. Тобто в таких стендах дуже великі можливості і вони доволі цікаві для вивчення та проведення лабораторних робіт. Але так як писалось раніше що технології не стоять на місці то виникає потреба в розробці нових стендів з більшими можливостями на яких можна було б навчити студентів та показати нові процеси та явища за для гарної бази знань. Тому в даному проекті пропонується розробка дидактичного стенду об'ємної гідропередачі.

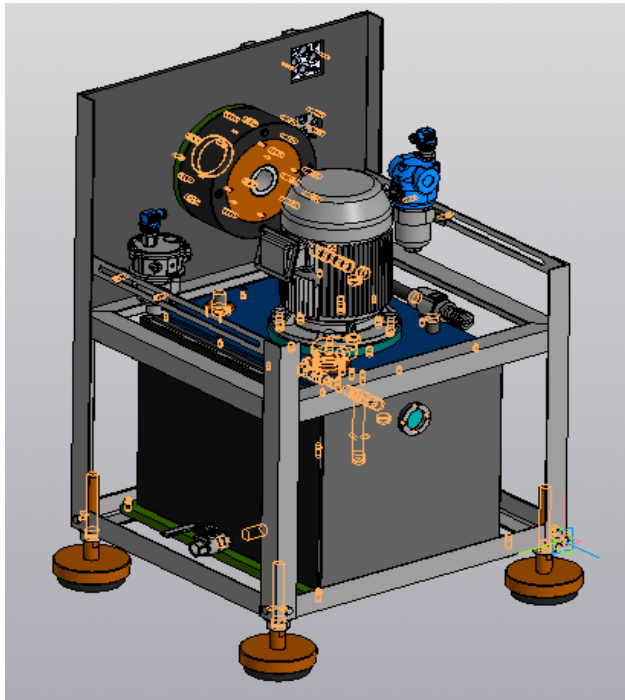
Основна задача цього стенду це показати стабілізацію частоти обертання валу гідромотора не зважаючи на навантаження яке буде на нього створюватися, це все реалізується за допомогою пропорційної гідравліки та різних датчиків.

Мета створення такого стенду: мета створення полягає в перевірці дійсності задуманої ідеї, по друге плануються створюватися конвеєри на виробництві які буду переміщувати вантажі різної ваги, а це означає що конвеєр буде мати різні швидкості руху та ще й не стабільні переміщення, по третє така схема установки як в задуманому стенді дає можливість автоматично підлаштовувати швидкості переміщення конвеєра тобто не дає просадку в обертах мотора який рухає стрічку конвеєра, це означає що не потрібно оператору конвеєра стояти та вручну регулювати процесом руху конвеєра.

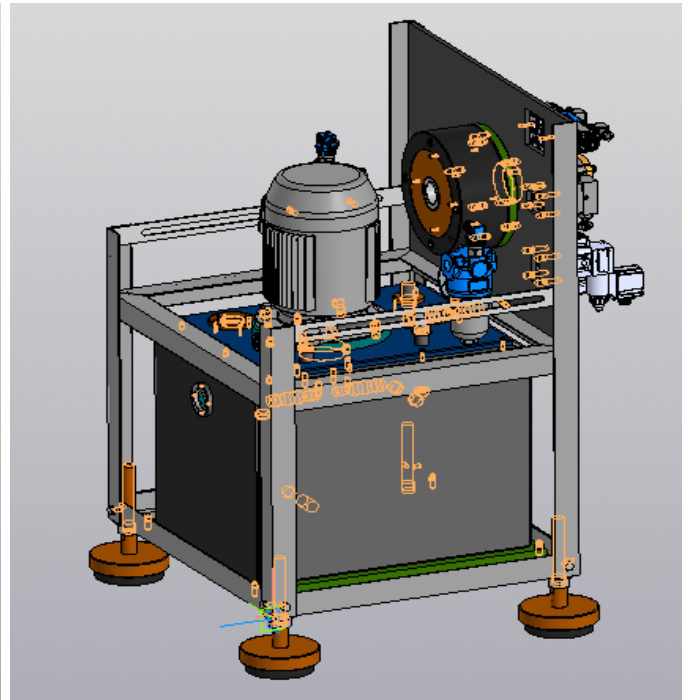
Якщо замовляти такий стенд щоб його виготовило якесь підприємство то це буде дуже дорога розробка що не є дешевою для ВНЗ. Орієнтовна ціна такого

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	112
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

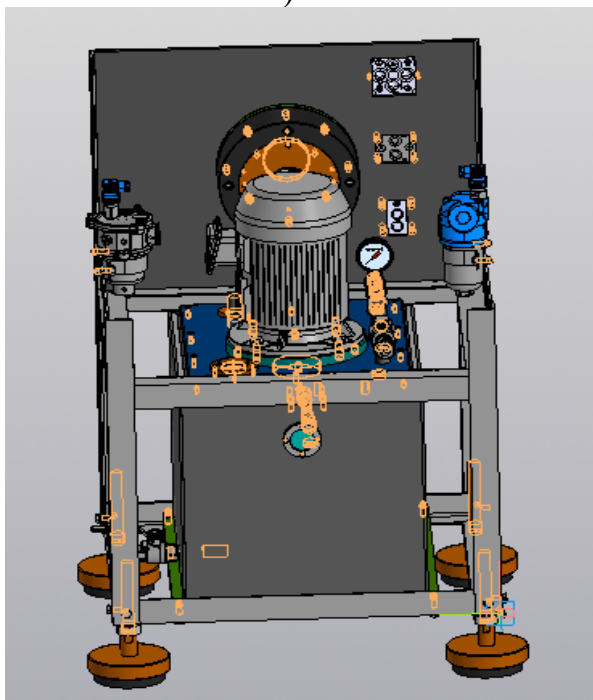
стенду буде 1 000 000 грн, така висока ціна зумовлена всіма комплектуючими елементами що є досить не дешевими в наш час. Тому я пропоную більш дешевше рішення яке буде в 1.5 – 2 рази дешевше по створенню даного дидактичного стенду. Дешевизна полягає в тому що більшість обладнання вже є в наявності лише не вистачає половини комплектуючих. Даний стенд представлено на рис. 6.1



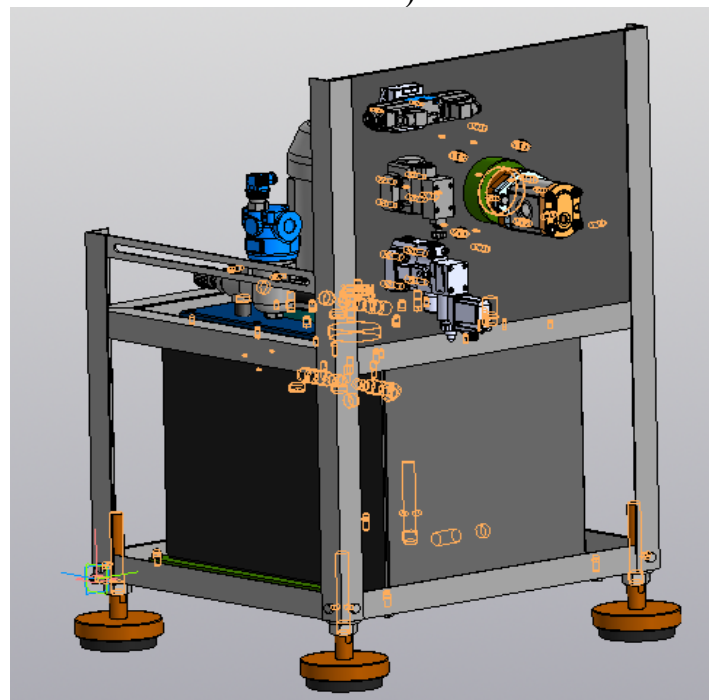
а)



б)



в)



г)

Рис. 6.1 (а, б, в, г) 3д модель дидактичного стенду об'ємної гідропередачі

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	113
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Далі буде представлена таблиця з ідеєю проекту

Таблиця 6.1

Ідея проекту		
Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигода для користувачів
Створення дидактичного стенду об'ємної гідропередачі для більш широкого спектру розуміння пропорційної гідравліки та її можливостей	Вищі навчальні технічні заклади для факультетів гідро-пневмоавтоматики, великі та малі підприємства	Набуття більших знань в пропорційній гідравліці, автоматизація конвеєрів які переміщують різні вантажі на виробництвах чи підприємствах

Переваги та недоліки даного стенду

- Проста та примітивна конструкція;
- Компактність, це головний момент який актуальний в навчальних лабораторіях;
- Можливість відстежувати всі зміни під час досліду;
- Дистанційне керування за потреби;
- Сучасна апаратура яка присутня в стенді.

З недоліків то це

- Велика кількість електроніки, тобто не можна допускати жодної помилки при монтажу;
- Більші вимоги до за контролем робочої рідини так як в стенді присутня пропорційна гідравліка;
- Грамотне та чітке написання програми для чіткої взаємодії всіх елементів в системі стенду.

Технології які застосовані в проекті

Особливо якихось дуже новітніх технологій в даному проекті не використано, основний акцент це простота та надійність стенду та конструкції. Чим простіший стенд або установка чи винахід тим менша вірогідність що він вийде з ладу. Так як в даному випадку дана розробка робиться в навчальних цілях то і як раз для кращого розуміння потрібен простий та примітивний стенд.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	114
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2

Минула характеристика потенційного ринку для стартап-проекту

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Спадає на 3% за рік
2	Кількість головних гравців, од	Більше 15
3	Загальний обсяг продаж грн./ум.од	300 млн. грн
4	Наявність обмежень для входу (характер обмежень)	Відсутні

Згідно з даними які представлені в таблиці 6.2 робимо висновок що ринок є привабливим для входження.

Наступним кроком зробимо аналіз ринкового середовища: сформуємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів що йому заважають. Весь аналіз факторів буде представлено нижче в таблиці в порядку зменшення значущості.

Таблиця 6.3

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можливі реакції компанії
1	Іноваційність	Можливе виникнення непередбачуваних проблем під час процесу впровадження	Відмова від переходу на більш розвинені та новітні технології або додаткове фінансування
2	Хитка політична та економічна ситуація в країні	Випадок виникнення кризи із-за чого припиниться фінансування проекту	Припинення фінансування та як наслідок закриття проекту
3	Підвищення ефективності циклу роботи	Скорочення витрат на оренду приміщень та використання обладнання	Нове устаткування та перехід на нові установки та стенди для лабораторних досліджень

Другим кроком проведемо аналіз пропозицій: визначимо реакції та дії і можливий сценарій розвитку подій, також визначаємо різні ймовірні типи

конкуренції та ймовірний вплив на діяльність підприємства та на діяльність взаємодіючих структур, та загальні риси конкуренції на ринку.[15]

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	115
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.4

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів конкурентів у порівнянні з даним проектом						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Іноваційність	4							X
2	Ціна							X	
3	Репутація виробника							X	
4	Маркетинговий бюджет					X			
5	Ризики		X						

Третім кроком робимо фінальний етап ринкового аналізу можливостей впровадження проекту та складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strenght) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, і сильних та слабких сторін.

Зробимо перелік ринкових загроз і ринкових можливостей які складаються на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками впливу факторів, і на відміну від них ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 6.5

SWOT-аналіз стартап проекту

Сильні сторони: 1. Покращення техніко-економічних показників підприємства 2. Іноваційність 3. Висока якість продукту 4. Висока ефективність	Слабкі сторони: 1. Не відпрацьованість технології.
---	---

Спираючись на SWOT-аналіз обираємо SO стратегію виходу на ринок. Це обумовлене великою кількістю сильних сторін та можливостей.

Висновок: під час роботи над стартап проектом було проведено всі необхідні розрахунки для визначення слабких та сильних сторін ідеї та конкуренції

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	116
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

на ринку. Дана ідея є привабливою для виходу на ринок так як вона може зацікавити більшість виробництв та підприємств. Тому дана ідея по розробці стенду має право на життя та виходу в якісь підприємства.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		117

Висновки

Під час роботи над магістерської дисертацією за темою дидактичний стенд об'ємної гідропередачі було розроблено 3д модель даного стенду та усю необхідну технічну документацію до нього. Даний стенд розробився для навчальних цілей який в майбутньому може бути втілений в життя. Основна задача цього стенду це показати більш широкі можливості пропорційної гідравліки.

В даній дисертації було запропоновано та розглянуто три способи імітації навантаження на вал гідромотору. Також були проведені всі необхідні гідравлічні розрахунки з усім підбором всіх складових елементів в гідравлічній схемі. До даної гідравлічної схеми також були підібрані всі необхідні електричні датчики за допомогою яких буде реалізовуватися автоматичний контроль над стендом. Відповідно була розроблена електросхема зі всіма підключеннями датчиками та контролером. Була зроблена перевірка адекватності роботи стенду та проведений дослід в програмному середовищі FLUID SIM.

Оскільки в даному проекті є вже певні комплектуючі до стенду, а саме насосна станція то під цю станцію розробив спеціальну станину на якій буде кріпитися насосна станція та все інше гідравлічне обладнання разом з електричним. Ще по цьому проекту була розроблена технологія для виготовлення фланцю який буде з'єднувати порошкове гальмо та гідромотор.

І як заключний момент було написано стартап проект в якому чітко представлено що даний стенд має право на життя як в навчальних цілях так і на будь-яких підприємствах де присутні конвеєри які переміщують вантажі різної маси.

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	118
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Соломченко М.Ю. Дипломний проект за темою: Вдосконалення гідравлічного маніпулятора з метою заміни звичайних дроселів на терморегулятори потоку робочої рідини.
2. Марутов В.А., Павловський С.А., Гидроцилиндры. Конструкции и расчет. – М:Машиностроение, 1966.
3. Каталог продукції ATOS <https://atos.com>
4. Каталог продукції Parker <https://www.parker.com>
5. Каталог продукції BoschRexroth AG, <https://www.boschrexroth.com>
6. З.Л. Финкельштейн О.М. Яхно В.Г. Чебан З.Я. Лурье И.А. Чекмасова Расчет, проектирование и эксплуатация объемного гидропривода.
7. Т.М. Башта Машиностроительная гидравлика.
8. 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 <КПІ>, 2008 – 80 с.).
9. Элементы и устройства пневмоавтоматики высокого давления: Каталог/ Под ред..А.И.Кудрявцева. – М.: ВНИИТЭМП, 1990. – 183 с.
10. Пневматические устройства и системы в машиностроении. Справочник (Под общ. Ред. Герц Е.В. – М.: Машиностроение, 1981. 408 с.
11. Федорец В.А., Педченко., Кухарец А.В. Расчет пневматических и пневмогидравлических цикловых систем.- Киев : Техніка, 1981. 184 с.
12. Автоматизация схемотехнического проектирования в машиностроении: Учеб.пособие/ А.И.Петренко, В.В.Ладогубец, В.В.Чкалов. - К.: УМК ВО, 1988. - 180с.
13. Схиртладзе А.Г. Гидравлические и пневматические системы./ А.Г. Схиртладзе, В.И.Иванов, В.Н. Кареев. – М.: Высшая школа, 2006. – 534 с.
14. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A-4_triple_flux_clutch.jpg?uselang=ru, <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fagro-ukraine.com%2Fru%2Ftrade%2Fm-1123680%2Fmagnitnyj-poroshkovyj-tormoz-fz-s-otverstiem-polym->

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	119
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

valom%2F&psig=AOvVaw26kQJ1NPu_L8AL_AR8Wq2i&ust=1700474270944000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCODG6rjmz4IDFQAAAAAdAAAAABAE

15. Ohl C.D., Philipp A., Lauterborn W. Cavitation bubble collapse studied at 20 million frames per second, Ann. Physik 4, 1995. - 26-34 p.
16. Нагрівач <https://heaters.in.ua/ua/p1151936758-ten-nerzhaveyuschij-2000vt.html>
17. Магнітний пускач
https://amperok.com.ua/magn%D1%96tnij_puskach_asko_pm_2_32_10_380_v_a00_40010010
18. Реле контролю напруги
https://rozetka.com.ua/ua/promavtomatika_rnm_3_16/p43462920/
19. Запобіжники та тримачі до них <https://maxservice.com.ua/ua/trymach-zapobizhnyka-32a-ac-500v-zminna-napruha-ua>
20. Трансформатор <https://master-a.com.ua/ua/jatp-025-380-12-iehk-jashhik-s-ponizhajushhim-transformatorom-29065cnt>
21. Автоматичні вимикачі <https://aet.com.ua/ua/p1700206084-avtomaticheskij-vyklyuchatel-energio.html>
22. SSR реле для нагрівача <https://www.mini-tech.com.ua/ssr-25-da-tverdotelnoe-rele>
23. Понижувач напруги <https://tehnomix.com.ua/ru/preobrazovatel-dc-dc-24v-12v-10a/>
24. Каталог продукції SIEMENS <https://www.siemens.com>
25. Гидравлика основной курс ТР 701, автор: Д. Шольц.
26. Порошкова муфта (гальмо) <https://kolesnik2003.uaprom.net/ua/p807262854-elektromagnitnyj-proroshkovyj-tormoz.html>.
27. Порошкова муфта (гальмо) <http://kolesnik.com.ua/tormoza-razmotki-brake-mufty-stseplenija-clutch/elektromagnitnyy-proroshkovyy-tormoz-eleflex-b.651-b.351-na-35n.html>.
28. Диференційний датчик тиску <https://trade-control.com.ua/rosemount-3051>
29. Підсилювач сигналу hawe.com/7/8/D78312-en.pdf
30. Електродвигун <https://elmo.ua/uk>

		Соломченко М. Ю.			МА21мп.18.МД01.00.00.00 ПЗ	120
		Гришко І. А.				
Зм	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		