

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

«На правах рукопису»
УДК 62-1

До захисту допущено:
В.о.завідувача кафедри ПГМ
_____ Ігор НОЧНІЧЕНКО
“ ” _____ 2021 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

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

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Гідросистема тензорного домкрату із мультиплікацією тиску _____

Виконав : студент 2 курсу, групи МА-01мп
(шифр групи)

Богуславський Олександр Вікторович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник: к.т.н ,Костюк Дмитро Вікторович _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці 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 – 2021 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
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

_____ Ігор НОЧНІЧЕНКО

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Богуславському Олександрові Вікторовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Гідросистема тензорного домкрату з
мультиплікацією тиску

науковий керівник дисертації Костюк Дмитро Вікторович к.т.н _____ ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2021 р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації: 13.12.2021 _____

3. Об'єкт дослідження: Мультиплікатор тиску неперервної дії із двома робочими порожнинами, домкрат тензорний _____

4. Вихідні дані: Розрахункова нарізь – М64х4; номінальний тиск НС – 14МПа; тиск на вході в тензорний домкрат – до 200МПа; зусилля, що створює тензорний домкрат – 1500 кН. _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Огляд конструкцій, розробка схемного рішення та конструкції тензорного домкрату, моделювання роботи системи та реакції деталей на навантаження, розробка КД до пристрою _____

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Гідросхема принципова, креслення складальне домкрату тензорного, деталювання, плакат із зображенням розділу динамічного моделювання мультиплікатора тиску, плакат із зображенням результатів статичного аналізу МКЕ _____

7. Орієнтовний перелік публікацій: Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та студентів Інновації молоді в машинобудуванні-2021 «До питання побудови математичної моделі гідравлічного мультиплікатора» _____

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 22.10.2021 _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Постановка задачі магістерської дисертації	22.10.21-25.10.21	Виконано
2	Загальні відомості	25.10.21-05.11.21	Виконано
3	Огляд можливих конструктивних рішень	05.11.21-10.11.21	Виконано
4	Попередній розрахунок гідросистеми	10.11.21-12.11.21	Виконано
5	Попередня побудова динамічної моделі	12.11.21-20.11.21	Виконано
6	Попередній статичний розрахунок	20.11.21-21.11.21	Виконано
7	Статичний аналіз деталей тензорного домкрату методом кінцевих елементів	21.11.21-22.11.21	Виконано
8	Уточнюючі розрахунки на базі динамічної моделі	22.11.21-25.11.21	Виконано
9	Досліди із динамічною моделлю	25.11.21-28.11.21	Виконано
10	Охорона праці	28.11.21-02.12.21	Виконано
11	Опис технологічного процесу виготовлення	02.12.21-05.12.21	Виконано
12	Стартап-проект	05.12.21-10.12.21	Виконано
13	Оформлення графічної частини	10.11.21-12.12.21	Виконано

Студент

Олександр Вікторович Богуславський

Науковий керівник

Дмитро Вікторович Костюк

Гідросистема тензорного домкрату з мультиплікацією тиску

МА-01МП.01.00.00 ПЗ

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект присвячений розробці гідросистеми тензорного домкрату із мультиплікацією тиску.

Структура записки проекту має постановку технічного завдання, теоретичні відомості, а також розрахункову частину. Розрахунки підкріплено статичним аналізом основних вузлів тензорного домкрату в CAE SolidWorks, а теоретичні розрахунки мультиплікатора тиску обґрунтовані динамічним моделюванням в Matlab Simulink.

Основною задачею проекту є розробка гідросистеми тензорного домкрату із оптимальними параметрами в межах сформульованого технічного завдання.

В проекті реалізовано мультиплікацію тиску з метою вкорочення лінії трубопроводу, що проходить під надвисоким тиском. Це рішення додатково дає змогу реалізувати наявну насосну станцію.

Під час розробки конструктивної частини тензорного домкрату, як інструмент аналізу було використано CAE SolidWorks, а саме модуль для статичного аналізу методом кінцевих елементів – Simulation. Це дало змогу візуалізувати напруження, що відбуваються в основних вузлах тензорного домкрату, а також оптимізувати геометрію деталей на основі цієї симуляції.

Використання Matlab Simulink як інструменту для динамічного моделювання гідросистем, дало змогу емпіричним шляхом перевірити розрахунки геометричних параметрів мультиплікатора тиску, а також скорегувати їх для зменшення розмірів майбутнього пристрою без зменшення його продуктивності. До того ж, було проведено дослідження впливу нерозчиненого в робочій рідині повітря на ефективність мультиплікації.

ANNOTATION

The diploma project is devoted to the development of a tensor jack hydraulic system with pressure multiplication.

The structure of the project note has a technical task, theoretical information, as well as the calculation part. The calculations are supported by static analysis of the main components of the tensor jack in CAE SolidWorks, and the theoretical calculations of the pressure multiplier are based on dynamic modeling in Matlab Simulink.

The main task of the project is to develop a hydraulic system of a tensor jack with optimal parameters within the formulated technical task.

The project implemented pressure multiplication in order to shorten the line of the pipeline passing under ultra-high pressure. This solution additionally makes it possible to implement an existing pumping station.

During the development of the structural part of the tensor jack, CAE SolidWorks was used as a tool of analysis, namely the module for static analysis by the finite element method - Simulation. This made it possible to visualize the stresses occurring in the main nodes of the tensor jack, as well as to optimize the geometry of the parts based on this simulation.

Using Matlab Simulink as a tool for dynamic modeling of hydraulic systems, it was possible to empirically verify the calculations of the geometric parameters of the pressure multiplier, as well as adjust them to reduce the size of the future device without reducing its performance. In addition, a study of the effect of undissolved air in the working fluid on the efficiency of multiplication was performed.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ В МАГІСТЕРСЬКІЙ РОБОТІ.....	11
1.1 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	11
1.2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	12
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО З'ЄДНАННЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИКОНАННЯ	13
2.1 ТИПИ З'ЄДНАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ	13
2.2 РОЗНІМНЕ РІЗЬБОВЕ З'ЄДНАННЯ	14
2.3 МЕТОДИКА НАВАНТАЖЕННЯ КРІПІЛЬНИХ ВИРОБІВ	18
2.4 ТЕНЗОРНИЙ ДОМКРАТ.....	21
2.5 ГІДРАВЛІЧНИЙ МУЛЬТИПЛІКАТОР ТИСКУ	22
2.5.1 МУЛЬТИПЛІКАТОР РАЗОВОЇ ДІЇ	25
2.5.2 МУЛЬТИПЛІКАТОР НЕПЕРЕРВНОЇ ДІЇ.....	26
2.5.3 ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ МУЛЬТИПЛІКАТОРІВ ТИСКУ	30
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ГІДРОСИСТЕМИ З МУЛЬТИПЛІКАЦІЄЮ ТИСКУ ТА ТЕНЗОРНОГО ДОМКРАТУ	32
3.1. ПОПЕРЕДНІЙ РОЗРАХУНОК.....	32
3.2. РОЗРАХУНОК ШТОКА ТЕНЗОРНОГО ДОМКРАТУ	33
3.3 РОЗРАХУНОК КОРПУСУ ТЕНЗОРНОГО ДОМКРАТУ	35
3.4 РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ	36
3.4.1 РОЗРАХУНОК ПЕРЕРІЗУ ТРУБОПРОВОДУ	36
3.4.2 ВИБІР РОБОЧОЇ РІДИНИ	37
3.4.3 РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНИХ ВТРАТ	38
3.5 СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	42
3.6 ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ	53
РОЗДІЛ 4. ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ МУЛЬТИПЛІКАТОРА ТИСКУ	54
4.1 ПЛАН ІМІТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ГІДРОПРИВОДУ	61
4.2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ПІДБІР ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МУЛЬТИПЛІКАТОРА ТИСКУ	61
4.2.1 УТОЧНЮЮЧИЙ РОЗРАХУНОК №1	63
4.2.2 УТОЧНЮЮЧИЙ РОЗРАХУНОК №2	64
4.3 АНАЛІЗ ВПЛИВУ РОЗЧИНЕНОГО ПОВІТРЯ В РІДИНІ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ МУЛЬТИПЛІКАЦІЇ	66
4.4 ВПЛИВ ТИСКУ ЖИВЛЕННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ МУЛЬТИПЛІКАТОРА.....	69

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ							
					Гідросистема тензорного домкрату з мультиплікацією тиску							
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Литера	Масса	Масштаб				
Разраб.	Богуславський											
Пров.	Костюк Д.В.											
Т.контр.												
Н.контр.												
Утв.												
					Лист 7 Листов 113							

4.5 ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ	74
РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБ’ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	75
5.1 ОПИС ПРИМІЩЕННЯ	75
5.2 ОСВІТЛЕННЯ	76
5.3 МІКРОКЛІМАТ	78
5.4 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.....	80
5.5 ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА	81
5.6 ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ	82
РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	82
6.1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ	82
6.2 ВИБІР ЗАГОТОВКИ	84
6.3 ВИБІР ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ І ТИПОВИХ СХЕМ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ	84
РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	91
7.1 ОПИС ІДЕЇ ПРОЕКТУ	91
7.2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ ІДЕЇ ПРОЕКТУ	92
7.3 АНАЛІЗ РИНКОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАПУСКУ СТАРТАП – ПРОЕКТУ	93
7.4 РОЗРОБКА РИНКОВОЇ СТРАТЕГІЇ ПРОЕКТУ	100
7.5 РОЗРОБКА МАРКЕТИНГОВОЇ ПРОГРАМИ СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	102
Сертифікат безпеки за ДСТУ EN ISO 12100:2014 Безпечність машин.	103
7.6 ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ	105
ВИСНОВОК.....	107
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	109
ДОДАТКИ.....	111
Додаток 1. Специфікація обраного мастила HYD HVLDPD 32, надана виробником AVISTA	111
Додаток 2. Технічна документація до розподільника золотникового з гідравлічним керуванням типу WE6 TM PONAR	112

ВСТУП

Важливою віхою в розвитку сучасного машинобудування є відхід від явища людського фактору на підприємстві. Широке застосування високоточного інструменту, при використанні якого людина постає у ролі контролера, значно зменшує вірогідність браку та негативних наслідків. Особливо гостро потреба у високоточному, прецензійному інструменті постає в галузі важкого машинобудування.

Гідропривід тензорного домкрату призначений для забезпечення кріплень рознімних з'єднань методом осьової витяжки. Даний метод дає змогу отримати найбільш точне значення ступеню затяжки із мінімальним впливом людського фактору на кінцевий результат.

Також помилки, спричинені людським фактором, є значною проблемою під час проектних робіт. Використання САЕ пакетів значно знижує вірогідність помилки при умові перехресної перевірки розрахунків критичних вузлів. Розробка із подальшою теоретичною симуляцією об'єкту проектування дає змогу пришвидшити роботу над КД.

Метою даної роботи є розробка схемного рішення та конструкції гідросистеми тензорного домкрату із мультиплікацією тиску, моделювання роботи системи, прогнозування реакції системи на зміну вхідних параметрів, розрахунки реакції деталей на навантаження, розробка рекомендацій щодо охорони праці на робочому місці, побудова технологічного процесу виготовлення складальної одиниці пристрою, аналіз можливостей впровадження проекту на комерційній основі.

РОЗДІЛ 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ В МАГІСТЕРСЬКІЙ РОБОТІ

1.1 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

*Технічне завдання на дослідно-конструкторську роботу на тему:
«Гідросистема тензорного домкрату з мультиплікацією тиску»*

1. Робота виконана відповідно до графіку індивідуального навчального плану магістрів професійних ПГМ ММІ.

2. Призначення технологічного об'єкта: пристрій для осьової витяжки різьбових з'єднань із метою подальшої їх затяжки.

3. Об'єкт модернізації: мультиплікатор тиску гідравлічний, що планується встановити в систему задля досягнення необхідного розрахункового тиску в рамках мобільного гідравлічного пристрою – Домкрат тензорний.

4. Технічні вимоги до конструкції:

- Максимально стандартизоване обладнання (за виключенням модулю – домкрат тензорний та мультиплікатор тиску)
- Приєднувальні розміри, різьби, штуцери мають бути зі стандартного ряду
- Кількість операторів: 1 людина.
- Вхідний тиск від існуючої насосної станції $P_{\text{вхід}}=14$ МПа
- Вхідна подача $Q_{\text{вхід}}=14$ л/хв.
- Тиск на вході в тензорний домкрат: 200 МПа
- Максимальний калібр нарізі М64 при 10.9 міцності
- Подача на вході в тензорний домкрат: не менш, ніж 0,1 л/хв.

5. Умови експлуатації:

Експлуатація в межах виробничих приміщень підприємства при нормальних температурних режимах та технічному обслуговуванні відповідно до погоджених та регламентованих законодавством, інтервалів.

6. Вимоги до оформлення:

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

Розроблена документація має бути виконана відповідно до вимог Єдиної системи конструкторської документації.

7. Термін виконання роботи: Терміни розробки документації визначається календарним планом, але не пізніше, ніж 31.12.2021р.

Відтак, технічне завдання базується на потребах промислового виробництва в модернізації існуючої системи для осьової витяжки кріплень рознімних (різьбових) з'єднань, що включає в себе механічний насос високого тиску та тензорний домкрат. Результатом модернізації має бути система, яка включає в себе наявну насосну станцію, що обслуговується одним оператором. Проблема полягає в тому, що параметри наявної маслостанції не задовольняють умови по тиску для нормальної роботи тензорного домкрату. Тиск в системі має бути збільшено із 10МПа до 200МПа за рахунок встановлення мультиплікатора тиску. Підбір обладнання буде проведено із розрахунку даних технічних умов. Частина системи, що працюватиме на відносно низькому тиску повинна мати стандартизовані приєднувальні розміри.

1.2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Задачею магістерської роботи є:

- Аналіз гідроприводу системи для витяжки кріплень рознімних з'єднань.
- Визначення шляхів модернізації
- Розрахунок та дослідження процесів, що відбуваються в гідравлічному мультиплікаторі тиску.
- Гідравлічний розрахунок.
- Підбір обладнання та робочої рідини.
- Розрахунок на міцність основних вузлів
- Корегування параметрів системи відповідно до умов використання пристрою

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО З'ЄДНАННЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИКОНАННЯ

2.1 ТИПИ З'ЄДНАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

Спряження деталей та складальних одиниць між собою – одна із основних задач машинобудування. В межах одного виробу деталі можуть бути умовно поділені на основні (ті, що безпосередньо забезпечують функціонал пристрою) та допоміжні (ті, що відповідають за базування на взаємне розміщення основних деталей в межах виробу). Допоміжні деталі не лише забезпечують жорстке позиціонування складальних одиниць між собою, але й можуть виконувати умови передачі руху від однієї деталі до іншої.

В машинобудуванні з'єднання класифікують по декільком параметрам і поділяють за ступенем свободи на *рухомі* та *нерухомі*, за методом закріплення на *рознімні* та *нерозбірні*, за призначенням на *силові*, *точні* та *герметичні*.

До *рухомих* з'єднань належать:

- Шарніри – з'єднання, що дають можливість обертання деталей навколо однієї осі, або точки із декількома ступенями свободи;
- Гвинтова передача – рух ходового гвинта відносно гайки, що забезпечує перетворення обертального руху в осьове переміщення;
- Підшипникові вузли – забезпечення обертального руху вісей та валів;

Нерухомі з'єднання використовують для розчленування виробу на окремі складальні одиниці. Використовують для спрощення технології виготовлення виробу, забезпечення можливості обслуговування окремих вузлів та деталей, для можливості транспортування й монтажу виробів.

З'єднання називають *розбірним* в тому випадку, коли виріб можна неодноразово розбирати, при цьому не відбувається пошкоджень

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

основних технологічних деталей. (Допоміжні, такі як ущільнюючі елементи, шайби, гровери, прокладки можуть бути замінені по причині руйнації). До таких спряжень належать:

- Різьбові;
- Штифтові;
- Клемові;
- Шпонкові;
- Клинові;
- Шлицьові;
- Фланцеві;
- Муфтові;
- Бугельні;

Якщо розбирання виробу на складальні одиниці без руйнації з'єднаних частин є неможливим, такі спряження називають *нерозбірними*. До них належать:

- Заклепування;
- Зварювання;
- Склеювання;
- Пайка;
- Посадки із натягом.

2.2 РОЗНІМНЕ РІЗЬБОВЕ З'ЄДНАННЯ

Технологічно задачу забезпечення рознімного з'єднання в кожному випадку вирішують окремо. Конструктивно, є безліч інструментів для забезпечення рознімного з'єднання складальних одиниць між собою. Ось лише деякі із них: різьбове, шлицеве, штифтове, шпонкове, клинове, клемове, бугельне, ексцентрикове.

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

Нарізне з'єднання є найпоширенішим з'єднанням деталей машин. Широке їх застосування у машинах і механізмах пояснюється їхньою простотою й надійністю, зручністю регулювання, затягання, а також можливістю їх розбирання й повторного складати без заміни деталі. [1]

Найчастіше використовується метрична та дюймова нарізі. Нарізь, що виконана в циліндричній/конічній поверхні, називають циліндричною/конічною

За контуром перерізу через вісь (профіль нарізі) поділяється на:

- Трикутна
- Трапецоїдна
- Упорна
- Прямокутна
- Кругла

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15

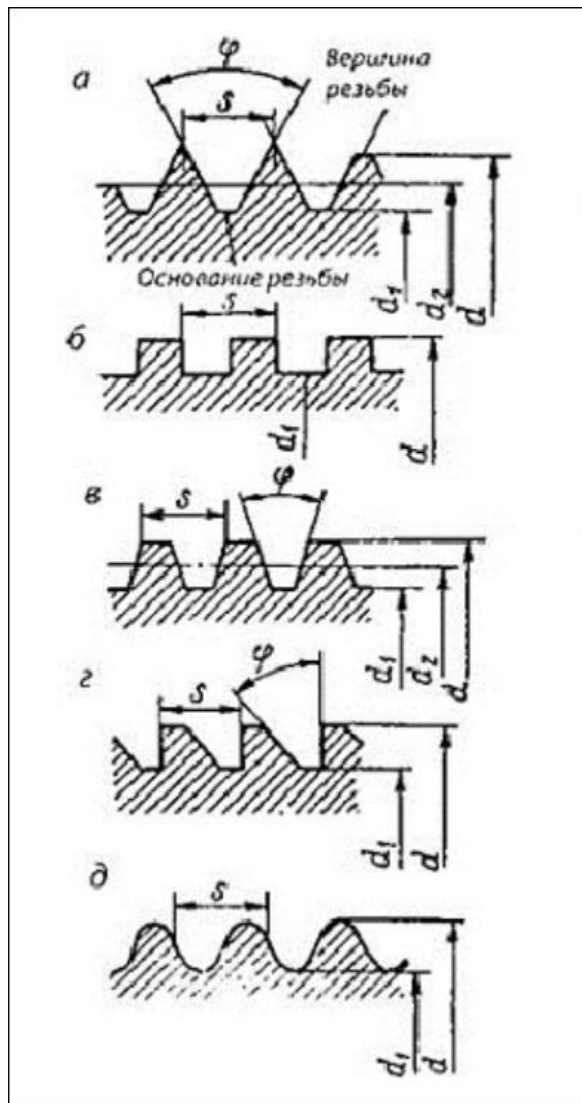


Рис.2.1 – Зображення нарізі по типам: *а* – трикутна, *б* – прямокутна, *в* – трапецоїдна, *г* – упорна, *д* – напівкругла.

За напрямом обертання профіля нарізів може бути *лівою*, або *правою*. За замовчуванням використовується права. Але в тих випадках, коли використання правої нарізі може привести до саморозгвинчування з'єднання, доцільно використовувати ліву нарізь.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МА-01МП.01.00.00 ПЗ

Лист

16

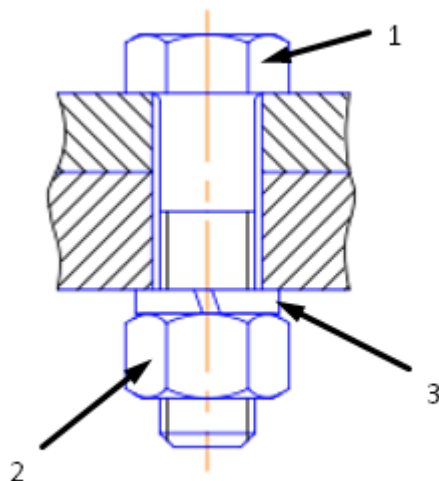


Рис. 2.2 – Позначення болтового з'єднання на кресленні в перерізі закріплюваних деталей. 1 – болт, 2 - гайка, 3 – шайба-гровер для запобігання розгвинчуванню

До переваг різьбового спряження належить:

- Технологічність;
- Взаємозамінність;
- Універсальність;
- Надійність;
- Масовість;

Недоліками різьбового з'єднання є:

- Саморозкручування при вібраційних навантаженнях;
- Навіть гладкі отвори під кріпильні деталі є концентраторами напружень;
- З часом під дією поздовжньої сили на болт або шпильку, виникає пластична деформація.

Якість високонавантажених різьбових з'єднань обумовлена трьома факторами: конструкція з'єднань, правильність розрахунку навантаження попередньої затяжки, точність розрахункової затяжки в процесі монтажу. Точність затяжки різьбового з'єднання є вкрай важливим. Особливо гостро ця проблема постає при необхідності виконати відповідальне кріплення складальних одиниць в окремих сферах важкого машинобудування. Гостро проблема контролю ступеня затяжки постає в магістральних

трубопроводах, АЕС, гірничо-збагачувальних комбінатах, підприємствах хімічної промисловості тощо. Саме правильна затяжка різьбового з'єднання і є основною проблемою.

2.3 МЕТОДИКА НАВАНТАЖЕННЯ КРІПІЛЬНИХ ВИРОБІВ

Попередня затяжка вкрай необхідна для забезпечення правильного з'єднання кріпильних одиниць в робочих умовах. Оскільки при затяжці різьбового з'єднання водночас навантажується лише одна або обмежена група шпильок, то необхідно виконувати деяку послідовність затяжки. Особливо важлива послідовність затяжки герметичних з'єднань. Розглянемо схему попереднього навантаження на прикладі фланцевого з'єднання.

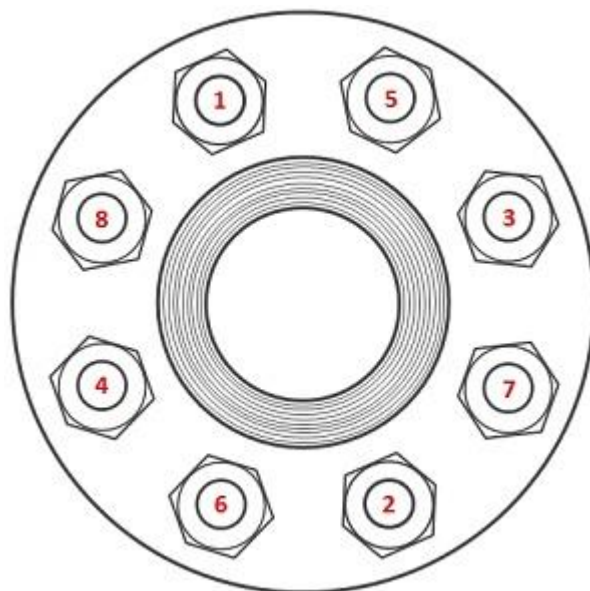


Рис. 2.3 – Послідовність затяжки кріпильних елементів на прикладі фланця при використанні одного інструменту затяжки.

Станом на сьогодні, для забезпечення надійного та контрольованого різьбового з'єднання використовують декілька методів:

1. Затяжка прикладенням ударно-обертових імпульсів до гайки;
2. Затяжка прикладенням крутного моменту до гайки;
3. Затяжка, прикладенням осьових навантажень на видовження до стержня шпильки;

*Також є деякі патенти, що описують осьову витяжку за рахунок нагріву шпильки потоком гарячого повітря.

Найбільш широкого розповсюдження набули методики 2 та 3. Адже при ударно-обертовій методиці, навантаження є імпульсним. А момент затяжки є важко контрольованим та непередбачуваним.

Затяжка прикладенням крутного моменту до гайки є універсальним та простим методом. На цьому переваги даного способу затяжки завершуються, адже ККД становить лише близько 10% від всієї сили, що застосовують для затяжки, більш того, в процесі затяжки в шпильці виникають навантаження кручення, що знижують несучу здатність різьбових з'єднань. [2]

При затягуванні нарізі, момент $M_{кр}$, що прикладають до гайки, витрачається на подолання сили тертя торця гайки об опорну поверхню нерухомого елемента закріплюваної деталі і тертя витків різьби гайки та витків шпильки. Сумарний момент матиме вигляд:

$$M_{кр} = M_m + M_p$$

Де M_m -момент тертя торця гайки об опорну поверхню; M_p – крутний момент в різьбі.

$$M_m = f_m Q_3 R_m,$$

Де f_m – коефіцієнт тертя по торцю гайки; Q_3 – зусилля затяжки, R_m – умовний радіус тертя гайки.

$$M_p = Q_3 (P / 2\pi + f_p d_2 / 2)$$

Де P – крок різьби; f_p – коефіцієнт тертя, що виникає в різьбі; d_2 – середній діаметр різьби;

Для різьбових з'єднань, що змащуються індустріальною змазкою, якщо на них відсутні електролітичні покриття $f_m = 0,12$; $f_p = 0,20$. [2]

Затяжка, прикладенням осьових навантажень до стержня шпильки позбавлена недоліків з'єднання, які наявні в методі, описаному вище. Спосіб полягає в розтяганні стержня шпильки гідравлічним домкратом, після чого гайка вільно обертається для фіксації стержня шпильки в розтягнутому положенні. Особливість методу полягає в тому, що після довертання гайки в крайнє положення без прикладення до неї крутного моменту, без навантаження залишаються такі елементи як: нарізь між шпилькою та гайкою, мікронерівності в парах гайка – шайба та шайба – фланець. Як наслідок, після

зняття розтягуючого навантаження зі шпильки, ці елементи деформуються, а залишкове зусилля затяжки зменшується.

Для компенсації зменшення зусилля в шпильці, введено *коефіцієнт розгрузки*, що оцінює ступінь зменшення зусилля. Коефіцієнт розгрузки дорівнює відношенню початкової сили, що розтягує шпильку, до залишкового зусилля в ній. [2]

Величину коефіцієнту розгрузки шпильок визначають за формулою:

$$K_z = \psi_z K_n,$$

де величину коефіцієнта ψ_z в залежності від типу кільця ущільнювача, кількості груп шпильок і номера групи визначають по схемі, наведеній нижче.

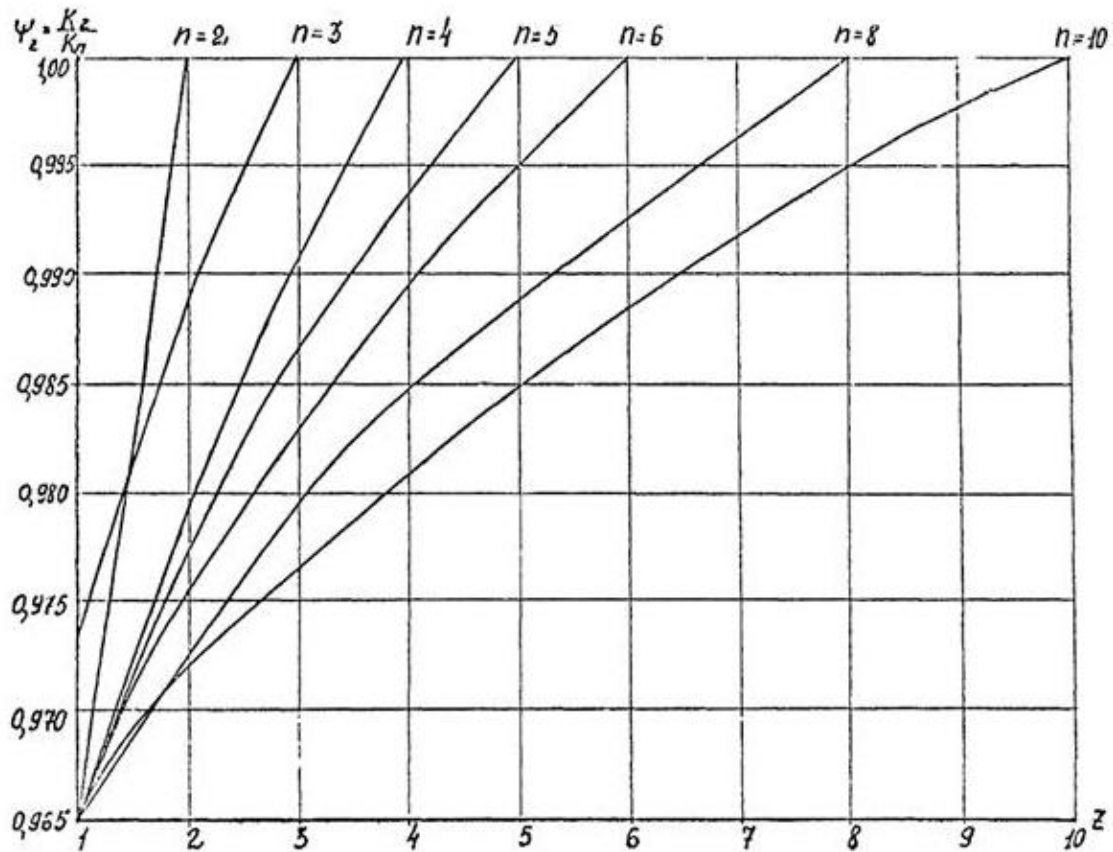


Рис. 2.4 – Залежність коефіцієнта ψ_z кількості груп і порядкового номера на прикладі ущільнювача трикутного перетину

Підбивши підсумок по підрозділу, можна цілком справедливо стверджувати, що серед поширених існуючих методів навантаження кріпильних виробів, а саме різьбового з'єднання, найбільш точно

контрольованим по ступеню затяжки є методика осьового видовження. Адже в цьому випадку зусилля прикладається безпосередньо на шпильку. Тертя на витках нарізі, а також в парах гайка-шайба та гайка-опорна поверхня – відсутні, що значно підвищує точність розрахунку зусилля затяжки, до того ж, при використанні методу осьової витяжки, в шпильці відсутні навантаження кручення, що можуть знижувати несучу здатність різьбового з'єднання. Правильно розрахувавши коефіцієнт розвантаження, що залежить від матеріалу та типу шайби із ущільнювачем, досягається найбільша точність зусилля затяжки кріпильних елементів, що є вкрай важливо в відповідальних об'єктах важкої промисловості.

2.4 ТЕНЗОРНИЙ ДОМКРАТ

Тензорний домкрат – це спеціальний гідравлічний інструмент для закріплення різьбових з'єднань методом прикладення осьового навантаження на болт, або шпильку. Джерелом сили якого є гідравлічна рідина. Тензорний домкрат дозволяє точно розрахувати ступінь затяжки різьбового з'єднання за рахунок зміни тиску в системі.

Абсолютна більшість гідравлічних шпильконатягувачів складаються із тягнучого стакану, що накручується на тіло шпильки та гідравлічного домкрату із кільцевим гідроциліндром високого тиску із коротким ходом.

Принципова конструкція типового пристрою включає в себе декілька деталей. Див. рис.2.5:

1 – проставка в опорну поверхню, 2 – ключ накидний (обойма), 3 – приєднувальний отвір для гідролінії, 4 – ущільнення, 5 – тягнучий стакан (змінна деталь, під кожен калібр метричної нарізі), 6 – поршень домкрату, 7 – корпус домкрату, 8 – вороток для обойми

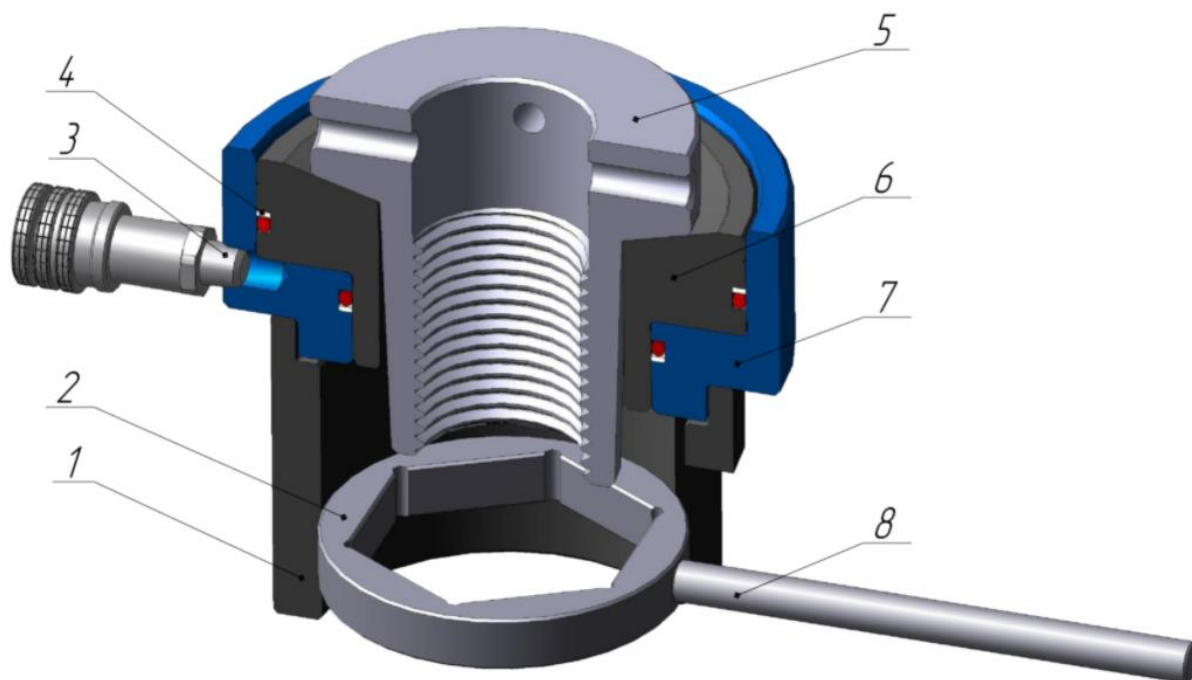


Рис. 2.5 – Домкрат тензорний. Осьовий розріз

2.5 ГІДРАВЛІЧНИЙ МУЛЬТИПЛІКАТОР ТИСКУ

Мультиплікатор тиску – це гідравлічний пристрій для багатократного підвищення тиску в системі. Найпростіший мультиплікатор зроблений по принципу двох гідроциліндрів різного діаметру, що з'єднані єдиним штоком. Саме за рахунок різниці робочих площ виконується збільшення тиску. Але, тим самим принципом, зменшується витрата системи після мультиплікатора.

Мультиплікатор тиску вмикається в роботу лише тоді, коли в гідросистемі виникає потреба в підвищеному тиску. Іншу ж частину часу мультиплікатор не виконує свою функцію та не має ніякого внутрішнього споживання.

Гідравлічні мультиплікатори використовуються як правило в системах високого тиску. Мультиплікатор використовують як один із ступенів підвищення тиску в станках гідро абразивного різання, в ковальських пресах, при використанні гідравлічного пожежного обладнання, а також в

гідросистемах, що забезпечують роботу гідравлічного гайковерта, тензорного домкрату, гідравлічного гайкоріза, тощо.

Мультиплікатори поділяються по принципу дії на мультиплікатор разової дії та мультиплікатор неперервної дії.

Мультиплікатор разової дії є одним з найпростіших. Але він не може забезпечити неперервний потік рідини під високим тиском. Тому використовують даний тип лише в ковальських молотах.

Розглянемо мультиплікатор тиску неперервної дії:

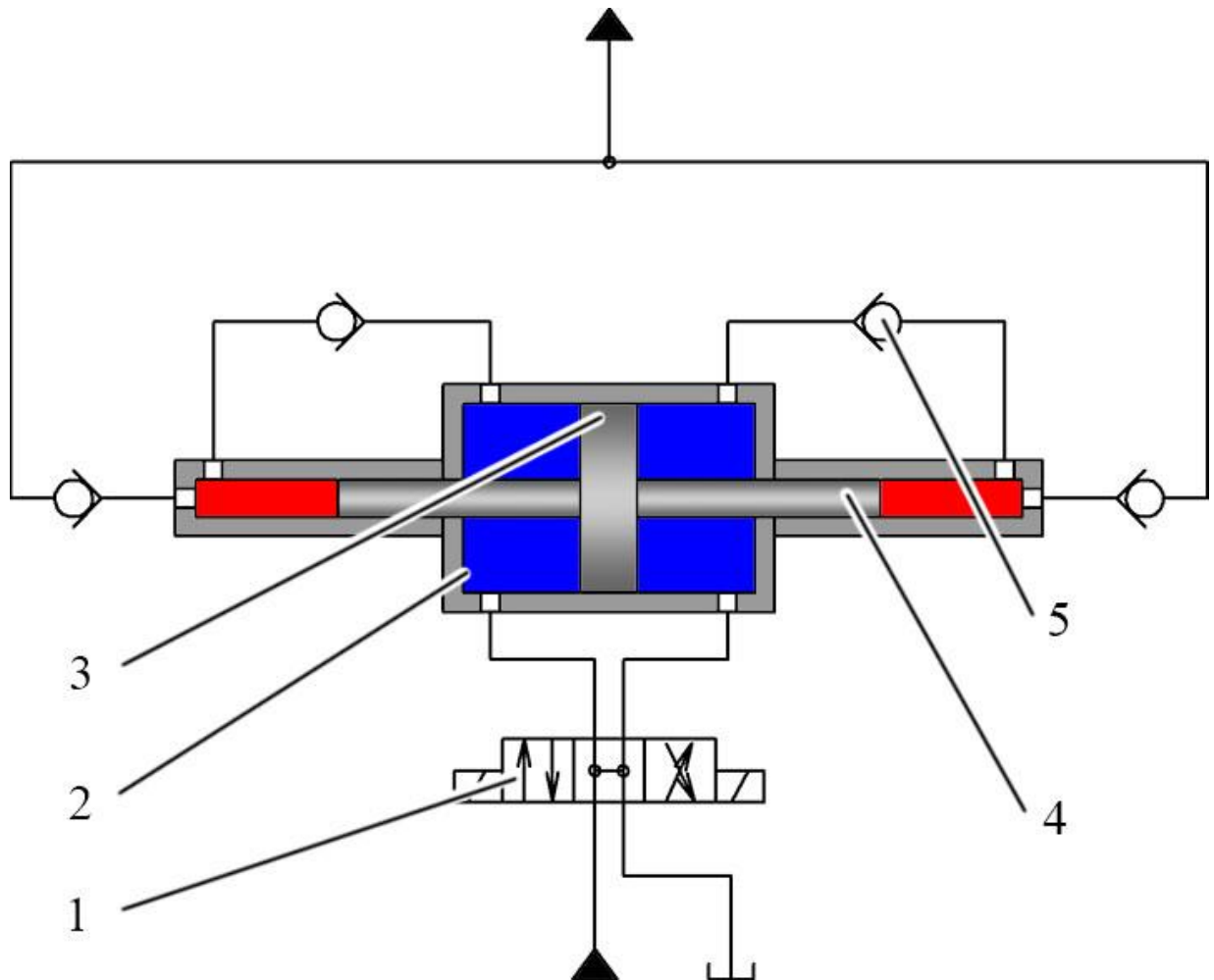


Рис 2.6 - Схематичне зображення мультиплікатора високого тиску неперервної дії. [3]

Потік рідини низького тиску через розподільник 1 направляється в одну з порожнин гідроциліндра 2 низького тиску. Поршень 3 низького тиску має жорсткий зв'язок з плунжерами високого тиску 4. За переміщення поршня 3, плунжером 4 виконується такт стиску рідини до високого тиску. При крайньому положенні поршня 3, спрацьовує один із датчиків, що перемикають

електромагніт розподільника 1. Зворотні клапани 5 не допускають перетікання рідини з магістралі високого тиску в магістраль низького тиску. Для зменшення пульсацій, на виході мультиплікатора тиску встановлюють гідравлічний акумулятор (В сучасних моделях мультиплікатор є моноблочним та втілює в собі всі ті пристрої, що описано вище).

В системах, де необхідно забезпечувати неперервний потік рідини високого тиску, використовують саме мультиплікатор неперервної дії (Наприклад в станках гідроабразивного різання, мультиплікатор неперервної дії забезпечує постійний потік рідини під тиском до 600МПа)[2,3].

Фізичним описом та обґрунтуванням принципу дії мультиплікатора слугує формула:

$$F = P \cdot S$$

Де F- зусилля на штоці гідроциліндра, P- тиск рідини, S- площа робочої поверхні. Як було сказано вище, мультиплікатор – це умовно 2 гідроциліндра, що з'єднані єдиним штоком, тоді:

$$F1 = F2.$$

$$P1 \cdot S1 = P2 \cdot S2$$

Тиск рідини на другому поршні розраховується по формулі:

$$P2 = F2 / S2;$$

Встановимо залежність між величинами P_1 та P_2 :

$$P2 = P1 \cdot S1 / S2.$$

Таким чином виходить, що на тиск на виході з мультиплікатора впливає лише тиск на вході та відношення площ*

*- При розрахунках не враховано тертя, мертвий об'єм в порожнинах гідроциліндрів, стискуваність рідини.

Для розрахунків тиску на виході з гідравлічного мультиплікатора типу Рідина-Рідина, було введено коефіцієнт мультиплікації **i**. Коефіцієнт враховує втрати на тертя та різницю робочих площ конкретної моделі пристрою.

За конструкцією і особливостями роботи мультиплікатори тиску поділяють на 2 основні групи:

- Мультиплікатори разової дії
- Мультиплікатори неперервної дії

В свою чергу, за енергоносієм, мультиплікатори бувають типу «рідина-рідина» та «газ-рідина». Причому мультиплікатор типу «рідина-рідина» може мати два не поєднані між собою контури.

Мультиплікатори із сепарацією рідини на різних ділянках використовують в хімічній промисловості, наприклад, при роботі із кислотами.

2.5.1 МУЛЬТИПЛІКАТОР РАЗОВОЇ ДІЇ

Мультиплікатор разової дії використовується в гідросистемах як додаткова ступінь підвищення тиску на короткотривалий час. Найбільш широко використовується в ковальських пресах. Основна задача ковальського пресу – генерація надвисокого тиску механічного молота на заготовку. Високий тиск необхідний на етапі прямого ходу преса. В цей час мультиплікатор багаторазово підвищує робочий тиск. В момент зворотнього ходу відбувається розрядка мультиплікатора і повернення його в початкове положення.

Мультиплікатор тиску разової дії є простим і надійним пристроєм із мінімальною кількістю деталей. Ця перевага і зумовлює його широке використання.

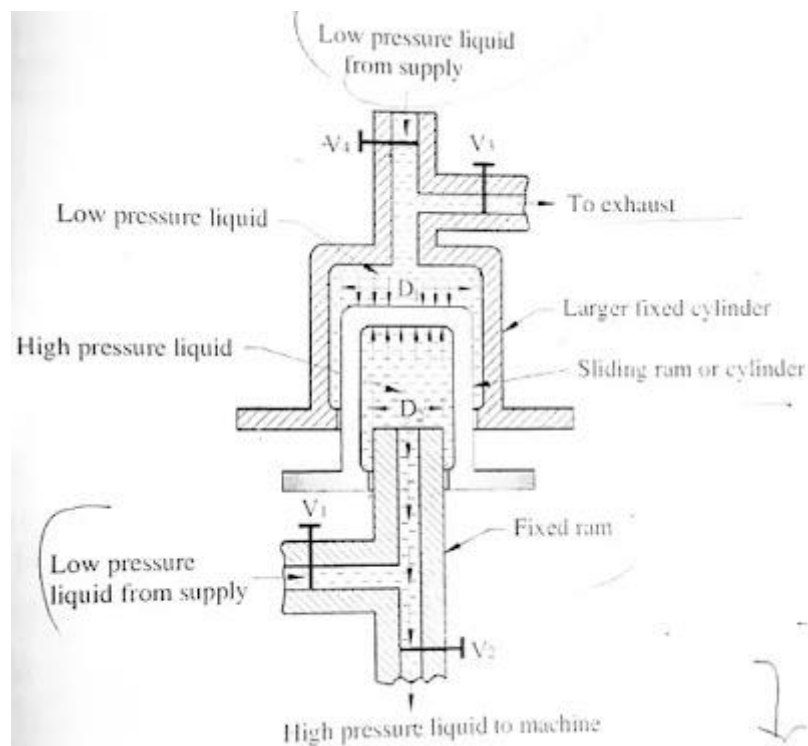


Рис. 2.7 – Схематичне зображення мультиплікатора ковальського пресу.

Велика кількість рідини при низькому тиску надходить у великий нерухомий циліндр через клапан V4. В той же час плунжер знаходиться в крайньому нижньому положенні. Потім клапани V4 і V2 закриваються, а клапан V1 відкривається. Таким чином, рідина низького тиску живлення надходить в плунжер через клапан V1. Клапан V3 також відкривається, що дозволяє рідині низького тиску з нерухомого великого циліндра виходити у внутрішню порожнину плунжера.

Тому плунжер рухається вгору. Плунжер досягає свого найвищого положення, його внутрішній простір заповнений рідиною низького тиску. Потім клапани V1 і V3 закриваються, а V2 і V4 відкриваються. Рідина низького тиску надходить у великий нерухомий циліндр і змушує плунжер рухатися вниз, отже, тиск рідини всередині плунжера збільшується, і рідина під високим тиском подається до споживача.

2.5.2 МУЛЬТИПЛІКАТОР НЕПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

Мультиплікатори неперервної дії використовуються в гідросистемах, де високий тиск необхідний на значному проміжку часу.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Найпростішим мультиплікатором неперервної дії є 2 гідроциліндра, що розташовані опозитно і поєднані єдиним штоком.

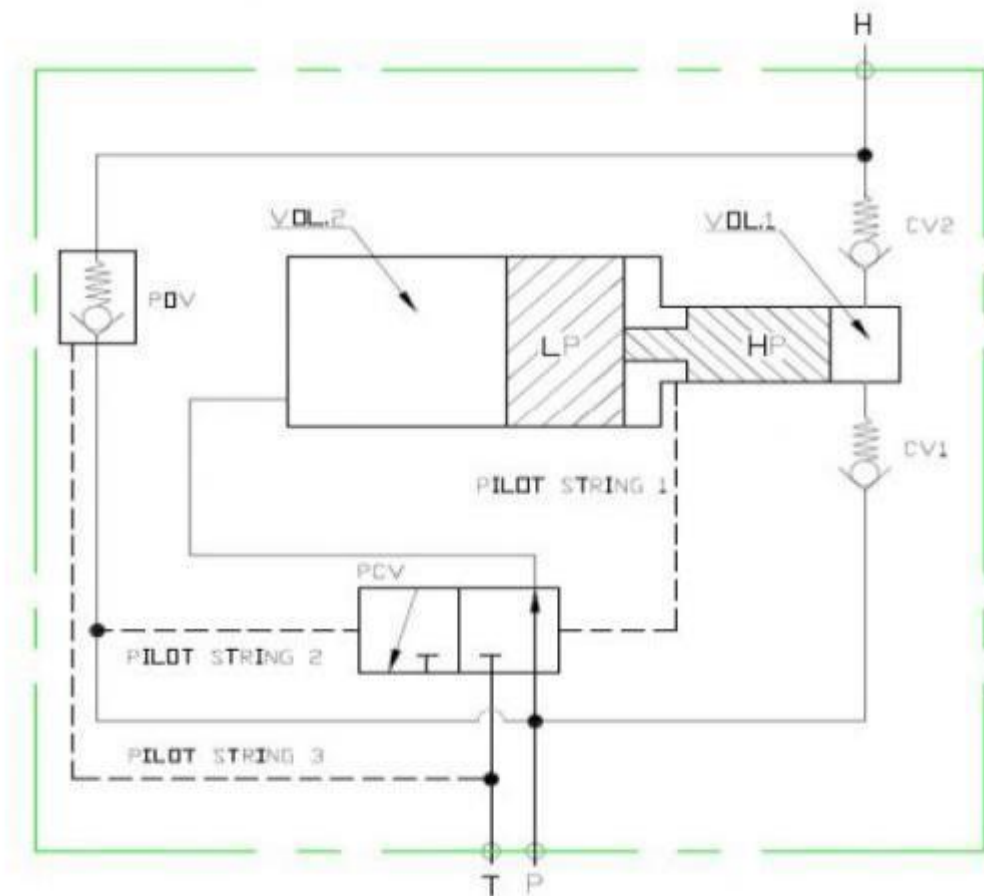


Рис. 2.8 – Мультиплікатор тиску неперервної дії із однією робочою порожниною

Але в пристроях такого типу є суттєва проблема. Динамічний приріст тиску призводить до негативних ефектів, адже при перехідному процесі можуть виникати явища, подібні гідроудару. Одним із рішень є використання акумулятора тиску.

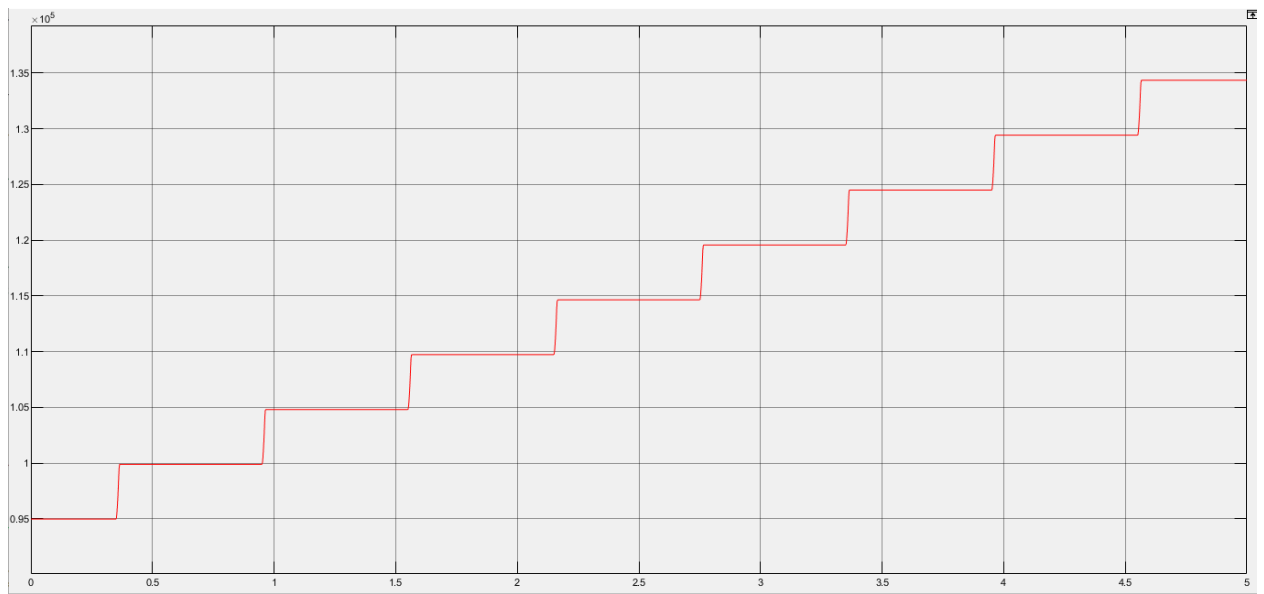


Рис. 2.9 – Стрибкоподібний приріст тиску мультиплікатора із однією робочою порожниною

Мультиплікатор тиску із двома робочими порожнинами частково позбавлений проблеми динамічного зростання тиску.

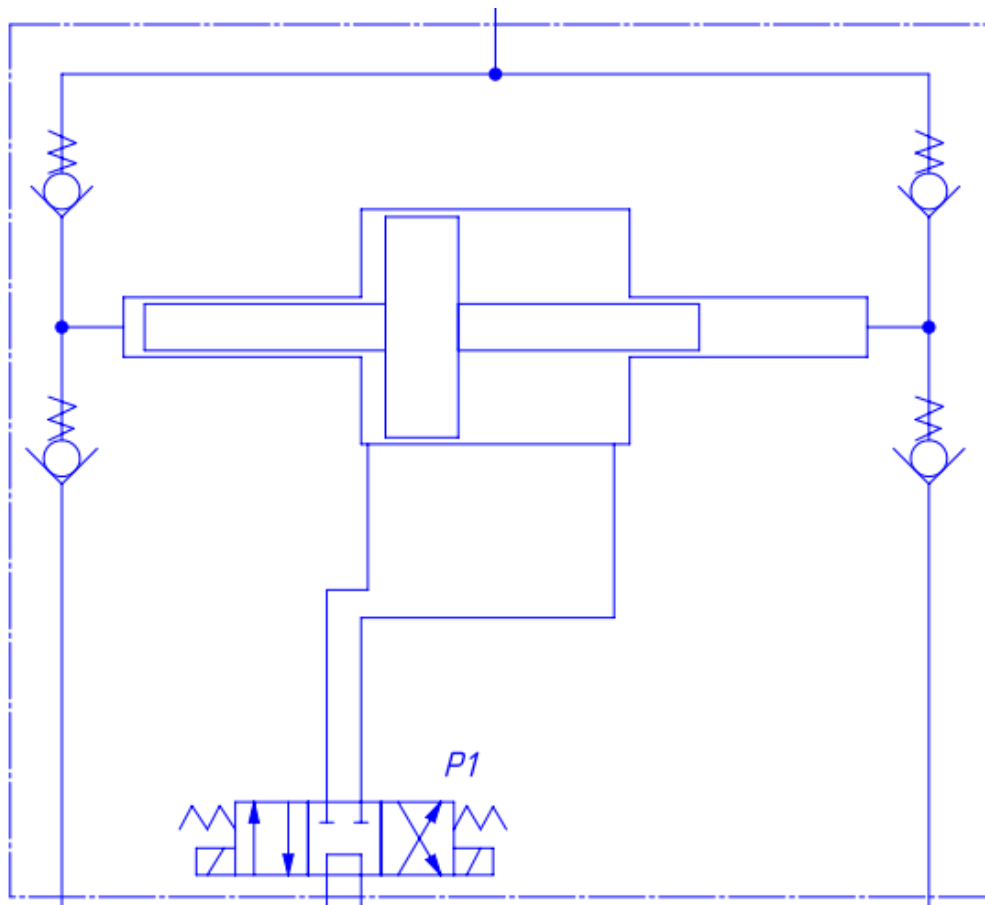


Рис. 2.10 – Схематичне зображення мультиплікатора тиску неперервної дії із двома робочими порожнинами

Кінематично, мультиплікатор неперервної дії із двома робочими порожнинами описується як двоштоковий гідроциліндр до кожного штоку якого опозитно відносно одне одного під'єднано 2 гідроциліндри високого тиску. Оскільки гідроциліндри високого тиску працюють в спареному режимі, стрибки тиску накладаються одне на одного, тому діаграма приросту тиску є значно пологішою.

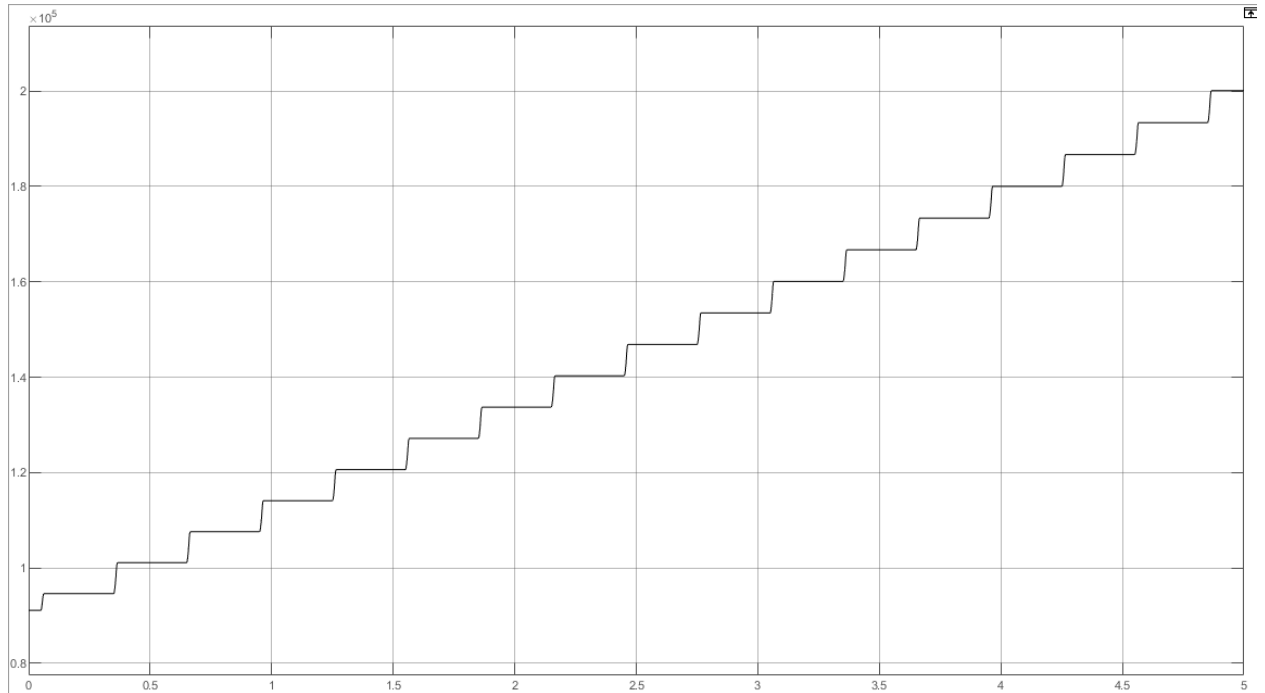


Рис. 2.11 – Діаграма приросту тиску мультиплікатора неперервної дії із двома робочими порожнинами.

Діаграми рис. 2.9 та рис. 2.11 описують приріст тиску в гідроаккумуляторі сталого об'єму при роботі мультиплікаторів тиску різної конструкції. Час експозиції експерименту однаковий. При цьому продуктивність обох пристроїв ідентична.

2.5.3 ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ МУЛЬТИПЛІКАТОРІВ ТИСКУ

Проаналізувавши патентну базу як українських, так і зарубіжних винаходів по темі мультиплікації тиску, було знайдено унікальну конструкцію імпульсного мультиплікатора тиску UA99498U, власником якої є Національний технічний університет України «Київський Політехнічний Інститут». Конструкцію пропонується використовувати для нафтогазовидобувної промисловості. А саме при розробці свердловин при важких геолого-фізичних умовах. [15]

Основною відмінністю даної конструкції є імпульсна мультиплікація тиску, а зворотній рух в початкове положення відбувається за рахунок енергії гідроудару.

Задачею корисної моделі є створення пристрою для інтенсифікації притоку нафти, підвищення продуктивності нафтової свердловини та створення надійної, працездатної конструкції. Поставлена задача вирішується тим, що імпульсний мультиплікатор тиску, що містить корпус, шток, клапан, гайку, згідно з корисною моделлю, як зворотні клапани введено втулки з кульками, які розміщені на виході мультиплікатора, і демпфер для гасіння механічних ударів та амортизатор з ударником для повернення клапана в початкове положення. [15]

Імпульсний мультиплікатор тиску використовують разом із колтюбінговою та насосною установками, працює автоматично без додаткового ручного перемикавання та відсутності малих каналів та отворів, що можуть призвести до забивання та зупинки роботи пристрою, що забезпечують надійність його роботи. Коаксіально спряжені шток, клапан, демпфер та зворотні клапани за своїм положенням, при подачі робочої рідини від насосного агрегату, генерують мультиплікаційні імпульси тиску в підпакерній зоні. [15]

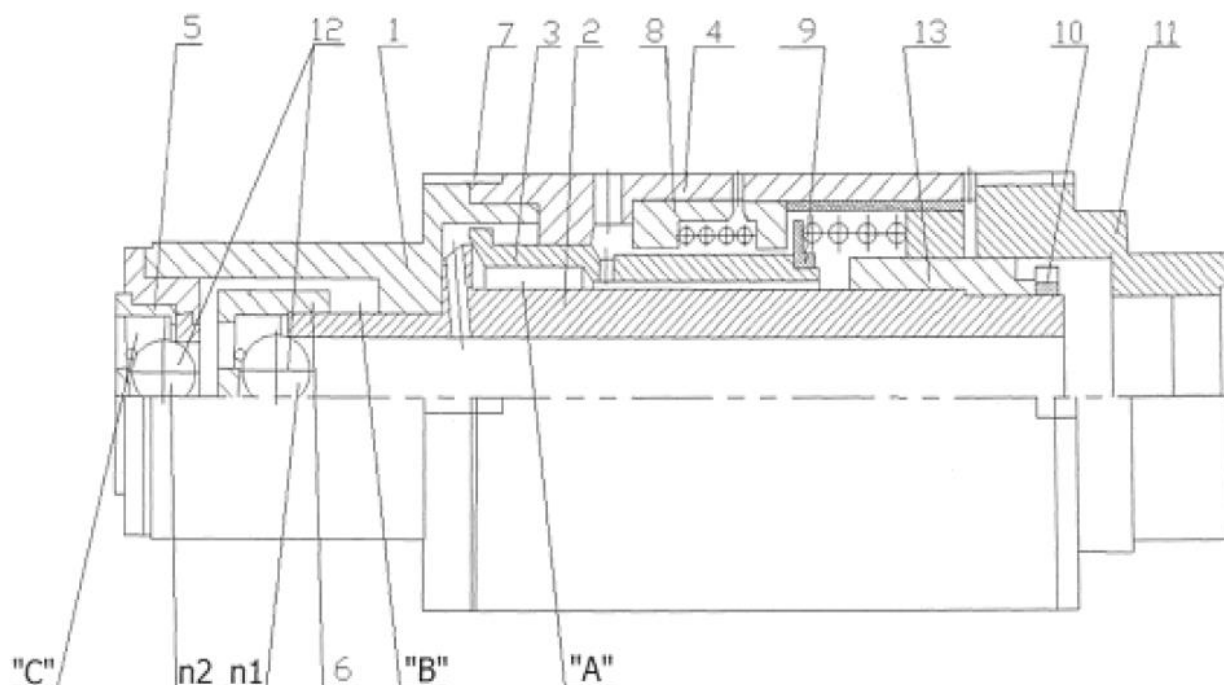


Рис. 2.11 – Схематичне зображення пристрою для імпульсної мультиплікації тиску

Імпульсний мультиплікатор тиску складається з перехідника 1, в якому розміщено втулки 5 та 6 з кульками 12 (n_1 , n_2), до втулки 6 прикріплений шток 2, на якому з іншої сторони за допомогою гайки 10 прикріплений ударник 13. Між перехідником 1 та штоком 2 утворена камера мультиплікації "В". Ударник зістикований з амортизатором 9, на якому знаходиться клапан 3 з демпфером 8. Між клапаном 3 та штоком 2 утворена камера зведення "А". Перехідник 1 за допомогою стопорного кільця 7 з'єднаний з корпусом 4. З протилежної сторони корпусу 4 різьбовим з'єднанням приєднаний перехідник 11. На виході з втулки 5 за допомогою кульки n_2 сформована камера зливу "С". Починається подача робочої рідини від насосного агрегату. Шток 2 з клапаном 3 починає зводитись, що призводить до відтиснення кульки " n_1 ", в наслідок чого робоча рідина заповнює камеру мультиплікації "В". В свою чергу в процесі зведення починає витіснятися рідина з камери зведення "А". Шток з клапаном впираються в демпфер 8, процес зведення продовжується, тиск в камері зведення "А" досягає граничного значення при якому здійснюється гідроудар, в результаті чого клапан з штоком розстиковуються. Шток змінює напрямок руху, розганяючись вдаряє ударником 13 по клапану, та завдяки спрацюванню амортизатора 9 допомагає повернути клапан в

початкове положення. В цей час спрацювання штоку призводить до витіснення робочої рідини крізь кульку "n2" з камери мультиплікації "В" в камеру зливу "С", і далі в свердловину. Цикл роботи імпульсного мультиплікатора тиску повторюється за рахунок безперервної подачі робочої рідини в камеру зведення "А" та почергового стикування та розстикування штоку та клапана в процесі роботи. [15]

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ГІДРОСИСТЕМИ З МУЛЬТИПЛІКАЦІЄЮ ТИСКУ ТА ТЕНЗОРНОГО ДОМКРАТУ

3.1. ПОПЕРЕДНІЙ РОЗРАХУНОК

Відповідно до технічного завдання, максимальна нарізь, при якій буде використовуватись тензорний домкрат, може бути М64х4 при класі міцності 10.9. Є сенс провести уточнюючі розрахунки.

Клас міцності нарізі 10.9, де «10» - межа міцності нарізі шпильки $[\sigma_{\text{мц}}]$. Для значення 10 - $\sigma_{\text{мц}} = 1000 \text{ Н/мм}^2$. В той же час, друга цифра кодифікатору міцності нарізі відповідає за значення межі текучості $\sigma_{\text{т}}$ у відсотковому відношенні відповідно до першої цифри – «10». У випадку із класом міцності 10.9, границя текучості становить 90% від межі міцності шпильки і дорівнює $\sigma_{\text{т}} = \sigma_{\text{мц}} \times 90\% = 900 \text{ Н/мм}^2$. Оскільки різьбове з'єднання конструктивно не можна затягувати до межі текучості, було введено коефіцієнт затяжки f_3 . Для метричної нарізі коефіцієнт затяжки становить 0,6...0,7.

Таким чином, формула зусилля затяжки для різьбового з'єднання має наступний вигляд:

$$\sigma_3 = 900 \times 0.7 = 630 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2};$$

Порахуємо площу перерізу найтоншого місця різьби – між витків. Оскільки нарізь М64 з малим кроком 4, то діаметр $d_{\text{min}} = 64 - 2 \times 4 = 56 \text{ мм}$, Тоді площа $S_{\text{min}} = 2463 \text{ мм}^2$

Осьове зусилля, що має бути прикладено на шпильку М64х4 для повної затяжки різьбового з'єднання:

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32

$$F_3 = S_{min} \times \sigma_3 = 2463 \times 630 = 1551690 \text{ Н} = 1552 \text{ кН або } 158,2 \text{ тс.}$$

Отже, необхідною умовою для роботи системи є тиск від 1600 кН. Оскільки на виході із мультиплікатора важливо досягти 200 МПа тиску, приймемо цю величину за розрахункову.

Розрахуємо необхідну ефективну площу A гідроциліндра при $P = 2000 \text{ бар}$ в трубопроводі високого тиску за формулою:

$$A = \frac{F_{[\text{кгс}]}}{P_{[\text{бар}]}} = \frac{203943}{2000} = 101,97 \text{ см}^2$$

Ефективна площа тензорного домкрату має бути понад 102 см².

3.2. РОЗРАХУНОК ШТОКА ТЕНЗОРНОГО ДОМКРАТУ

Для гідроциліндрів зазвичай використовуються три основних марки сталі: Сталь 20; Сталь 45; Сталь Cr40.

Сталь 20 з найнижчою твердістю зазвичай використовується для гідроциліндрів низького тиску, що використовуються в таких місцях, як екскаватор. Сталь №45 і Cr40 зазвичай використовуються в гідроциліндрах високого тиску з номінальним робочим тиском 10000 фунтів на квадратний дюйм. Ціна на сталь 45 зазвичай становить менше половини ціни Cr40. Основна роль Cr при термічній обробці полягає в поліпшенні відливок. Через поліпшені механічні властивості, такі як міцність, твердість і ударна в'язкість 40Cr після гарту (або гарту і відпуску), також значно вище, ніж у сталі 45. Зазвичай у виробках нижчої якості використовується сталь 45 в корпусі і Cr40 в поршні, а у виробках з високою якістю використовується Cr40 в обох частинах. [4]

Оскільки технологічно, значно простіше працювати зі сталлю марки 45, до того ж, ціна сталі Cr40 до 2-х разів вища, то для виготовлення корпусу та штоку тензорного домкрату оберемо саме Сталь 45.

Отже, обираємо матеріал штока – Сталь 45 по ДСТУ 7809 «Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33

якісної конструкційної сталі» (ГОСТ 1050-88 Сталь качественная и высококачественная. Сортовой и фасонный прокат, калиброванная сталь)

Механічні властивості сталі 45 після нормалізації:

Табл. 3.1 – Механічні властивості сталі 45 після нормалізації

Стандарт	Стан поставки	Межа плинності, Rm(МПа)	Межа короточасної міцності, ReH (МПа)	Мінімальне відносне подовження σ , %	Відносне звуження, %
ГОСТ 1050	Після нормалізації	355	600	16	40
ДСТУ 7809	Після нормалізації	355	600	16	40

Для Сталі 45, $\sigma_T = 355 \text{ Н/мм}^2$. При максимальному навантаженні, шток гідроциліндра буде отримувати навантаження розтягу до 1552 кН. Оскільки окрім осьового навантаження, інших факторів впливу немає, а навантаження є поступовим, відсутній знакозмінний характер, то коефіцієнт запасу міцності k обираємо 1,3

$$F_{шт} = F_3 \times k = 1552 \times 1,3 \approx 2000 \text{ кН}$$

Розраховуємо площу штока $S_{шт}$:

$$S_{шт} = \frac{F_{шт}}{\sigma_T} = \frac{2 \times 10^6}{355} = 3633,8 \text{ мм}^2$$

Шток в конструкції тензорного домкрату є одночасно і тягнучим стаканом, що взаємодіятиме із різьбою М64х4. Отже, критичним перерізом штоку буде кільце з діаметром внутрішнього кола, що дорівнює максимальному діаметру різьби М64 і складає $d=64\text{мм}$. Знайдемо необхідний діаметр штоку із формули, що описує площу кільця.

$$S_{\text{кільця}} = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4},$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4} + S_{\text{кільця}} = 3216.9 + 3633.8 = 6850.7 \text{ мм}^2,$$

$$D_{шт} = \sqrt{\frac{6850.7 \text{ мм}^2}{\pi}} \times 2 = 93,4 \text{ мм} \approx 94 \text{ мм}.$$

Оскільки деталь домкрат тензорний є нестандартною, а складальні одиниці виробу виточуватимуться із кругляка каліброваного, то прибїгати до переліку стандартних діаметрів штоків гідроциліндрів сенсу немає.

Розрахуємо діаметр поршня $D_{п}$:

При відомому діаметрі штоку $D_{шт} = 94 \text{ мм}$, прораховуємо діаметр поршнів:

$$A_1 = \frac{\pi D_{п}^2}{4} - \frac{\pi D_{шт}^2}{4},$$

$$\frac{\pi D_{п}^2}{4} = \frac{\pi D_{шт}^2}{4} + A_1 = 6936 + 10200 = 17136 \text{ мм}^2$$

$$D_{п} = 147,7 \text{ мм}$$

Отже, діаметр внутрішньої стінки гільзи гідроциліндра номінально також складає 148 мм.

Розрахуємо об'єм рідини, що потрібно подати до домкрату для здійснення ним максимального ходу в 15 мм

$$V = A \times h = 102 \times 15 = 153 \text{ см}^3 = 0.15 \text{ л}$$

Значення об'єму в 0,15 л є максимальним геометрично можливим. Але фактичний хід поршня тензорного домкрату – 4...6 мм

3.3 РОЗРАХУНОК КОРПУСУ ТЕНЗОРНОГО ДОМКРАТУ

Матеріалом для стінки циліндра обрано Сталь 45, із $[\sigma]_p = 4000 \text{ кгс/см}^2 = 392,25 \text{ МПа}$ на розтяг

Оскільки необхідний внутрішній радіус відомий, порахуємо зовнішній за формулою:

$$r_1 = r_2 \sqrt{\frac{[\sigma]_p + 0.4 P_{\text{макс}}}{[\sigma]_p - 1.3 P_{\text{макс}}}},$$

Де $P_{\text{макс}} = P_{\text{номінальний}} \times k$ ($P_{\text{номінальний}}$ – номінальний тиск на вході в гідроциліндр, а k – коефіцієнт запасу. $K = 1.3$)

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
						35
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$r_1 = 0,075 \sqrt{\frac{392 \times 10^6 + 0,4 \times 200 \times 10^6 \times 1,3}{392 \times 10^6 - 1,3 \times 200 \times 10^6 \times 1,3}} = 0,227\text{м}$$

Тоді мінімальний зовнішній діаметр циліндра має бути $D_{ц} = 230\text{мм}$

Товщину кришки гідроциліндра розраховуємо за формулою:

$$\delta_k = 0,433 d_k \sqrt{\frac{P_{\text{макс}}}{[\sigma]_p}} = 0,433 \times 0,12 \sqrt{\frac{200 \times 1,3 \times 10^6}{392 \times 10^6}} = 0,042\text{м} = 42\text{мм}$$

3.4 РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ

3.4.1 РОЗРАХУНОК ПЕРЕРІЗУ ТРУБОПРОВОДУ

В гідросистемі тензорного домкрату з мультиплікацією тиску є гілки трубопроводу, що працюють із різними параметрами тиску та витрати. То ж умовно розділимо гідросистему на 2 частини: частина до мультиплікатора (ділянка низького тиску) і частина після мультиплікатора (ділянка високого тиску).

Основні параметри частини гідросистеми низького тиску задекларовано в технічному завданні, відштовхуючись від параметрів існуючої насосної станції, а саме: $P_{\text{вх.д.}} = 14 \text{ МПа}$, $Q_{\text{вх.д.}} = 14 \text{ л/хв.}$

Діаметр частини високого тиску зумовлений необхідними параметрами для роботи тензорного домкрату: $P_{\text{домкрату.}} = 200 \text{ МПа}$ і $Q_{\text{min.}} = 0,1 \text{ л/хв.}$

Розрахуємо діаметри трубопроводів відповідно до схеми принципової гідравлічної за формулою:

$$d'_i = \sqrt{\frac{4Q_i}{\pi v_{\text{сер}}}},$$

Де Q_i – максимальна витрата рідини, $v_{\text{сер}}$ – рекомендована швидкість рідини [6]

Напірна лінія, ділянка *мультиплікатор – домкрат* ($Q = 0,1 \text{ л/хв.}$):

$$d'_{\text{нап}} = \sqrt{\frac{4Q_i}{\pi v_{\text{сер}}}} = \sqrt{\frac{4 * 0.000001667}{\pi * 7,25}} = 0.00054\text{м},$$

При рекомендованому $v_{\text{сер}} = 7,25 \dots 9$ м/с, в напірній лінії при тиску понад $P=350$ бар.

Напірна лінія, ділянка насосна станція – мультиплікатор ($Q=14$ л/хв):

$$d''_{\text{нап}} = \sqrt{\frac{4Q_i}{\pi v_{\text{сер}}}} = 0,00956 \text{ м},$$

При $v_{\text{сер}} = 3,2$ м/с, в напірній лінії при тиску понад $P=100$ бар

Розрахуємо рекомендовані діаметри всмоктуючої та напірної лінії трубопроводу:

Діаметр всмоктуючої лінії розрахуємо за формулою:

$$d'_{\text{всмок}} = \sqrt{\frac{4Q_i}{\pi v_{\text{сер}}}} = 0.0243 \text{ м},$$

При рекомендованому $v_{\text{сер}} = 0,5 \dots 1$ м/с (обрано 0,5 м/с) та $Q=14$ л/хв

Діаметр зливної лінії становить:

$$d'_{\text{злив}} = \sqrt{\frac{4Q_i}{\pi v_{\text{сер}}}} = 0.01539 \text{ м},$$

При рекомендованому $v_{\text{сер}} = 1,25 \dots 3$ м/с (обрано 1,25 м/с)

3.4.2 ВИБІР РОБОЧОЇ РІДИНИ

Гідравлічна рідина і правильність підбору її параметрів вкрай важлива для роботи гідросистеми. Сучасне мастило для забезпечення роботи гідроприводу повинно мати високу здатність до фільтрації, забезпечувати розрахункові експлуатаційні параметри гідросистеми, забезпечувати протекцію зношуванню гідроапаратури, запобігати окисненню, спіненню та створенню емульсії із водою.

Гідропривід буде використовуватись в межах промислового комплексу, експлуатація протягом всього року, тому мастило має бути розраховано для всесезонної експлуатації.

Оскільки в системі присутні контури високого та відносно низького тиску, гідравлічна рідина повинна забезпечувати необхідні експлуатаційні характеристики гідроприводу в обох контурах.

Відповідно до вищесказаного було обрано сучасну гідравлічну рідину, що відповідає стандарту DIN 51524-3: HYD HVLDP 32 від компанії AVISTA.

HYD HVLDP 32 це високоефективна гідравлічна рідина, розроблена на основі передової технології базових олій та пакетів присадок. Належить до класу мийно-диспергуючих гідравлічних рідин і забезпечує надійну роботу гідросистем, в яких можливе попадання води. Вода, що емульгує в маслі, не впливає на фільтрування масла і його антикорозійний захист. Завдяки використанню беззольних (безцинкових) пакетів присадок має високу термоокислювальну стабільність і підтримує частки забруднень у тонкодисперсному зваженому стані під час роботи, що гарантує чистоту системи. Може використовуватися в системах із покриттями з бронзи та срібла. [6] Клас в'язкості мастила по ISO – 32. Кінематична в'язкість при 40 °C – 31.7 мм²/с, при 100 °C – 6,3 мм²/с. Див. Додаток-1

3.4.3 РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНИХ ВТРАТ

Втрати гідравлічної енергії – перехід кінетичної енергії потоку рідини в теплоту, на гідравлічних лініях чи у апаратах, ці явища обумовлені наявністю в'язкого тертя. Гідравлічний розрахунок є важливою складовою процесу вибору типорозміру труби при проектуванні гідросистеми. З метою більш детального аналізу пропонованих в документах методів розрахунку представляється корисним повернутися до вихідних рівнянь класичної гідродинаміки [7].

Гідравлічними втратами називають сумарні втрати на гідравлічне тертя ΔP_T , а також втрати рідини як носія енергії, що обумовлені зміною напрямку потоку ΔP_M , а також точкові втрати гідроапаратів ΔP_d .

Втрати тиску на гідравлічне тертя описуються формулою:

$$\Delta P_T = \frac{(0,5\lambda l \rho V^2)}{d_T}$$

Де λ – коефіцієнт тертя рідини по поверхні трубопроводу; l – довжина ділянки; ρ – густина; V – середня швидкість рідини; d_T – діаметр трубопроводу.

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		38

Коефіцієнт λ визначається по формулі Рейнольдса та залежить від режиму течії.

$$Re = \frac{Vd}{\nu}$$

Де ν – кінематична в'язкість мастила. При ламінарному русі рідини число Рейнольдса $Re < 2320$

Враховуючи випадки викривлення і звуження поперечного перерізу труби на практиці приймають:

$$\lambda = \frac{75}{Re}$$

Під час турбулентного руху рідини число Рейнольдса $Re \geq 2320$, коефіцієнт λ залежить від числа Рейнольдса та від відносної шорсткості стінок каналу. Сталеві труби мають шорсткість $\Delta = 0,03\text{мм}$, а от труби із кольорового металу вважають практично гладкими.[7]

Проведемо розрахунки гідравлічних втрат:

Лінія всмоктування:

Довжина трубопроводу на всмоктування $l = 0,15\text{м}$.

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \times 0,023\text{м}}{0,000032 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}} = 359 < 2320 - \text{Режим ламінарний.}$$

Коефіцієнт Дарсі:

$$\lambda = \frac{75}{359} = 0,208$$

Втрати на тертя:

$$\Delta P_T = \frac{(0,5\lambda l \rho V^2)}{d_T} = \frac{(0,5 \times 0,208 \times 0,15 \times 870 \times 0,5^2)}{0,024} = 141,375 \text{ Па.}$$

*-густина мастила $\rho = 0,87 \text{ г/см}^3$

Напірна лінія (Маслостанція-Мультиплікатор):

Задля зменшення ризиків, що присутні в гідросистемах високого тиску, доцільним є зменшити ці самі ризики за рахунок встановлення мультиплікатора тиску якомога ближче до тензорного домкрату, збільшивши ділянку контуру низького тиску гідроприводу. Оберемо значення довжини трубопроводу напірної лінії $l = 3\text{м}$.

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{3,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \times 0,009 \text{ м}}{0,000032 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}} = 891 < 2320 - \text{Режим ламінарний.}$$

Коефіцієнт Дарсі:

$$\lambda = \frac{75}{891} = 0,0841$$

Втрати на гідравлічне тертя:

$$\Delta P_T = \frac{(0,5 \lambda l \rho V^2)}{d_T} = \frac{(0,5 \times 0,0841 \times 3 \times 870 \times 3,2^2)}{0,00956} = 117\,557 \text{ Па}$$

Напірна лінія (Мультиплікатор- Гідравлічний шпильконатягач):

Загальну довжину ділянки обрано із деяким запасом $l = 2 \text{ м}$

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{7,25 \frac{\text{м}}{\text{с}} \times 0,0054 \text{ м}}{0,000032 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}} = 1223,4 < 2320 - \text{Режим ламінарний.}$$

Коефіцієнт Дарсі:

$$\lambda = \frac{75}{1223,4} = 0,0613$$

Втрати на гідравлічне тертя:

$$\Delta P_T = \frac{(0,5 \lambda l \rho V^2)}{d_T} = \frac{(0,5 \times 0,0613 \times 2 \times 870 \times 7,25^2)}{0,00054} = 1\,121\,284 \text{ Па}$$

Зливна лінія ($l = 3 \text{ м}$):

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{1,25 \frac{\text{м}}{\text{с}} \times 0,015 \text{ м}}{0,000032 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}} = 586 < 2320 - \text{режим ламінарний}$$

Коефіцієнт Дарсі:

$$\lambda = \frac{75}{586} = 0,128$$

Втрати на гідравлічне тертя:

$$\Delta P_T = \frac{(0,5 \lambda l \rho V^2)}{d_T} = \frac{(0,5 \times 0,128 \times 3 \times 863 \times 1,25^2)}{0,015} = 17\,260 \text{ Па}$$

Визначаємо сумарні втрати:

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40

$$\Sigma \Delta P_T = 146,3 + 117557 + 5191130 + 17260 = 5,326 \text{ МПа}$$

Зафіксуємо до таблиці розрахунки:

Табл (3.4.4)

Ділянка	Довжина ділянки l, м	d _т , мм	V, м/с	Re	λ	ΔP _т , МПа
Всмоктування	0,15	24	0,5	359	0,208	0,000141
НС-Мультиплікатор	3	9,5	3,2	891	0,0841	0,117
Мультиплікатор-Тензорний домкрат	2	2,5	7,25	1223,4	0,0613	1,12
Злив	3	15	1,25	586	0,128	0,01726

Розрахунок втрат тиску на місцевих опорах:

При $Re \leq 10^5$ коефіцієнт гідравлічного тертя практично не залежить від числа Рейнольдса тому коефіцієнт Дарсі можна прийняти як $\lambda = 0,02$. Втрати місцевих опорів визначають за формулою:

$$\Delta P_M = 0,5 \rho \xi V^2$$

Де ξ – коефіцієнт місцевого опору.

Напірна лінія (НС-Мультиплікатор):

$$\Delta P_{M.нап1} = 0,5 \rho \xi V^2 = 0,5 \times 870 \times 3,2(0,5 + 6 \times 2 + 0,8 + 3 + 0,4) = 0,022 \text{ МПа}$$

Напірна лінія (Мультиплікатор- ГЦ):

$$\Delta P_{M.нап2} = 0,5 \rho \xi V^2 = 0,5 \times 870 \times 7,25(0,5 + 4 \times 2 + 0,6 + 0,4) = 0,041 \text{ МПа}$$

Зливна лінія:

$$\Delta P_{M.злив} = 0,5 \rho \xi V^2 = 0,5 \times 870 \times 1,25(20 + 0,2 + 0,5) = 0,015 \text{ МПа}$$

Діаграми, графіки чи таблиці втрати тиску у гідроапаратах зазначені у відповідних каталогах виробників цих апаратів. Якщо для конкретного випадку витрата менше максимального, то табличні значення втрат необхідно перерахувати по формулі [8]:

$$\Delta P_d = \Delta P_{GA} \left(\frac{Q_d}{Q_n} \right)^2$$

Де ΔP_{GA} - втрати тиску на гідроапараті при відповідній дійсності значення витрати Q_d ; ΔP_m - втрати тиску, взяті по каталозі при максимальному значенні витрати Q_n . Сумарні втрати на гідроапаратах, виходячи з обраного обладнання та даних, наведених виробником відповідних виробів становлять:

$$\sum \Delta P_{Ga} \approx 0.6 \text{ МПа}$$

Розраховуємо сумарні втрати тиску:

$$\Delta P_{\text{заг}} = \sum \Delta P_{Ga} + \sum \Delta P_m + \sum \Delta P_t = 0.6 + 0.078 + 0.743 = 1,321 \text{ МПа}$$

Необхідний тиск насоса становить:

$$P_{\text{необх}} = P_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{заг}} = 11,321 \text{ МПа}$$

Отже, насосна станція забезпечує систему необхідним тиском із урахуванням гідравлічних втрат, так як:

$$P_{\text{н.макс}} = 14 \text{ МПа} > P_{\text{необх}} = 11,321 \text{ МПа}.$$

3.5 СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Метод скінченних елементів (МСЕ) — числова техніка знаходження розв'язків інтегральних та диференціальних рівнянь у частинних похідних (ДРЧП). Процес розв'язання побудований або на повному усуненні диференціального рівняння для стаціонарних задач, або на розкладі ДРЧП в апроксимуючу систему звичайних диференціальних рівнянь, які потім розв'язуються використанням якої-небудь стандартної техніки, такої як метод Ейлера, Рунге-Кутти тощо.[12]

Метод скінченних елементів, зазвичай на стадії дизайну та розробки продуктів, використовує багато дисциплін здебільшого з сім'ї механічної інженерії (таких як аеро-, морська, біометрична та автомобільна індустрії).

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		42

Декілька сучасних МСЕ-пакетів включають спеціальні елементи, такі як термальні, електромагнітні, рідинні та структурні робочі середовища. В структурному моделюванні МСЕ дуже допомагає у генерації жорсткісних і силових візуалізацій у місцях зсувів та згинів, та відображення розповсюдження сил та зміщень.

МСЕ-програми забезпечують широкий спектр моделювальних можливостей контролю складності і модельованої і аналітичної систем. За потреби в більшості інженерних програм можна змінювати бажаний рівень точності, час, потрібний для необхідних та асоційованих обчислень.[12]

Одним із оптимальних інструментів для статичного розрахунку на етапі проектування виробу є модуль Simulation і середовищі SolidWorks від французької компанії Dassault Systemes.

SolidWorks дає можливість для розрахунку МКЕ по таким типам досліджень:

- Статичний аналіз;
- Власна частота;
- Втрата стійкості;
- Термічне дослідження;
- Дослід проектування;
- Нелінійне статичне;
- Нелінійне динамічне;
- Модальна часова діаграма;
- Гармонічний аналіз;
- Випадкові коливання;
- Дослідження на ударне навантаження;
- Втома метріалу;
- Дослідження посудин, працюючих під тиском.

До того ж, в пакеті CAE SolidWorks є змога проводити топографічний аналіз і автоматичну оптимізацію конструкцій деталей при заданих параметрах навантажень.



Рис. 3.1 – Приклад оптимізації деталі за допомогою топографічного аналізу

Метод топографічного аналізу набирає широкого застосування в адитивних технологіях виготовлення деталей.

Проведемо симуляцію основних вузлів та деталей навантаженням, що виникає при роботі тензорного домкрату:

Дослідження відбувається інструментом «статичний аналіз»

Корпус, симуляція тиску:

При побудові моделі для досліджень, деталь, що аналізується, розбивається на сітку. В спільних точках сітки відбувається розрахунок. Вкрай важливою є побудова коректної сітки для статичного аналізу.

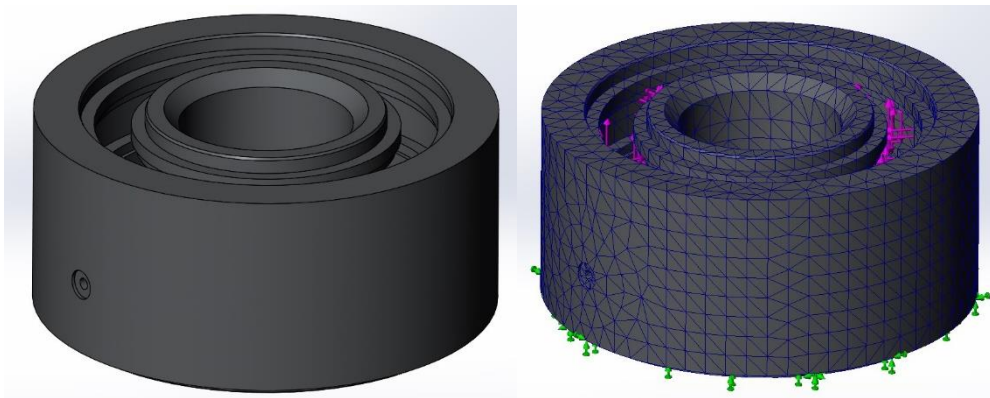


Рис. 3.2 – Побудова сітки перед дослідженням деталі корпус домкрату

При заданому номінальному значенню тиску в 200МПа, отримуємо епюру границі текучості:

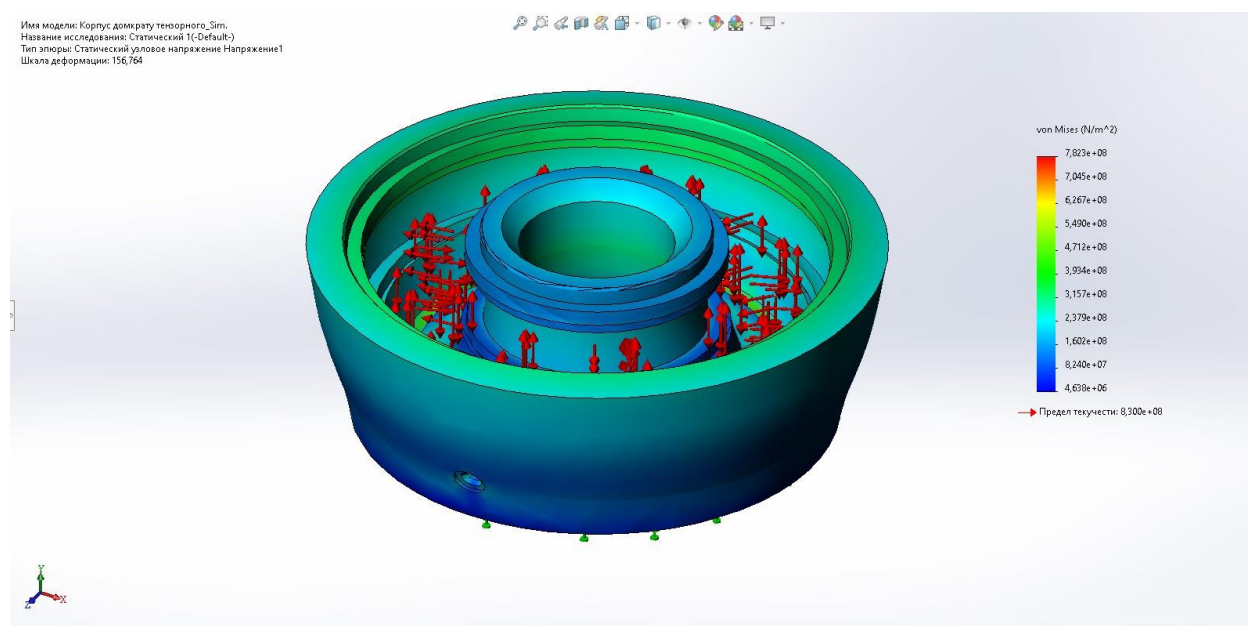


Рис.3.2 – епюра границі текучості для моделі корпусу першої ітерації.

Значення напруження в деяких вузлах близьке до значення границі текучості для Сталі 45. Коефіцієнт запасу міцності в даному випадку становить 1.1, що є недостатнім, враховуючи умови експлуатації пристрою, а також робочий тиск.

Зовнішній діаметр корпусу збільшено із 240мм до 250мм. Товщина дна збільшена на 15мм. Проведемо статичний аналіз корпусу домкрату тензорного другої ітерації:

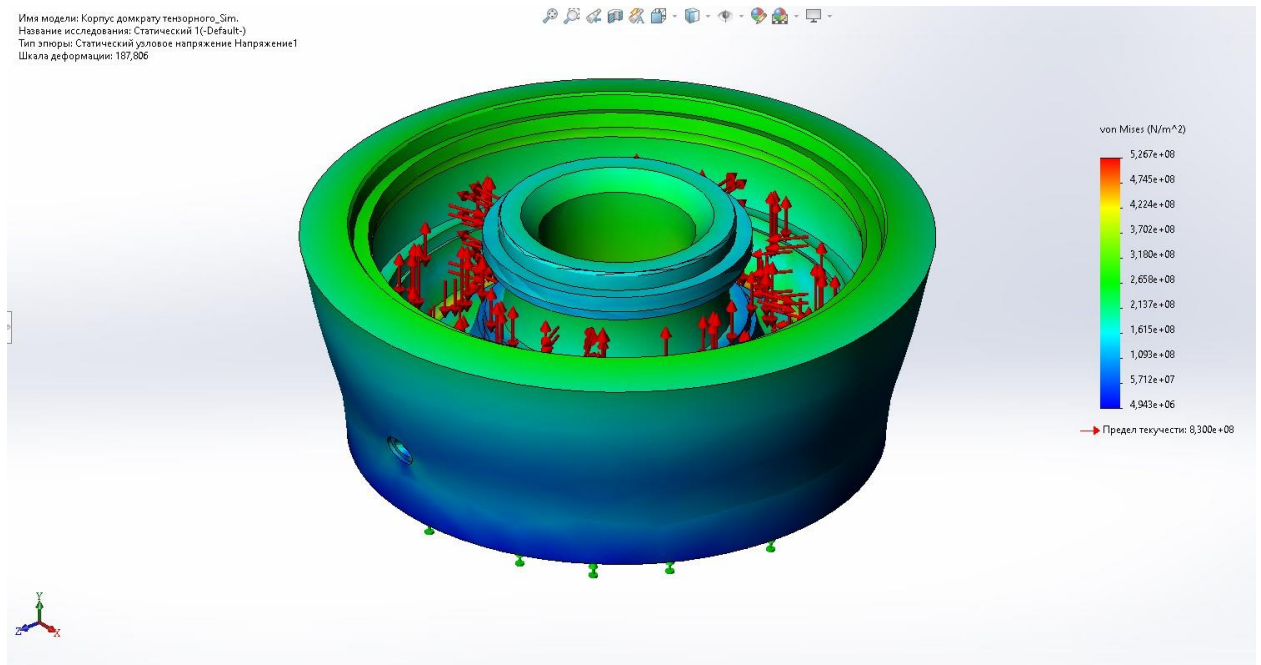


Рис.3.3 – епюра напружень для моделі корпусу другої ітерації.

Діаметр корпусу зовнішній – 250мм;

Товщина дна корпусу – 45мм.

Епюра запасу міцності має наступний вигляд:

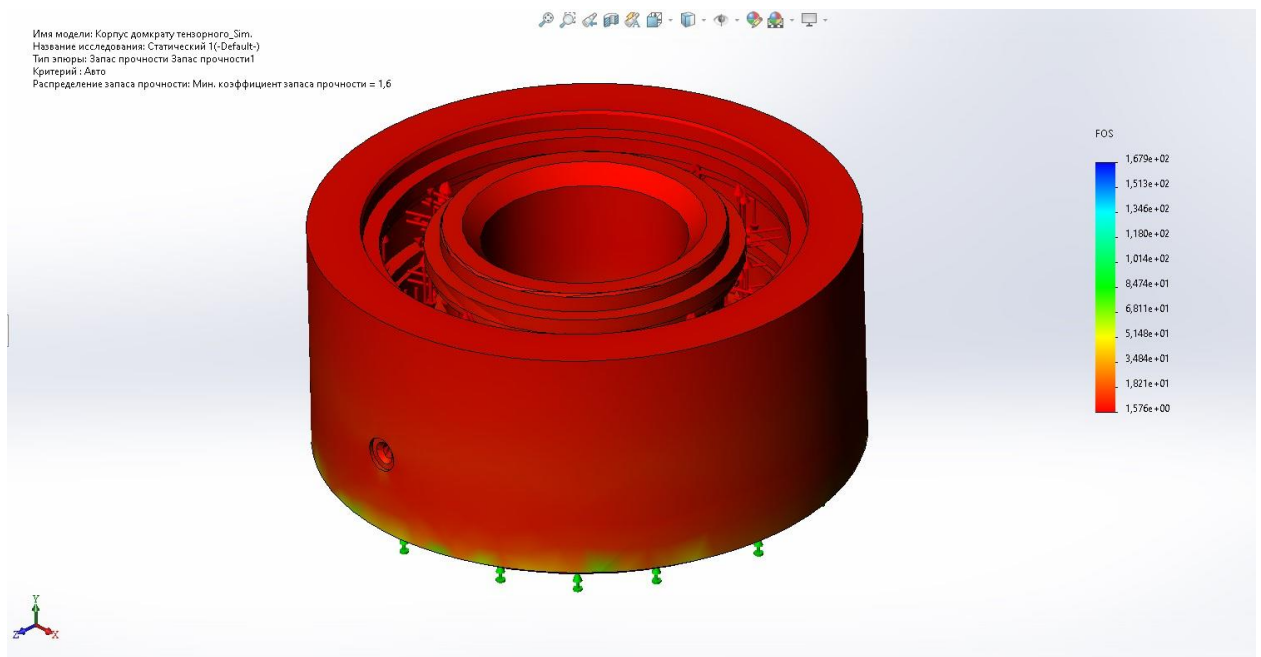


Рис.3.4 – Епюра коефіцієнту запасу міцності корпусу домкрату тензорного

Внаслідок корегування геометрії корпусу тензорного домкрату, коефіцієнт запасу міцності збільшено із $k=1,1$ до $k=1,6$. Значення коефіцієнту запасу міцності для відповідальних конструкцій із пластичних матеріалів при

статичному навантаженні має бути більшим, ніж 1,3...1,5. Значення коефіцієнту 1,6 цілком задовольняє умову.

Пара плунжер-тягнучий стакан:

Вхідні параметри для симуляції:

Нарізь жорстко зафіксована, працюють крайні 24мм нарізі, що відповідає шести виткам нарізі М64х4

До нижньої частини плунжерного кільця прикладено силу в 1552 кН в напрямку знизу вверху.

Будуємо сітку для досліджуваних деталей:

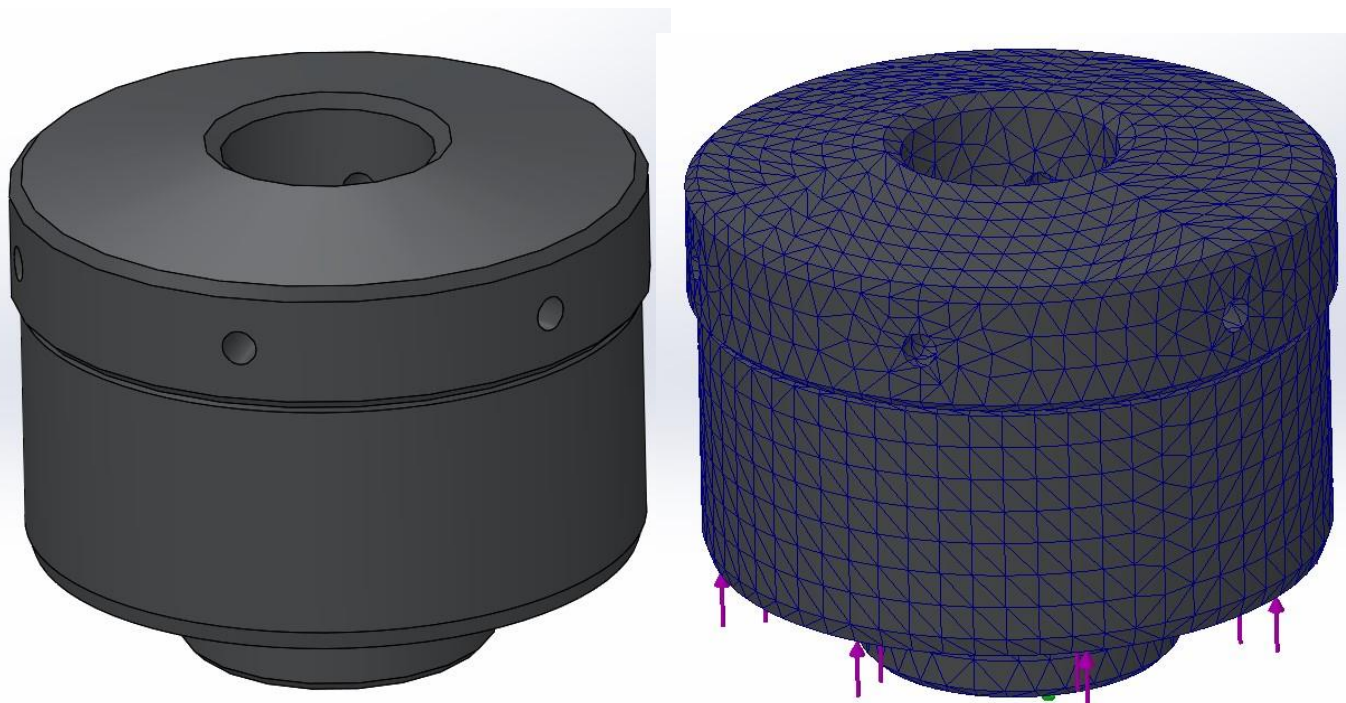


Рис. 3.5 – Побудова сітки для пари досліджуваних деталей плунжер-тягнучий стакан

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МА-01МП.01.00.00 ПЗ

Лист

47

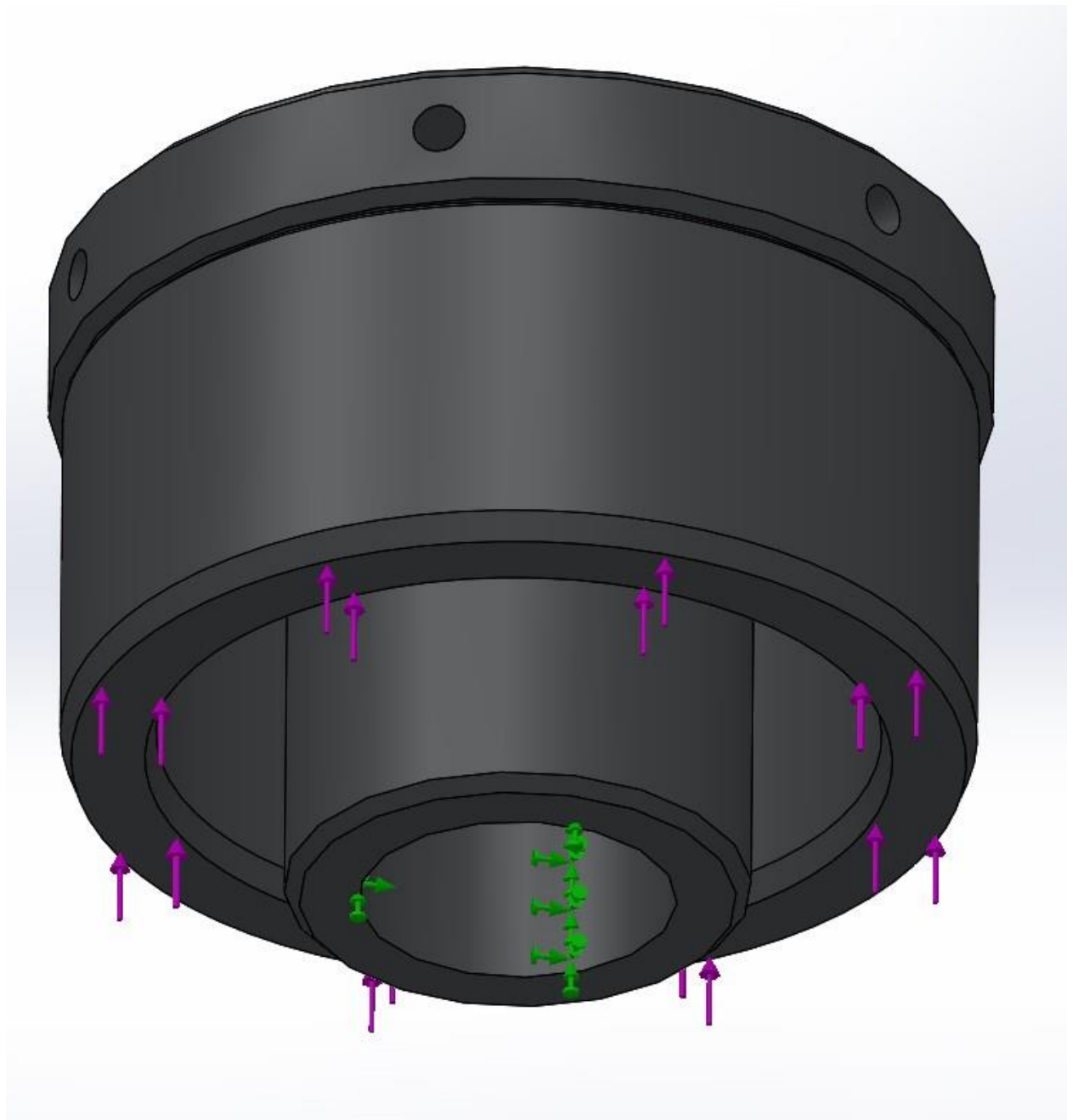


Рис.3.6 – Умова статичного експерименту для пари плунжер – тягнучий стакан. (зеленим позначено зафіксовану геометрію, фіолетовим – місце прикладення та напрямки сили)

З метою спрощення та пришвидшення розрахунків, моделювання витків нарізі знехтуване.

Епюра напружень в тягнутому стакані при статичному аналізі:

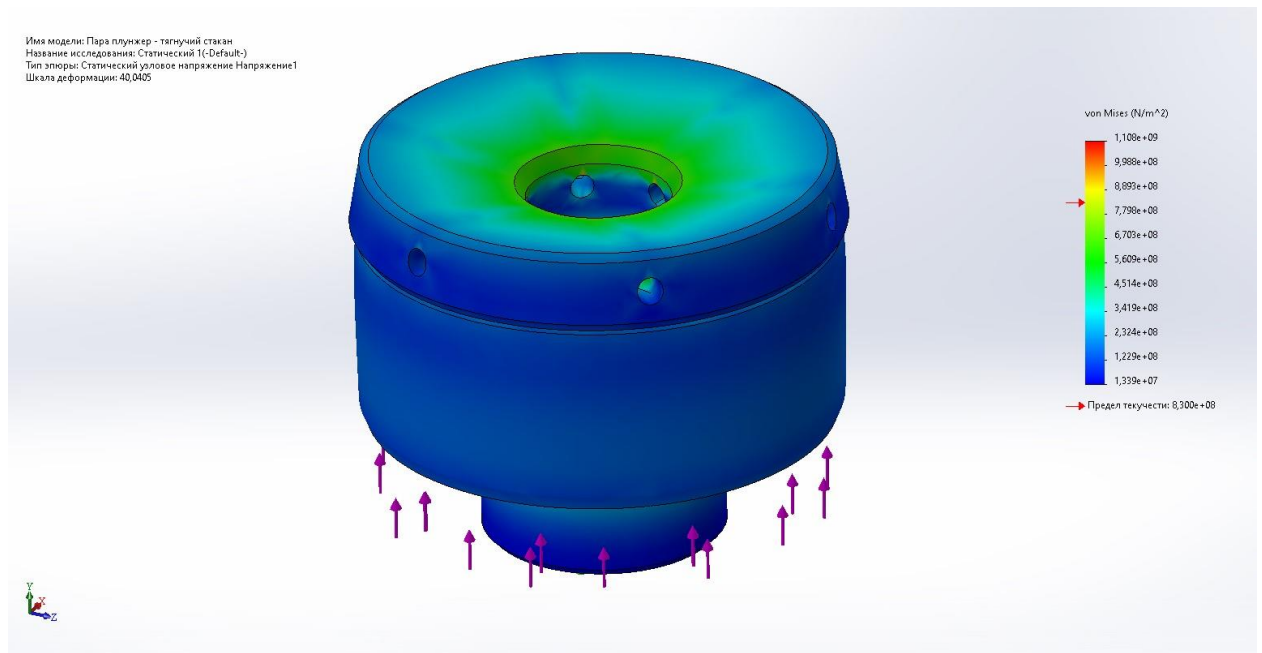


Рис.3.7 – Епюра напружень в моделі плунжера та тягнутого стакану першої ітерації

Товщина «грибка» стакану тягнутого є недостатньою – в моделі присутні вузли сітки, напруження в яких перевищує межу текучості Сталі 45.

Товщину верхньої частини збільшено із 30мм до 45мм. Фаску між «грибком» та віссю збільшено із 8x45° до 12x45° із метою рівномірного розподілу навантажень та зменшення концентрації напружень.

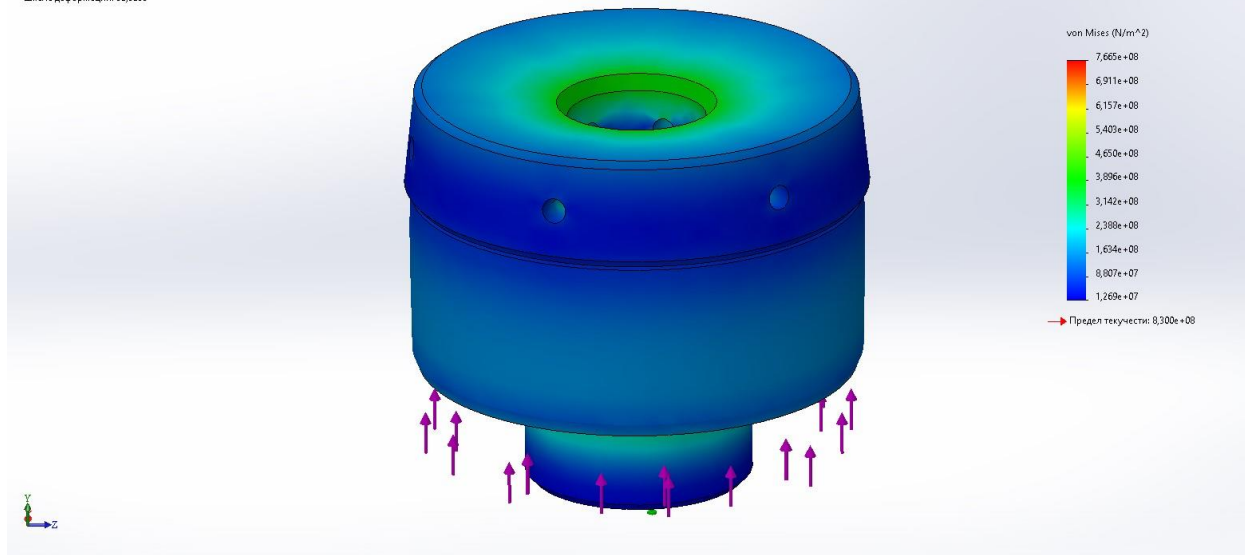


Рис.3.8 – Епюра напружень в моделі плунжера та тягнучого стакану другої ітерації

В досліджуваній моделі немає вузлів сітки, напруження яких перевищувало б значення межі текучості для обраного матеріалу. Побудуємо епюру коефіцієнту запасу міцності:

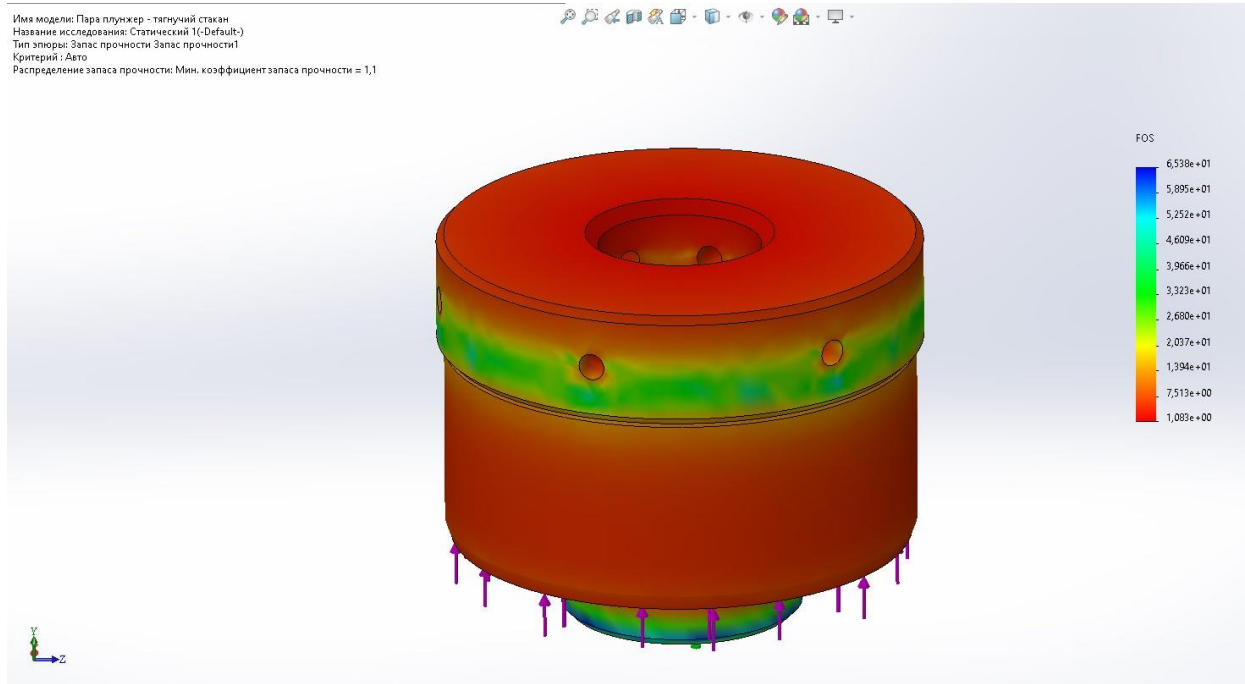


Рис.3.9 - Епюра коефіцієнту запасу міцності для моделі плунжер-тягнущий стакан в другій ітерації.

Коефіцієнт запасу міцності $k=1,1$. В той же час в моделі є зони, що мають значно більший коефіцієнт запасу, тобто майже не працюють. В результаті дослідження вирішено переосмислити геометрію верхньої частини тягнучого стакану з метою оптимізації витрат матеріалу при одночасному збільшенні коефіцієнту запасу міцності.

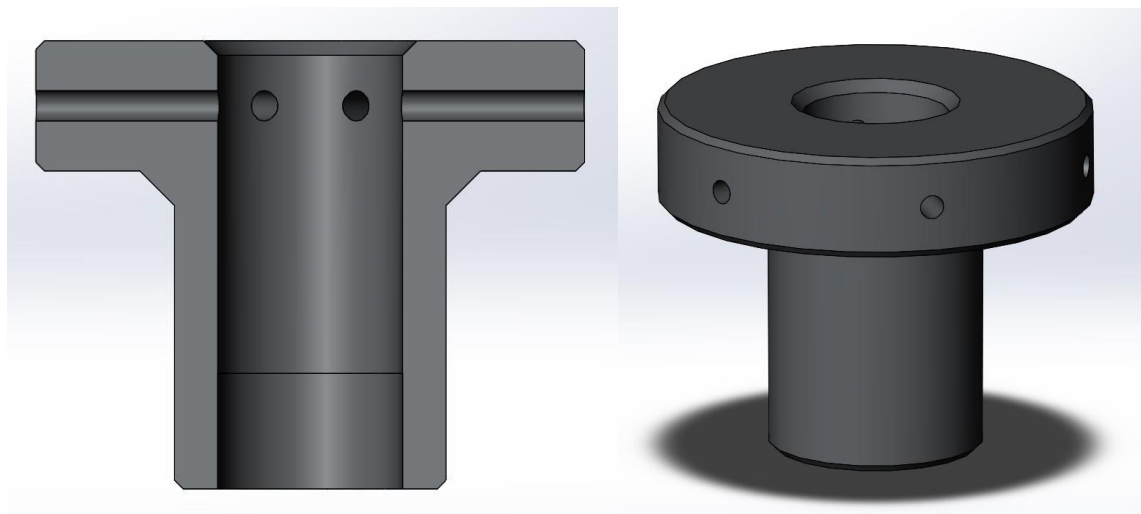


Рис.3.10 – переріз та ізометричний вигляд моделі тягнучого стакану другої ітерації

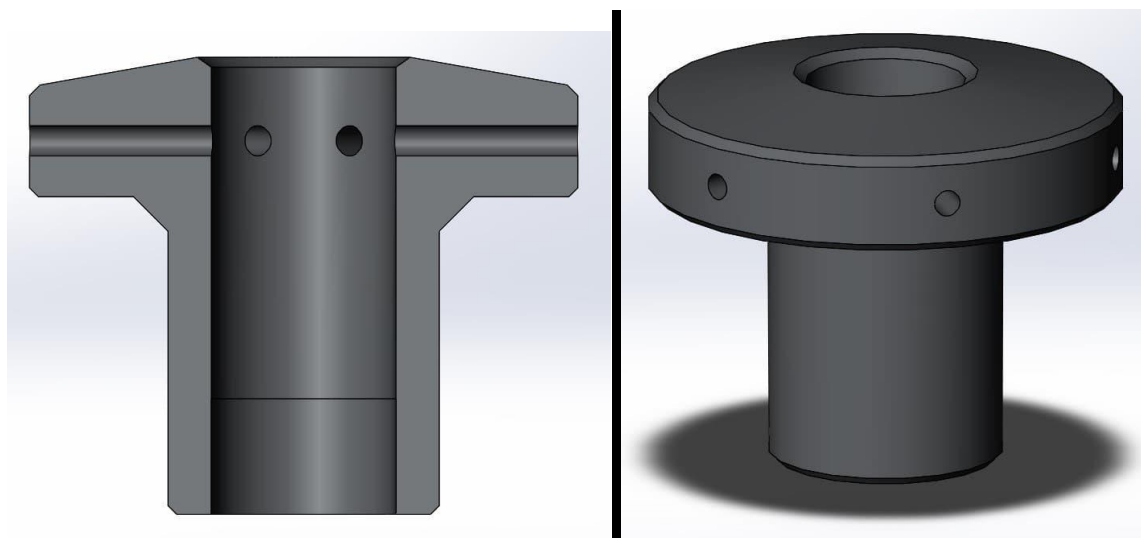


Рис.3.11 – переріз та ізометричний вигляд моделі тягнучого стакану третьої ітерації

Проведемо симуляцію для третьої ітерації тягнучого стакану:

Имя модели: Пара плунжер - тягнучий стакан
 Название исследования: Статический T(-Default-)
 Тип эпоры: Статический, узловое напряжение Напряжение1
 Шкала деформации: 52,6142

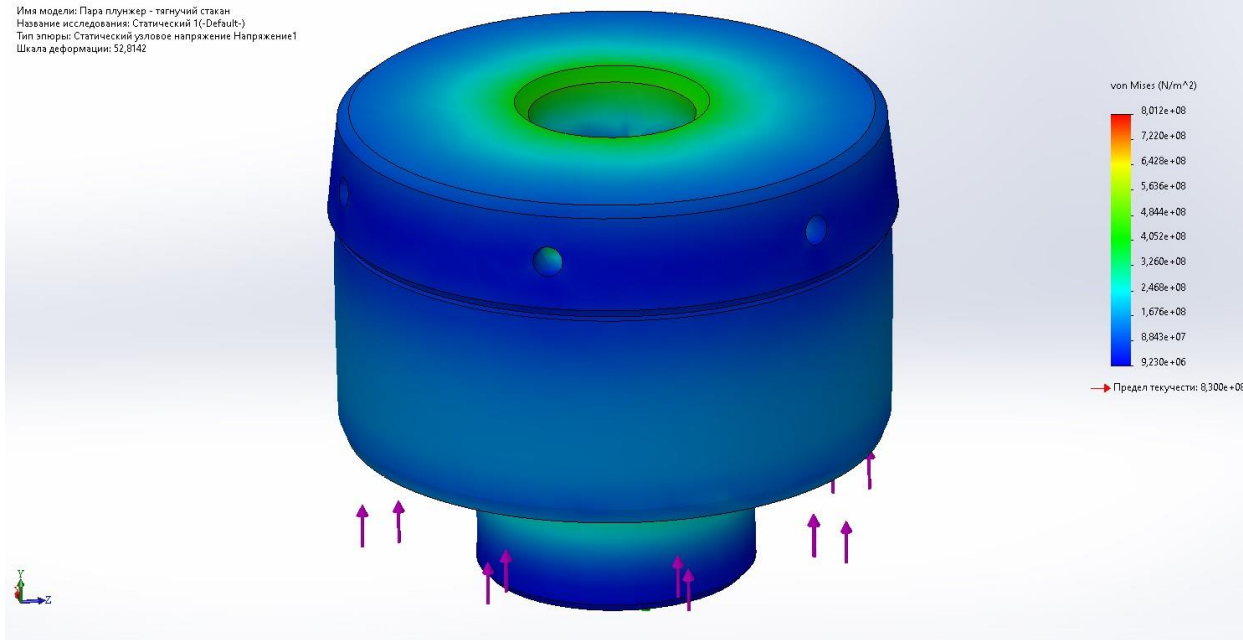


Рис.3.12 - Епюра напружень моделі плунжера та тягнучого стакану після корегувань геометрії моделі.

Имя модели: Пара плунжер - тягнучий стакан
 Название исследования: Статический T(-Default-)
 Тип эпоры: Запас прочности Запас прочности1
 Критерий: Авто
 Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 1,4

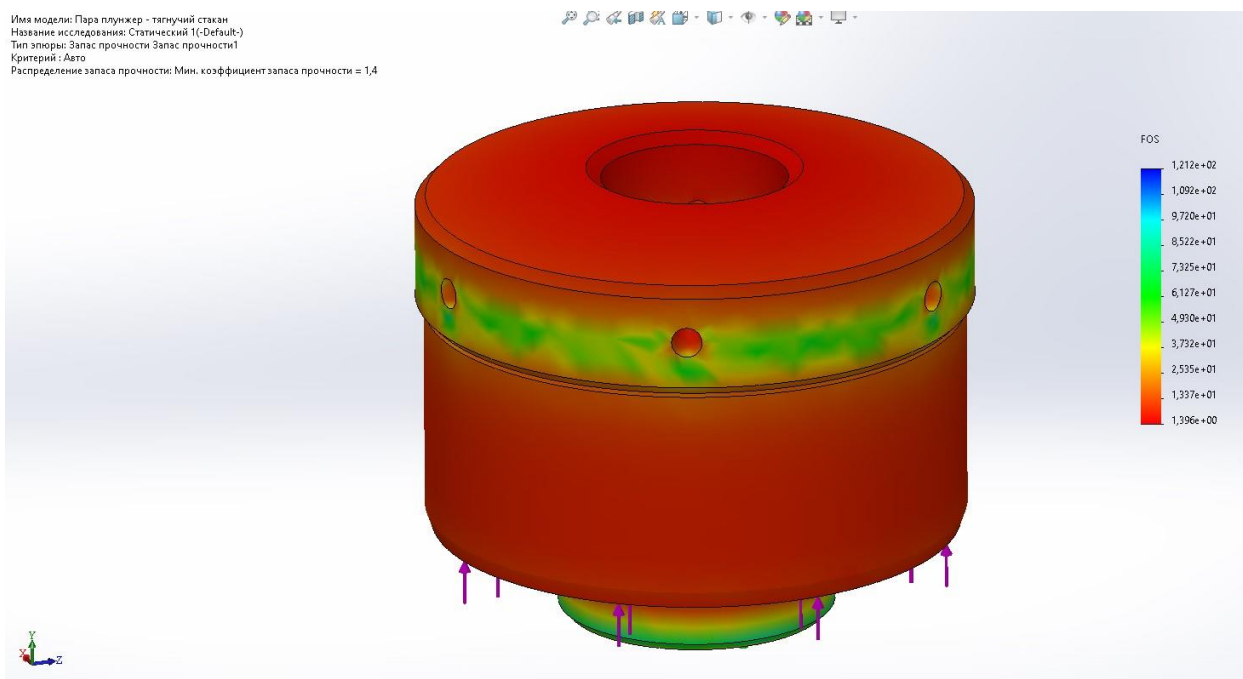


Рис.3.13 – епюра коефіцієнту запасу міцності для моделі тягнучого стакану після корегувань геометрії

Внаслідок зміни геометрії твердотільної моделі тягнучого стакану, коефіцієнт запасу міцності виріс із $k=1,1$ до $k=1,4$. При цьому витрата матеріалу, необхідного для виготовлення тягнучого стакану майже не змінилась, маса виробу також.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МА-01МП.01.00.00 ПЗ

Лист

52

3.6 ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

В даному розділі дисертації, маючи конкретне технічне завдання, було сформульовано та розраховано необхідні гідравлічні параметри мультиплікатора тиску. На основі цих розрахунків і буде побудовано динамічну модель мультиплікатора тиску.

В розділі сформульовано умову до навантаження кріпильних виробів. Розраховано зусилля затяжки для нарізі M64x4 10.9 при осьовому методі. Виходячи із зусилля затяжки та умови по тиску в магістралі високого тиску, було підібрано геометричні параметри тензорного домкрату. Підбір матеріалу здійснено із урахуванням доступності, дороговизни та простоти обробки.

Проведено розрахунок перерізу трубопроводу для окремих ділянок. Підбір гідравлічної рідини було здійснено із огляду на умову значної різниці тисків на ділянках до мультиплікатора та після нього. Підібрано сучасну рідину із оптимальною комбінацією присадок, що забезпечуватимуть стабільну роботу гідросистеми. Перевірка параметрів насосної станції була здійснена із урахуванням розрахунку гідравлічних втрат.

Теоретичний розрахунок тензорного домкрату на міцність було підкріплено симуляцією в додатку Simulink середовища SolidWorks по методу кінцевих елементів. Відповідно до результатів розрахунку, проведено корегування геометричних параметрів пристрою домкрат тензорний. Підсилено місця критичних точок та оптимізовано окремі деталі в вузлах, що мало задіяні в статистиці. Дане дослідження дало можливість оптимізувати геометрію основних вузлів домкрату тензорного, підвищити коефіцієнт запасу міцності при одночасному зменшенні ваги пристрою.

Коефіцієнт запасу міцності елементів пристрою домкрат тензорний при найжорсткіших умовах експлуатації становить 1,4...1,5.

РОЗДІЛ 4. ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ МУЛЬТИПЛІКАТОРА ТИСКУ

Фізичним обґрунтуванням роботи мультиплікатора тиску є формула:

$$F = P \cdot S$$

Де F - зусилля на штоці гідроциліндра, P - тиск рідини, S - площа робочої поверхні.

Фундаментально, в мультиплікаторі тиску відбувається процес перетворення гідравлічної енергії в механічну, що відразу ж перетворюється на гідравлічну. Як було сказано вище, мультиплікатор – це умовно 2 гідроциліндра, що з'єднані єдиним штоком, тоді:

$$F1 = F2.$$

$$P1 \cdot S1 = P2 \cdot S2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{S_2}{S_1}$$

Тобто відношення робочих площ поршнів зворотно пропорційно відношенню тисків в порожнинах.

Побудова моделі системи із тензорним домкратом буде відбуватись в середовищі Matlab Simulink.

Simulink — інтерактивний інструмент (програмне забезпечення) для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем, включаючи дискретні, неперервні та гібридні, нелінійні та розривні системи. Розроблене компанією The MathWorks. Дає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем і вдосконалювати проекти. Simulink повністю інтегрований з MATLAB, що забезпечує швидкий доступ до широкого спектра інструментів аналізу і проектування. Simulink також інтегрується з Stateflow для моделювання поведінки, викликової подіями. Ця перевага робить Simulink найпопулярнішим інструментом для проектування систем керування і комутації, цифрової обробки і інших додатків моделювання. [9]

Більша частина елементів для побудови моделі буде взята із розділу Simscape – Fluids.

Побудова моделі почалась поступово по принципу «нарощування» базової моделі. Базовою моделлю була схема із звичайним гідроциліндром, розподільником та насосною станцією. Відомі вхідні параметри було задано відразу. Параметри, що слід обчислити по моделі, було задано приблизно, поки що. Кінцевою ціллю є *побудова динамічної моделі мультиплікатора тиску неперервної дії із двома робочими порожнинами.*

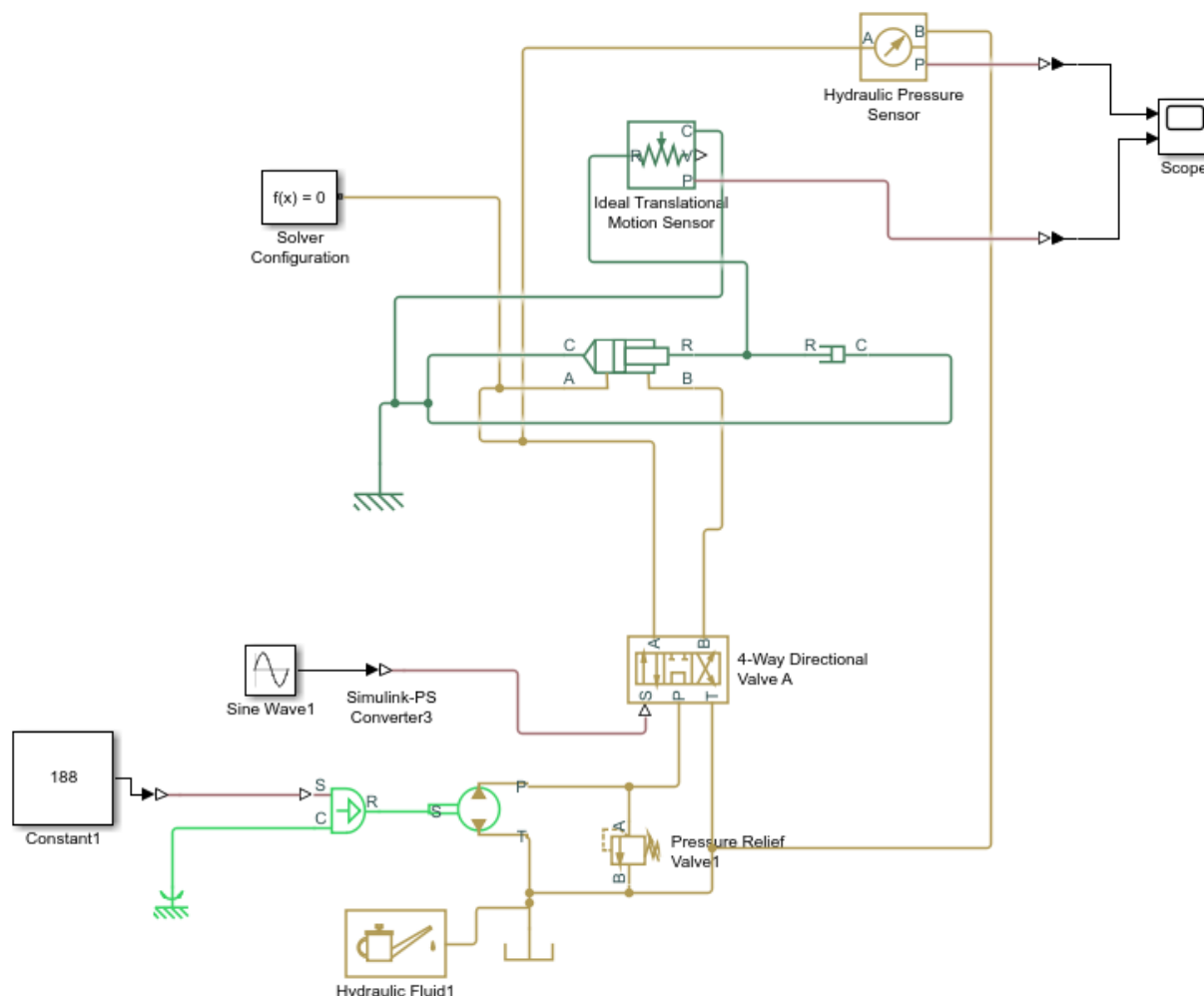


Рис.4.1 - Базова схема гідроприводу для досліджень параметрів системи

Імпульси для перемикаання розподільника формуються блоком «Sine wave». Амплітуда синусоїди дорівнює амплітуді переміщень золотника розподільника. Частоту сигналів слід обчислити.

Блок гідроциліндра двосторонньої дії описується окремою підсистемою із двох блоків «Translational Hydro-Mechanical Converter»

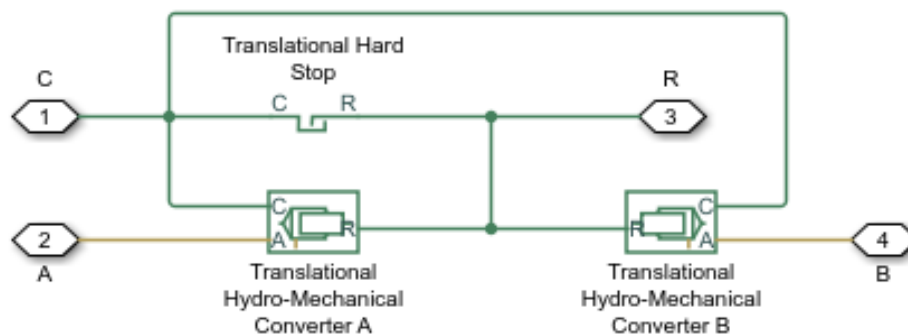


Рис.4.2 - Підсистема блоку гідроциліндра двосторонньої дії

В свою чергу блок гідро-механічного перетворення описується наступною формулою:

$$q = \frac{d\left(\frac{\rho}{\rho_l^0} V\right)}{dt} = \frac{d\left(\frac{\rho}{\rho_l^0}\right)}{dt} V + \frac{\rho}{\rho_l^0} \cdot \varepsilon \cdot (v_R - v_C) \cdot A$$

$$F = \varepsilon \cdot p \cdot A$$

$$\rho = \begin{cases} \frac{\left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right) \rho_g^0 + \rho_l^0}{\left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right) \left(\frac{p_0}{p}\right)^{\frac{1}{\gamma}} + e^{-\frac{p-p_0}{\beta_l}}} & \text{if compressibility is on} \\ \rho_l^0 & \text{if compressibility is off} \end{cases}$$

Показання блоку «Score», що свідчать про коректність роботи моделі:

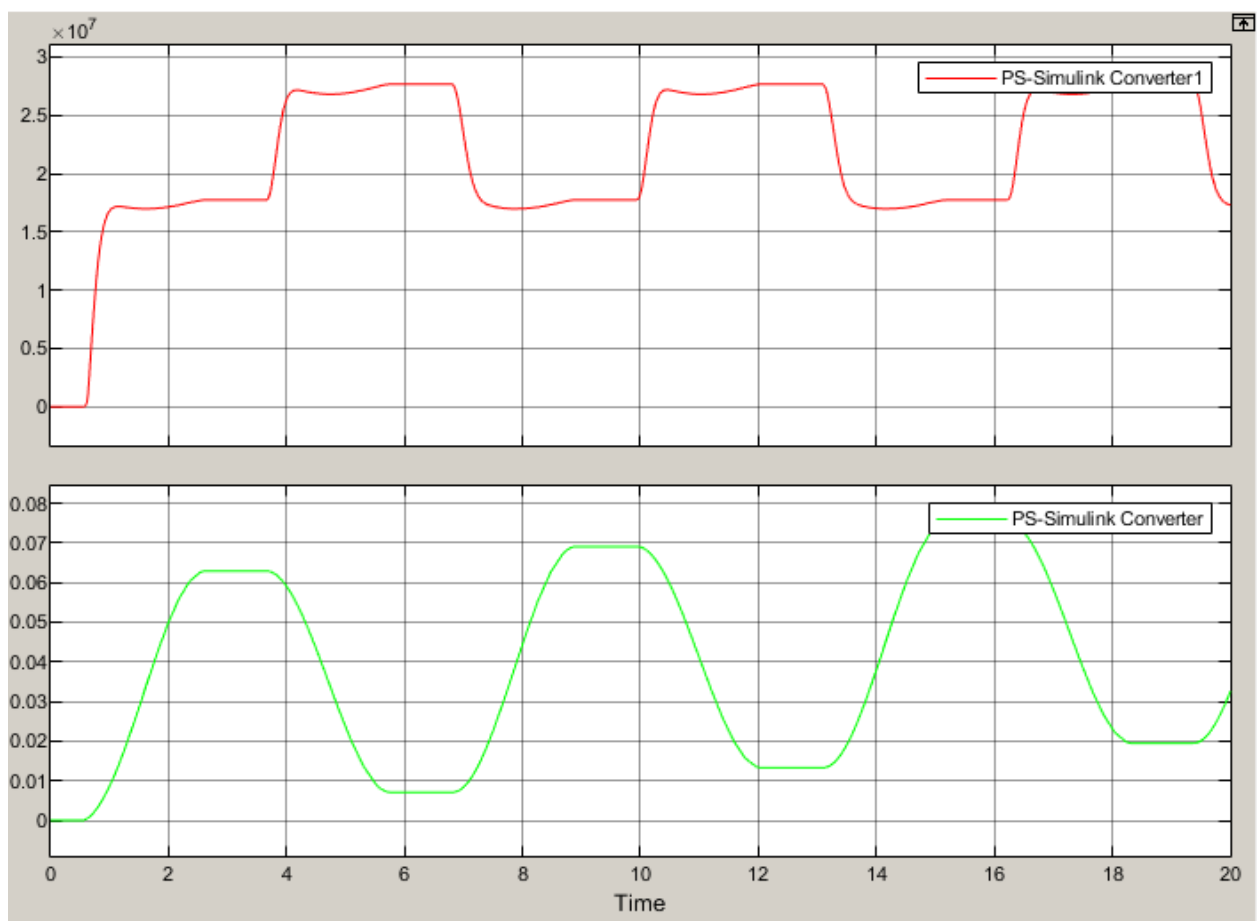


Рис.4.3 - Показання осцилографа для тестової моделі

Оскільки показання осцилографа від датчиків при експозиції 20с, цілком відповідали очікуваним результатам, тому в схему було додано фактор мультиплікації тиску.

Схему було скореговано, додано до штоку циліндру низького тиску – циліндр високого тиску, який описується блоком «Translational Hydro-Mechanical Converter», а також 2 зворотні клапани. Втягування рідини відбувається безпосередньо із баку.

Схему було скореговано, відповідно до розрахункових параметрів мультиплікатора тиску. Для імітації заповнення робочих порожнин тензорного домкрату, в схему було додано гідравлічний акумулятор, об'єм якого відповідає максимальному робочому об'єму гідравлічного шпильконатягувача.

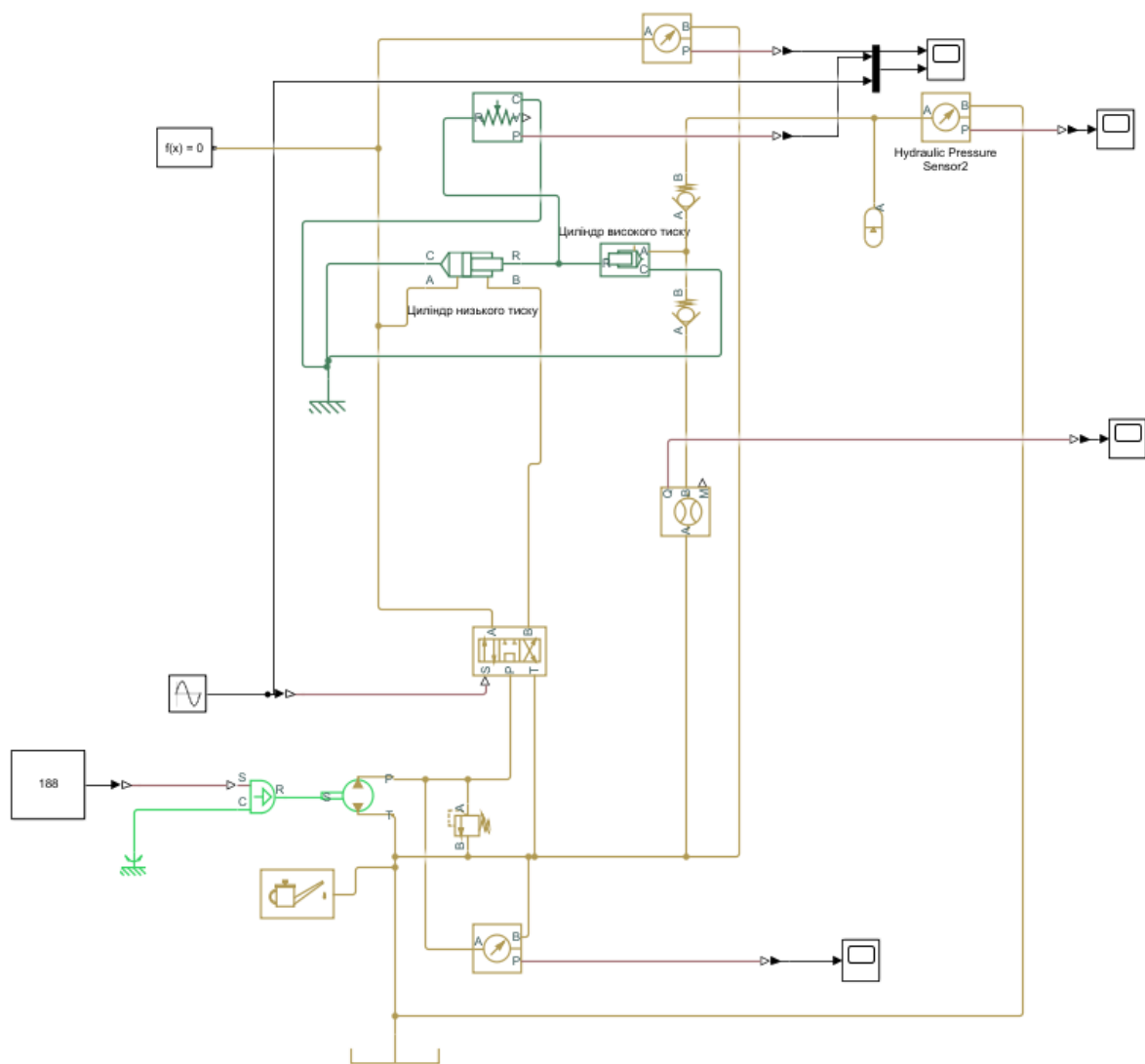


Рис.4.4 - Проміжна схема гідроприводу зі спрощеною моделлю мультіплікатора тиску

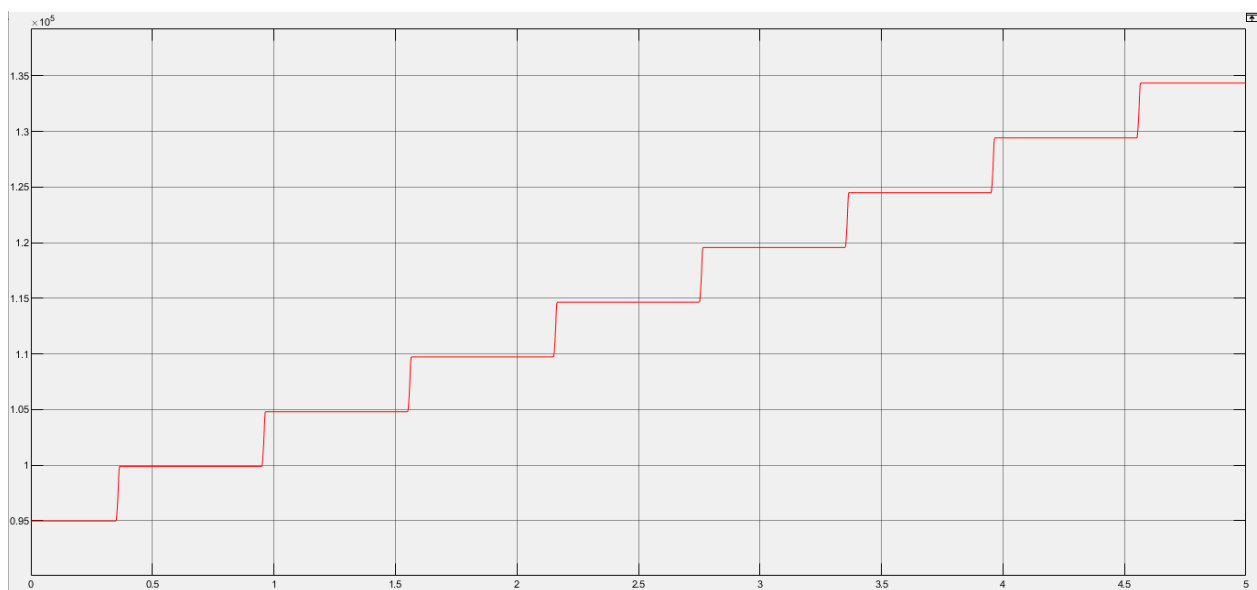


Рис. 4.5 - Приріст тиску на виході із мультіплікатора

Фінальна модель для досліджень має наступний вигляд:

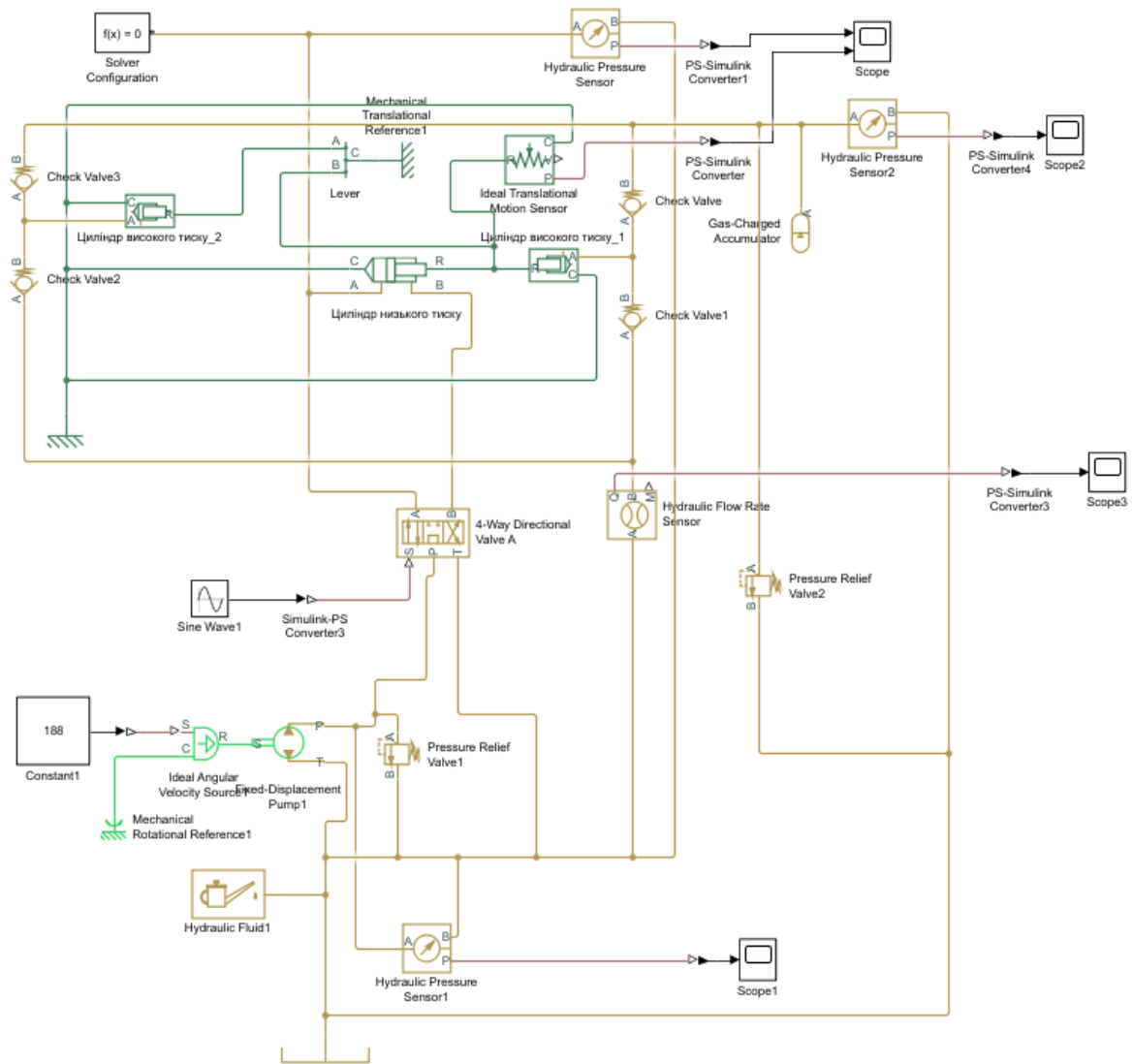


Рис.4.6 - Модель гідроприводу тензорного домкрату із мультиплікацією тиску

При побудові моделі було обрано наступні вхідні параметри:

- Тиск, на виході із гідравлічного насосу – 12МПа;
- Мультиплікатор двопоршневий
- Рідина ISO VG 32, що відповідає рідині стандарту HVLDPD 32, яку було обрано при розрахунку гідравлічної складової;
- Хід штоку мультиплікатора тиску 12мм (що відповідає сучасним параметрам пристроїв);
- Розрахунок в системі ode15s;
- Вхідний сигнал керування – синусоїдальний із амплітудою, що відповідає параметрам розподільника.

Циліндр високого тиску_1 та циліндр високого тиску_2 розташовані оппозитно, за допомогою блоку «Lever», що інвертує вектор механічного переміщення штоку гідроциліндра низького тиску. Для запобігання саморуйнування мультиплікатора при тиску, що більше, ніж заданий, а також для регулювання ступеню затяжки нарізі тензорним домкратом, в системі присутній запобіжний клапан «Pressure Relief Valve2»

Діаграма приросту тиску в гідроаккумуляторі при синусоїдальному вхідному сигналу має наступний вигляд:

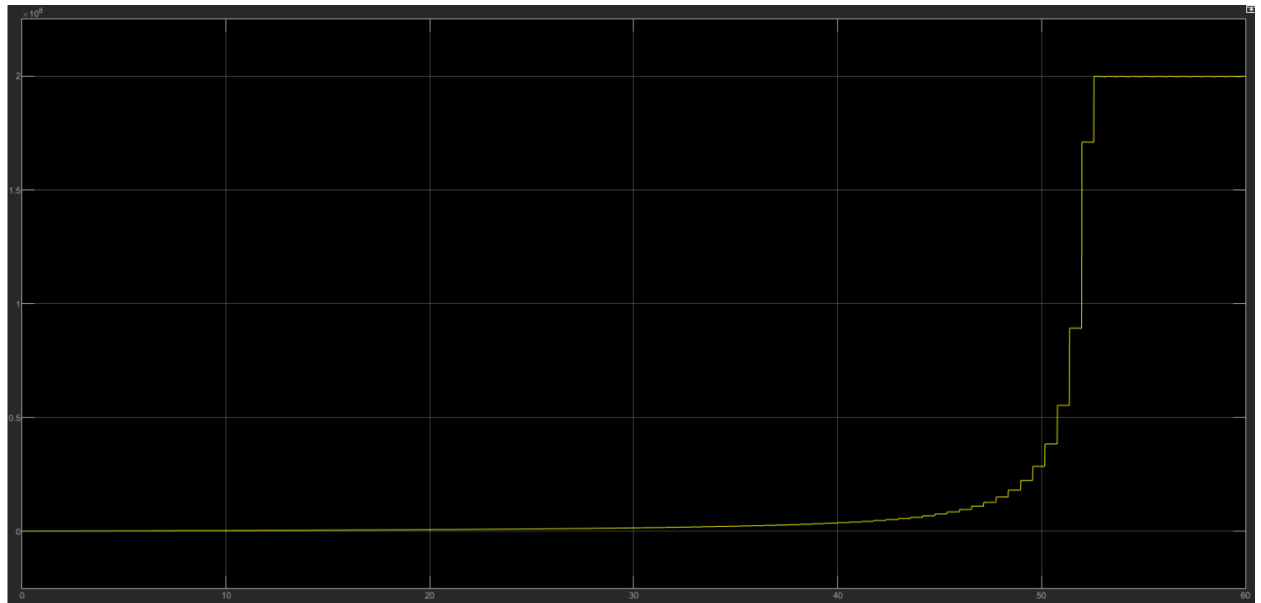


Рис.4.7 - Діаграма приросту тиску в гідроаккумуляторі

Гідроаккумулятор має об'єм 0,1л, що цілком відповідає робочому об'єму тензорного домкрату, розрахунковий тиск при синусоїдальній формі сигналу та заданих параметрах насосної станції і параметрів рідини, досягається на 53-й секунді. Далі спрацьовує переливний клапан, що обмежує приріст тиску вище заданого. Реальний модельний тиск системи при заданих параметрах та відсутності запобіжного клапана перевищує 550МПа, що може мати руйнівний ефект для гідросистеми.

4.1 ПЛАН ІМІТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ГІДРОПРИВОДУ

Імітаційне дослідження гідросистеми перед її виготовленням є вкрай важливим. Simulink дозволяє ефективно моделювати динамічні моделі, працювати із системами рівнянь із великою кількістю змінних. Для пришвидшення та спрощення розрахунку мультиплікатора тиску, є доцільним скористатись емпіричним методом розрахунку мультиплікатора тиску за допомогою моделі гідроприводу в середовищі Simulink. План дій по імітаційному дослідженню гідросистеми має наступні пункти:

- підбір ефективної частоти коливань сигналу керування розподільником, розрахунок геометричних параметрів мультиплікатора тиску відповідно до отриманого значення;
- теоретичне дослідження впливу вхідного сигналу керування гідравлічним розподільником (аналоговий або дискретний) на приріст тиску в гідроакумуляторі;
- Вплив розчиненого повітря в гідравлічній рідині на час досягнення необхідного тиску.

4.2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ПІДБІР ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МУЛЬТИПЛІКАТОРА ТИСКУ

Основним обґрунтуванням роботи мультиплікатора тиску є формула

$$F_1 = P_1 \cdot S_1$$

Де F_1 – сила, що виникає на штоці гідроциліндра, P_1 – тиск рідини, S_1 – ефективна площа поршня.

Відтак відношення тисків та геометричних параметрів мультиплікатора тиску описується як:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{S_2}{S_1}$$

Витрата на виході мультиплікатора тиску:

$$Q_{\text{теор.}} = S_2 \cdot h \cdot n \cdot \eta$$

Де S_2 – площа поршня високого тиску, h – хід поршня, n – кількість циклів за проміжок часу, η – ККД гідроциліндру.

Підберемо параметри мультиплікатора тиску, відносно яких буде проведено емпіричний розрахунок.

Вхідні параметри:

Діаметр поршня високого тиску - $d_2 = 8\text{мм}$;

Хід штоку – $h=10\text{мм}$;

Кількість циклів за хвилину – $n=120$;

Коефіцієнт мультиплікації тиску – $I = 16.5$

Розрахуємо витрату:

$$Q_{\text{теор.}} = 2 \frac{\pi \cdot 0.008^2}{4} \cdot 0.01 \cdot 120 \cdot 0.9 = 0.000108 \text{ м}^3/\text{хв} = 0,1 \text{ л/хв}$$

Діаметр поршня циліндра низького тиску:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4\pi P_2 S_2}{P_1}} = 0,032\text{м}$$

Важливою умовою правильної роботи мультиплікатора тиску є повний хід циліндру низького тиску. Сигнал керування гідравлічним розподільником має бути таким, щоб гідроциліндр встигав виконати повний хід поршня. Для контролю цього параметра, в гідросистемі присутній блок «Ideal Translational Motion Sensor», що під'єднаний до штоку мультиплікатора. А також блок «Hydraulic Pressure Sensor», який під'єднано до поршневої порожнини гідроциліндра, адже гідравлічний розподільник також має фактор інерційності. Дані виведено на блок «Score» для візуального контролю параметрів системи.

Введемо значення частоти $n=120$ циклів/хв = 12,57 рад/с

При значенні 12.57 рад/с досягається рух в повній амплітуді штоку:

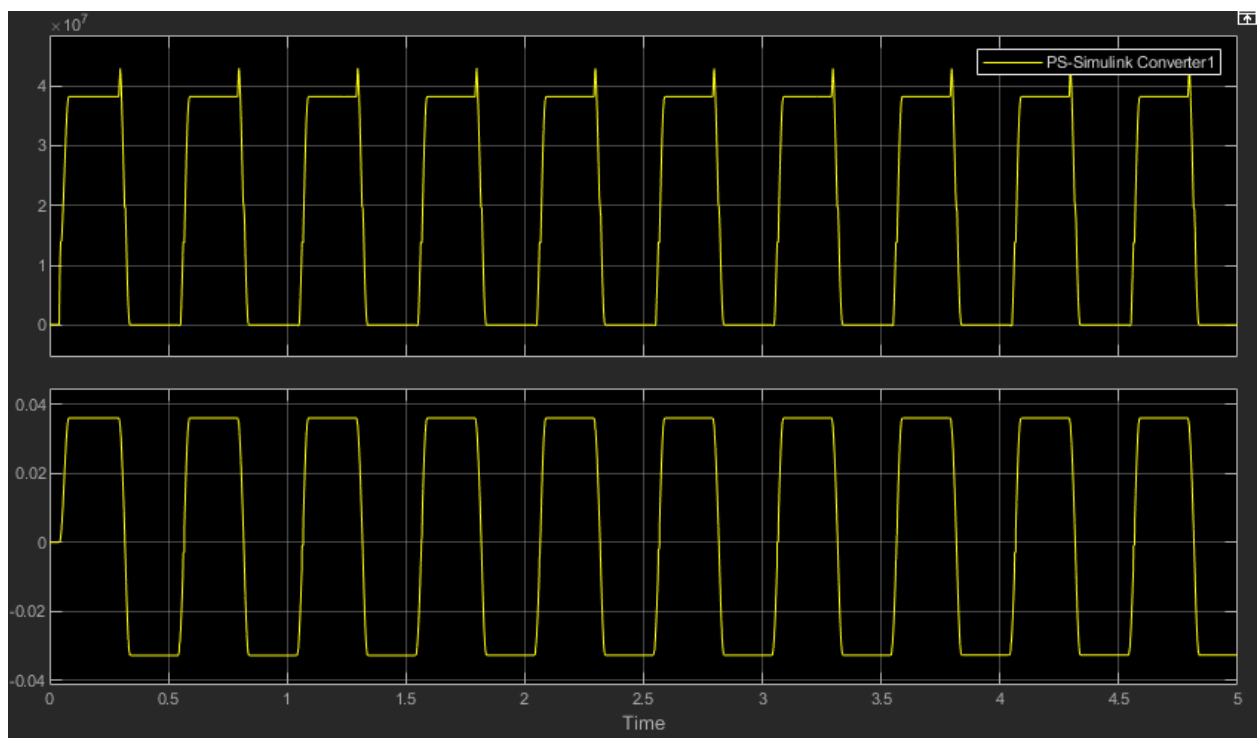


Рис.4.8 Значення графіків Score. Зверху – тиск в поршневій порожнині гідроциліндру низького тиску. Знизу – переміщення штоку.

Значення частоти 120 циклів/хв задовольняє умові задачі. Є доцільним провести уточнюючий розрахунок, щоб знайти граничне значення, при якому не буде повного ходу штоку мультиплікатора. Максимально можлива емпірична частота, при якій буде виконуватись повний хід штоку мультиплікатора, дозволить провести перерахунок геометричних параметрів пристрою, зменшивши його розміри.

4.2.1 УТОЧНЮЮЧИЙ РОЗРАХУНОК №1

Уточнюючий розрахунок 1:

Вхідні параметри:

Діаметр поршня високого тиску - $d_2 = 5\text{мм}$;

Хід штоку – $h=7\text{мм}$;

Кількість циклів за хвилину – $n=480$;

Коефіцієнт мультиплікації тиску – $I = 16.5$

Розрахуємо витрату:

$$Q_{\text{теор.}} = 2 \frac{\pi \cdot 0.005^2}{4} \cdot 0.007 \cdot 480 \cdot 0.9 = 0.000118 \text{ м}^3/\text{хв} = 0,12 \text{ л/хв}$$

Діаметр поршня циліндра низького тиску:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4\pi P_2 S_2}{P_1}} = 0,02 \text{ м}$$

Введемо значення частоти $n=480$ циклів/хв = 50.27 рад/с

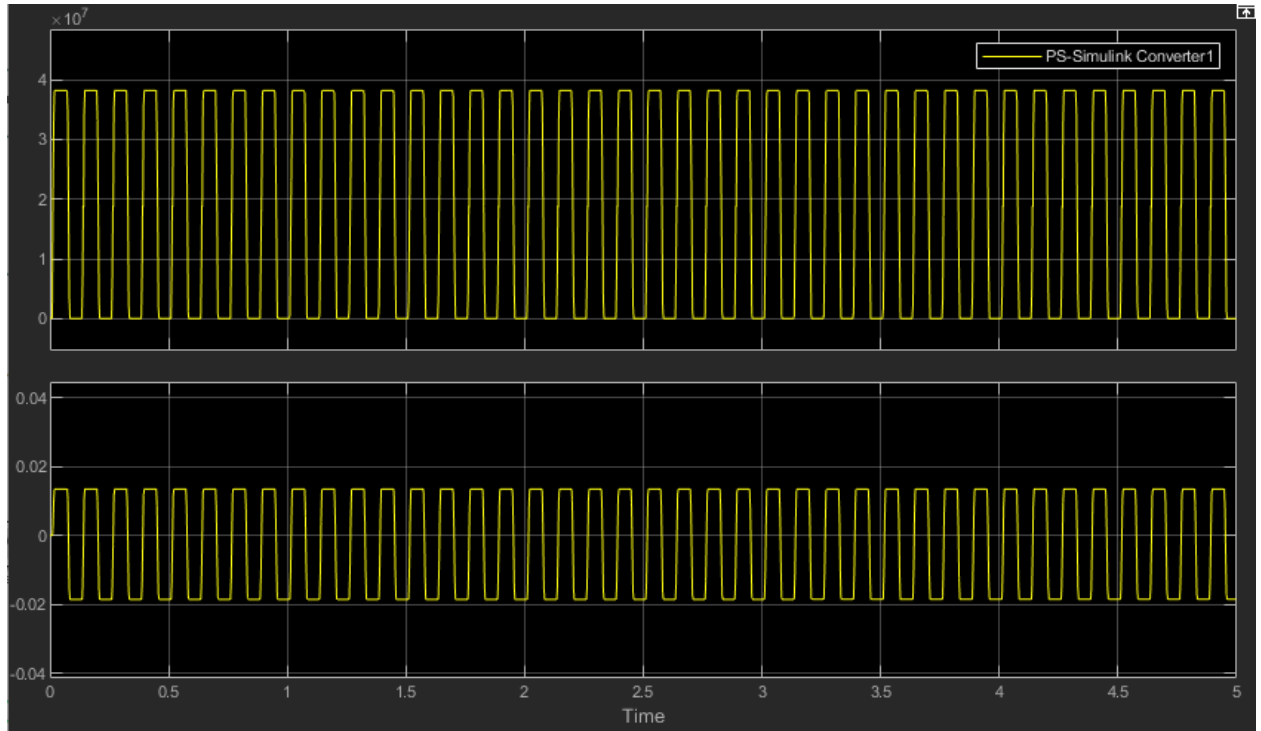


Рис.4.9 Значення графіків Score при уточнюючому розрахунку_1. Зверху – тиск в поршневій порожнині гідроциліндру низького тиску. Знизу – переміщення штоку.

При вхідній частоті 480 циклів/хв, умова повної амплітуди в 7мм штоку мультиплікатора тиску виконується. Є доцільним провести уточнюючий розрахунок.

4.2.2 УТОЧНЮЮЧИЙ РОЗРАХУНОК №2

Уточнюючий розрахунок_2

Вхідні параметри:

Діаметр поршня високого тиску - $d_2 = 4\text{мм}$;

Хід штоку – $h=5\text{мм}$;

Кількість циклів за хвилину – $n=960$;

Коефіцієнт мультиплікації тиску – $I = 16.5$

Розрахуємо витрату:

$$Q_{\text{теор.}} = 2 \frac{\pi \cdot 0.004^2}{4} \cdot 0.005 \cdot 960 \cdot 0.9 = 0.000108 \text{ м}^3/\text{хв} = 0,11 \text{ л/хв}$$

Діаметр поршня циліндра низького тиску:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4\pi P_2 S_2}{P_1}} = 0,0159\text{м}$$

Введемо значення частоти $n=960$ циклів/хв = $100,5$ рад/с

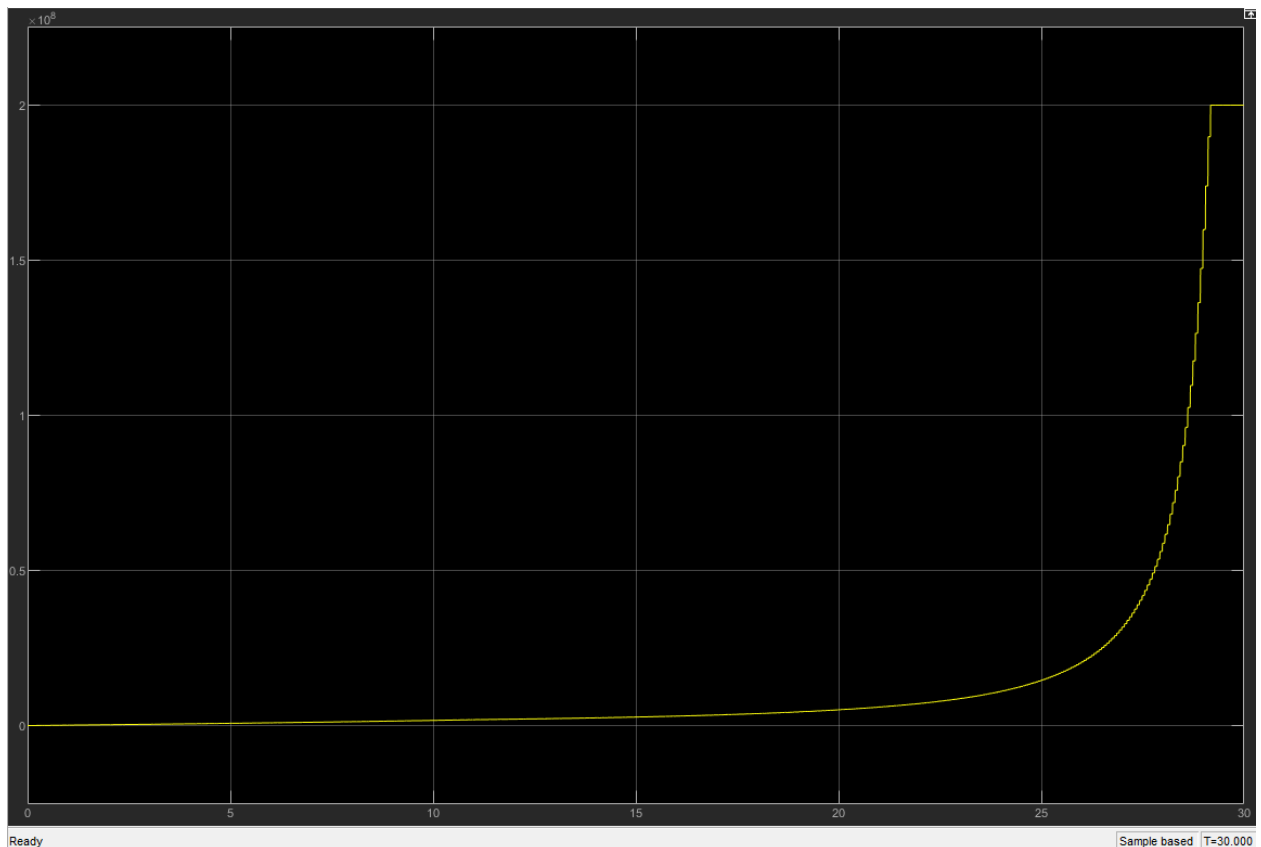


Рис.4.10 - Графік приросту тиску після уточнюючого розрахунку_2 при експозиції досліду – 30с

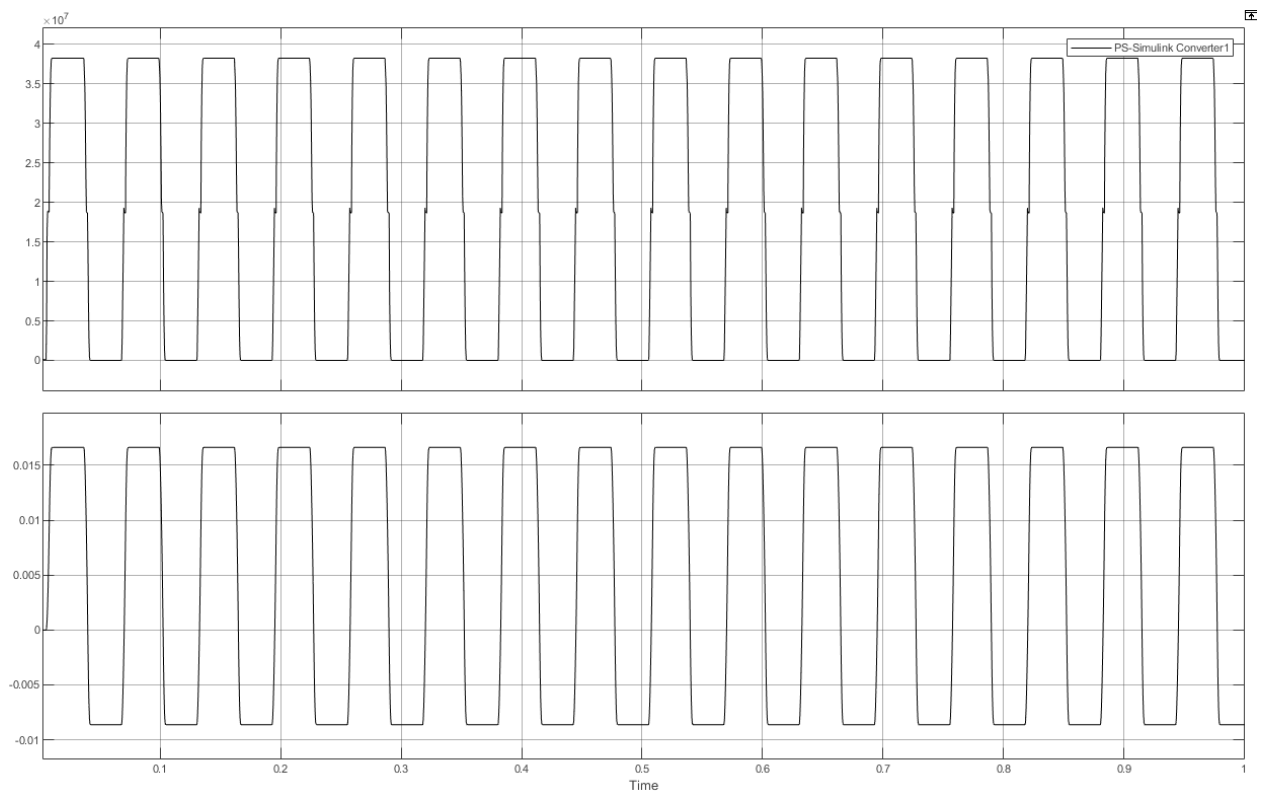


Рис.4.11 - Графік перепаду тиску в поршневій порожнині циліндра низького тиску (зверху), а також графік переміщень штоку мультиплікатора (знизу)

Хід штоку відбувається із повною амплітудою, задані геометричні параметри задовольняють умові задачі. Але подальший уточнюючий розрахунок проводити не доцільно, адже час спрацювання гідравлічного розподільника Ponar 4WE6 складає 60мс. Значення частоти спрацювання розподільника – 960 циклів за хвилину наближається до максимальної рекомендованої частоти. Див. Додаток 2

4.3 АНАЛІЗ ВПЛИВУ РОЗЧИНЕНОГО ПОВІТРЯ В РІДИНІ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ МУЛЬТИПЛІКАЦІЇ

Однією із важливих характеристик гідравлічної рідини є кількість розчиненого повітря у відсотках від загального об'єму. Повітря завжди знаходиться в мастилі, як у вигляді механічно захвачених кульок, так і розчинене. Більша частина повітря в гідравлічній рідині знаходиться у вільному стані.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МА-01МП.01.00.00 ПЗ

Лист

66

Розчинене повітря в мастилі може мати згубне значення як на саму гідравлічну рідину, так і на якість роботи гідросистеми в цілому.

З точки зору мастила, проблемою є наявність кисню та вуглекислого газу, що присутній в повітрі. Кисень, що присутній в будь-якій гідравлічній рідині, призводить до деградації робочої рідини внаслідок її окиснення. До того ж, 'наявність кульок повітря при активній роботі гідросистеми призводить до вспінання рідини.

В системах, що працюють під високим тиском, в наслідок розчинення кисню, може відбуватись ефект «мікро дизеля», в локальних місцях температура може досягати 1100°C. Окрім цього, в місцях перепаду тиску, відбувається руйнівний ефект кавітації, що виводить з ладу елементи гідроприводу.

Серед інших проблем, пов'язаних із вмістом розчиненого повітря в гідросистемі, присутні такі проблеми:

- Підвищення температури робочої рідини;
- Погіршення якості мастила
- Погіршення антифрикційних властивостей
- Кавітація та ерозія
- Збільшення шуму
- Зменшення коефіцієнту пружності
- Зменшення продуктивності насосної станції

Як наслідок цих процесів – зниження ККД гідросистеми.[10,11]

В гідросистемі із мультиплікацією тиску, яка працює під надвисоким тиском в 200МПа, в якій присутні динамічні процеси знакозмінного характеру, вкрай важливим є вибір якісного мастила. Саме тому було обрано мастило HVLPD 32.

Для свіжої гідравлічної рідини є нормальним наявність до 9% розчиненого повітря, але в процесі активної роботи гідросистеми, відсоткове значення розчиненого повітря може значно зростати.[11]

Ціль експерименту полягає в дослідженні впливу розчиненого повітря на ефективність роботи гідросистеми.

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
						67
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

При умові, що кульки нерозчиненого повітря не розчиняються, об'ємний модуль пружності E' , може бути визначений виразом:

$$E' = E \frac{\frac{V_f}{V_a} + \frac{P_0}{P}}{\frac{V_f}{V_a} + E \frac{P_0}{P_2}}$$

Де E – об'ємний модуль пружності чистої рідини, що не містить розчиненого повітря

V_f – об'єм рідини в рідинно-повітряній суміші при заданому значенні P

V_a – об'єм повітря в суміші з рідиною при атмосферному тиску P_0 .

Для експерименту було обрано наступну градацію відсоткового складу повітря в робочій рідині: 3%, 9%, 15%

3% - значення розчиненого повітря для свіжого мастила HVLDPD 32

9% - гранично допустиме значення розчиненого повітря для свіжої гідравлічної рідини HLP 32

15% - значення, вище якого не рекомендовано експлуатувати гідросистему

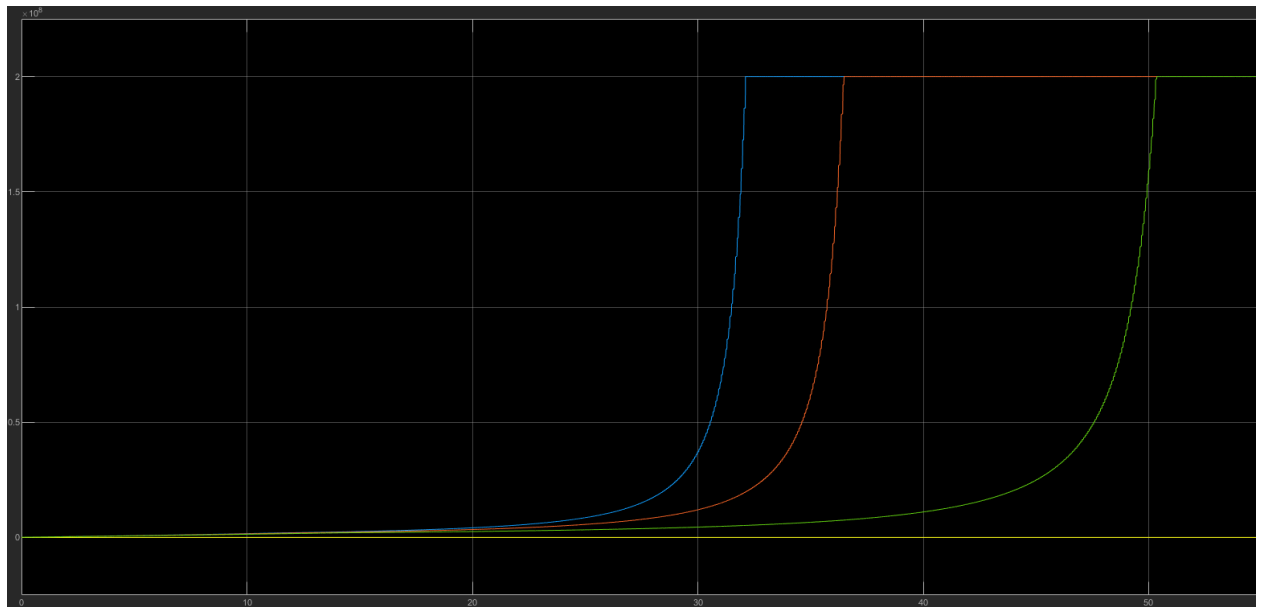
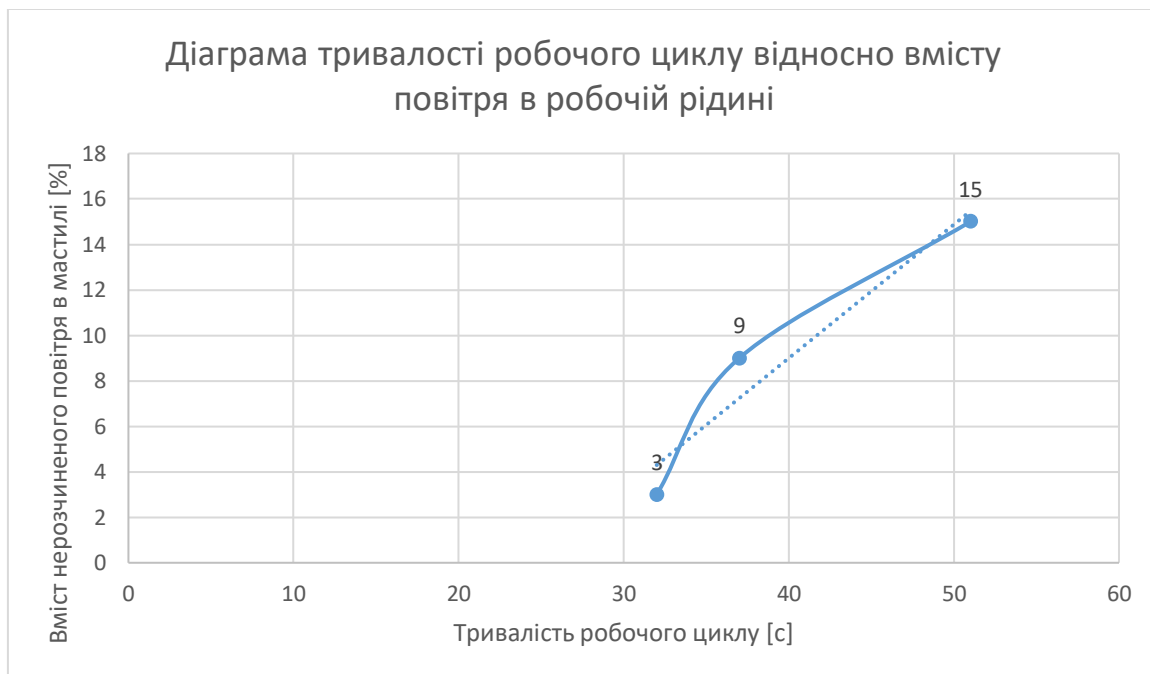


Рис.4.12 - Час досягнення максимального тиску системою при різних значеннях нерозчиненого повітря. Синім – 3%, червоним – 9%, зеленим – 15%

Відносно отриманих даних, є можливість спрогнозувати час робочого циклі тензорного домкрату при повному ході штока.



Найбільш бажаним є значення відсоткового вмісту повітря в мастилі – до 9%. На проміжку від 9% до 15%, час робочого циклу гідросистеми значно зростає. При вмісті нерозчиненого повітря понад 15%, ККД гідроприводу значно зменшується, нагрів робочої рідини пришвидшується, до того ж, деградаційні процеси в мастилі пришвидшуються, що в свою чергу може зменшити інтервали заміни мастила та технічного обслуговування.

4.4 ВПЛИВ ТИСКУ ЖИВЛЕННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ МУЛЬТИПЛІКАТОРА

В даному блоці проведемо дослідження впливу тиску живлення на швидкість досягнення номінального тиску в порожнині тензорного домкрату.

Задачею експерименту є прогнозування часу виходу гідросистеми на номінальний тиск знаходження діапазону тисків, при яких гідросистема виконує свій функціонал. Якісним показником слугуватиме час, за який тиск в порожнині тензорного домкрату зростає до значення номінального тиску.

Вхідні параметри:

Тиск на вході до мультиплікатора: $P_{\text{вхід}} = 12 \text{ МПа}$

Діаметр поршня високого тиску - $d_2 = 4 \text{ мм}$;

Хід штоку – $h=5\text{мм}$;

Кількість циклів за хвилину – $n=960$;

Тиск на виході з мультиплікатора: $P_{\text{вихід}}=200\text{МПа}$;

Концентрація нерозчиненого повітря в рідині – 3%;

Коефіцієнт мультиплікації тиску – $I = 16.6$;

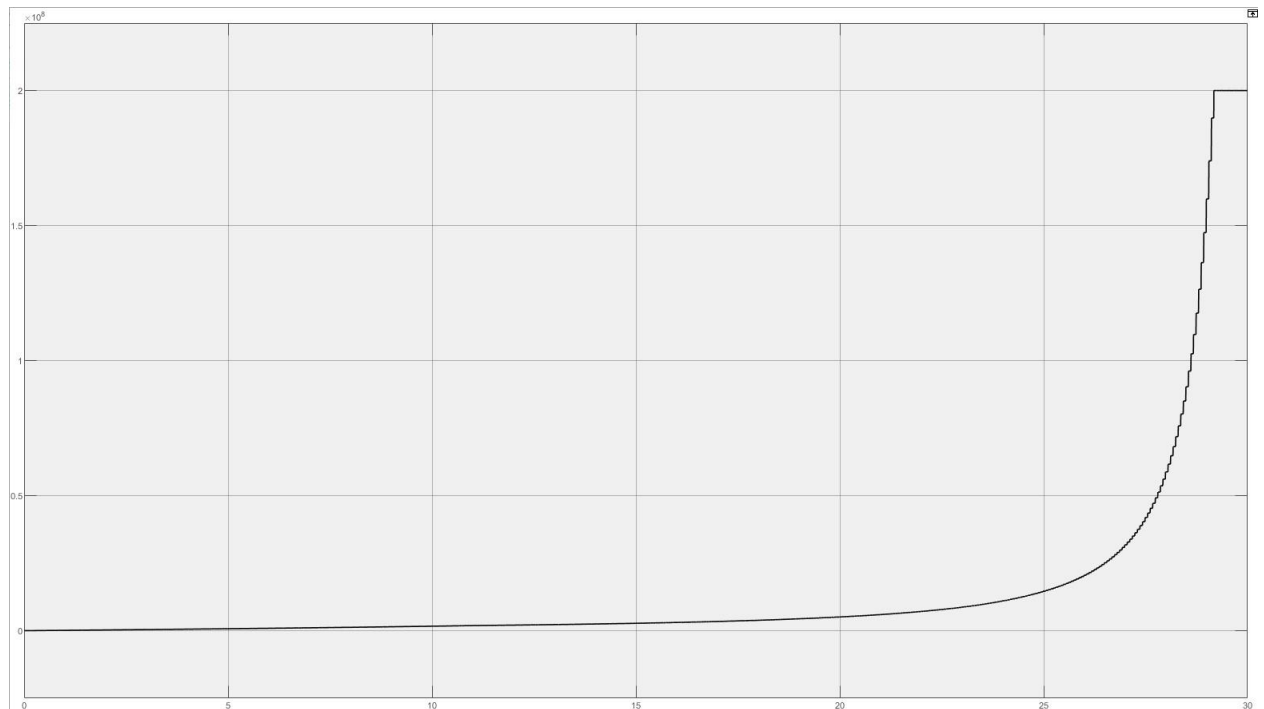


Рис. 4.13 – Діаграма ,що показує час досягнення $P_{\text{вихід}}=200\text{МПа}$ при $P_{\text{вхід}}=12\text{МПа}$

Прогнозований час виходу гідросистеми в режим робочого тиску в об'ємі, що імітує робочу порожнину тензорного домкрату $T_1=29\text{с}$

Оскільки значення тиску в 12 МПа є розрахунковим, приймемо його за еталонне для даного ряду експериментів.

Вхідні параметри:

Тиск на вході до мультиплікатора: $P_{\text{вхід}}=10\text{МПа}$

Діаметр поршня високого тиску - $d_2=4\text{мм}$;

Хід штоку – $h=5\text{мм}$;

Кількість циклів за хвилину – $n=960$;

Тиск на виході з мультиплікатора: $P_{\text{вихід}}=200\text{МПа}$;

Концентрація нерозчиненого повітря в рідині – 3%;

Коефіцієнт мультиплікації тиску – $I = 20$;

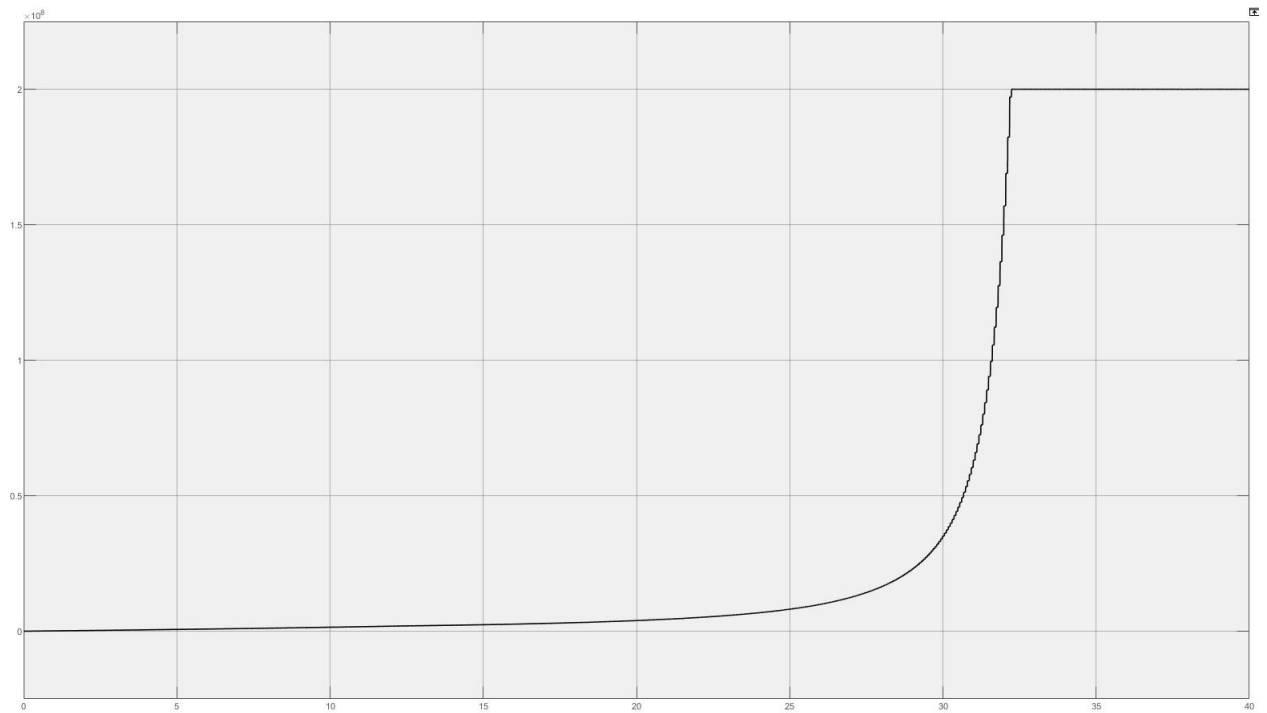


Рис. 4.14 – Діаграма ,що показує час досягнення $P_{\text{вихід}}=200\text{МПа}$ при $P_{\text{вхід}}= 10\text{МПа}$

Прогнозований час виходу гідросистеми в режим робочого тиску в об'ємі, що імітує робочу порожнину тензорного домкрату $T_2=32.5\text{с}$

Вхідні параметри:

Тиск на вході до мультиплікатора: $P_{\text{вхід}}= 8\text{МПа}$

Діаметр поршня високого тиску - $d_2 = 4\text{мм}$;

Хід штоку – $h=5\text{мм}$;

Кількість циклів за хвилину – $n=960$;

Тиск на виході з мультиплікатора: $P_{\text{вихід}}= 200\text{МПа}$;

Концентрація нерозчиненого повітря в рідині – 3%;

Коефіцієнт мультиплікації тиску – $I = 25$;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МА-01МП.01.00.00 ПЗ

Лист

71

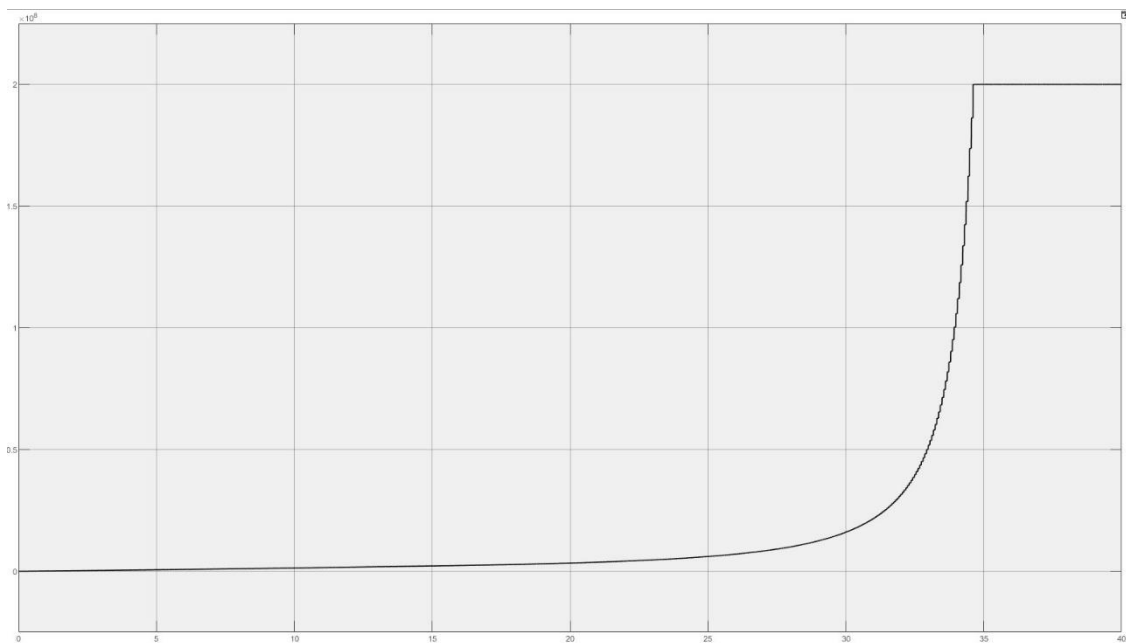


Рис. 4.15 – Діаграма ,що показує час досягнення $P_{\text{вихід}}=200\text{МПа}$ при $P_{\text{вхід}}= 8\text{МПа}$

Прогнозований час виходу гідросистеми в режим робочого тиску в об'ємі, що імітує робочу порожнину тензорного домкрату $T_3=35\text{с}$

Вхідні параметри:

Тиск на вході до мультиплікатора: $P_{\text{вхід}}= 6\text{МПа}$

Діаметр поршня високого тиску - $d_2 = 4\text{мм}$;

Хід штоку – $h=5\text{мм}$;

Кількість циклів за хвилину – $n=960$;

Тиск на виході з мультиплікатора: $P_{\text{вихід}}= 200\text{МПа}$

Коефіцієнт мультиплікації тиску – $I = 33,3$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МА-01МП.01.00.00 ПЗ

Лист

72

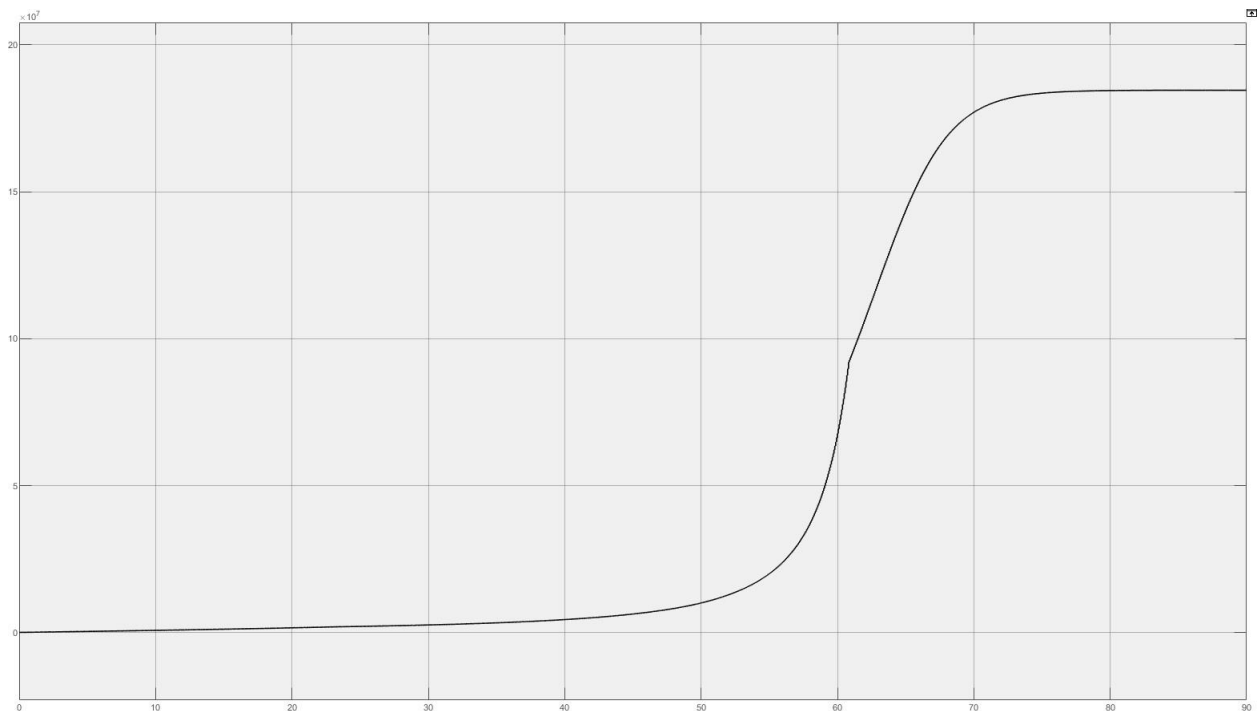


Рис. 4.16 – Діаграма ,що показує час досягнення $P_{\text{вихід}}=200\text{МПа}$ при $P_{\text{вхід}}=6\text{МПа}$

Як видно із графіку, система не вийшла на номінальний тиск в 200МПа. Максимальний тиск, на якому система прийняла стан рівноваги – близько 185 МПа. Час $T_4 \rightarrow \infty$

Внесемо данні до табл. 4.1

Табл. 4.1

<i>Тиск $P_{\text{вихід}}$, [МПа]</i>	<i>Тиск $P_{\text{вхід}}$, [МПа]</i>	<i>Коефіцієнт мультиплікації I</i>	<i>Час T, [с]</i>
200	12	16,6	29
200	10	20	32,5
200	8	25	35
200	6	33,3	∞

Як слідує із таблиці 4.1, падіння тиску живлення до 8 МПа впливає прогнозований час виходу гідросистеми в режим робочого тиску, втім гідросистема продовжує працювати штатно навіть при падінні тиску до 8 МПа.

Але тиск живлення 6 МПа є таким, при якому мультиплікатор тиску не досягає номінального значення $P_{\text{вихід}} = 200 \text{ МПа}$ взагалі.

4.5 ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

В даному розділі було побудовано модель динамічної системи мультиплікатора тиску неперервної дії із двома робочими порожнинами. Тести спрощеної моделі співпадають із теоретичними розрахунками, що може свідчити про адекватність роботи системи.

Було проведено розрахунок та підбір оптимальних параметрів мультиплікатора тиску відповідно до технічного завдання. В уточнюючому розрахунку №1 та №2 проведена оптимізація геометричних параметрів мультиплікатора емпіричним шляхом. Розміри робочих порожнин було зменшено, водночас зі збільшенням частоти коливань штоку. Обґрунтовано можливість зменшення майбутнього пристрою за рахунок збільшення робочої частоти. Таке рішення не вплинуло на ефективність мультиплікації, а частота коливань задовольняє умову по швидкодії керуючого розподільника.

Аналіз впливу нерозчиненого повітря в робочій рідині сформулював залежність тривалості робочого циклу гідросистеми відносно аерації рідини. Значне падіння ККД гідросистеми спостерігається при концентрації повітря в рідині 9-15%.

Результати дослідження впливу тиску живлення на ефективність мультиплікації свідчать про потенційну живучість гідросистеми. Розрахунки свідчать що падіння тиску живлення із 12 МПа до 8 МПа незначною мірою впливають на час виходу гідросистеми на номінальний тиск. Значення ж тиску на вході в 6 МПа є таким, при якому мультиплікатор не виходить на робочий режим, а гідросистема перестає виконувати свою функцію.

Вхідний сигнал на розподільник мультиплікатора пропонується подавати за допомогою контролера із генератором сигналів. Наприклад Arduino на первинному етапі розробки. Або ж окремим ЦАП.

РОЗДІЛ 5. БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

Питання організації охорони праці, пожежної безпеки, дотримання санітарно-гігієнічних норм та режиму роботи розглянемо на прикладі робочого місця студента при підготовці дипломного проекту. Для підготовки цього дипломного проекту було використано ПК розташований в офісному приміщенні, на третьому поверсі дев'яти поверхової житлової споруди. Основними шкідливими виробничими факторами, при тривалій роботі за ПК, є вимушена поза, навантаження на органи зору, невідповідне освітлення, електромагнітні випромінювання, несприятливі кліматичні умови, небезпека ураження електричним струмом, пожежі, тощо.

5.1 ОПИС ПРИМІЩЕННЯ

Робочі місця офісних працівників, обладнані персональними комп'ютерами, повинні відповідати вимогам «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», затверджених Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010 року № 65, та «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 № 7 (ДСанПіН 3.3.2-007- 98).

Як було зазначено вище, для підготовки проекту було обране офісне приміщення на третьому поверсі дев'яти поверхової споруди, з розмірами 4м на 4,2м, висотою стелі 2,7м, з великим вікном (площею близько 7,5 м²) в якому розміщено два робочих місця операторів ПК. Вікно розташоване зліва від мого робочого столу, що є перевагою, та має жалюзі. Площа вказаного приміщення становить $4 \times 4,2 = 16,8 \text{ м}^2$, а об'єм $4 \times 4,2 \times 2,7 = 45,63 \text{ м}^3$, що перевищує мінімальні встановлені норми площі 6м² та об'єму в 20м³ на одне робоче місце.

Будівля та приміщення, де розміщені робочі місця, відповідають вимогам нормативно-технічної та експлуатаційної документації виробника

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
						75
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

персональних комп'ютерів ДСанПіН 3.3.2-007-98 та Правил. Будівлі та приміщення мають другий ступінь вогнестійкості. Для всіх приміщень, де знаходяться робочі місця, визначено клас зони згідно з НПАОП 40.1-1.01-97. Відповідне позначення нанесено на входних дверях кожного приміщення. Для внутрішнього оздоблення приміщення використано дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття стелі 0,7, стін 0,5. Покриття підлоги є матовим з коефіцієнтом відбиття 0,3. Поверхня підлоги рівна, неслизька, з антистатичними властивостями. Вологе прибирання виконується щоденно

5.2 ОСВІТЛЕННЯ

Умови праці – це сукупність елементів виробничого середовища, які впливають на функціональний стан людини. Сприятливими вважаються такі умови праці, коли сукупність елементів, що їх утворюють, впливає на людину і сприяє духовому і фізичному розвитку особистості, формування творчого ставлення до праці, почуття задоволеності, високої працездатності. Несприятливі умови праці спричиняють передчасну втому, яка знижує можливості людини і може призвести до хворобливого стану.

Найважливішими елементами умов праці є освітленість, стан повітряного середовища (температура, вологість, рухливість і чистота повітря), шум, вібрація.

Освітлення. Правильно спроектоване й виконане виробниче освітлення поліпшує умови зорової роботи, знижує стомлюваність, сприяє підвищенню продуктивності праці, позитивно впливає на виробниче середовище. Недостатність освітлення приводить до напруги зору, послабляє увагу, приводить до настання передчасної втоми. Надмірно яскраве освітлення викликає осліплення, роздратування й різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого. Існує три види освітлення - природне, штучне й сполучене (природне й штучне разом).

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		76

Освітленість поверхні екрану ПК повинна бути в межах 300 лк, а поверхні столу у зоні робочого документа – 300-500 лк (ДБН В.2.5-28:2018)[13]. Освітлення не повинно створювати відблисків на екрані. У робочому приміщенні використовується як і природнє бокове освітлення (промені сонця потрапляють через вікно), так і штучне загальне освітлення за допомогою електричних джерел енергії - ламп. Виходячи з вищенаведеної інформації розрахуємо рівень освітленості робочого приміщення.

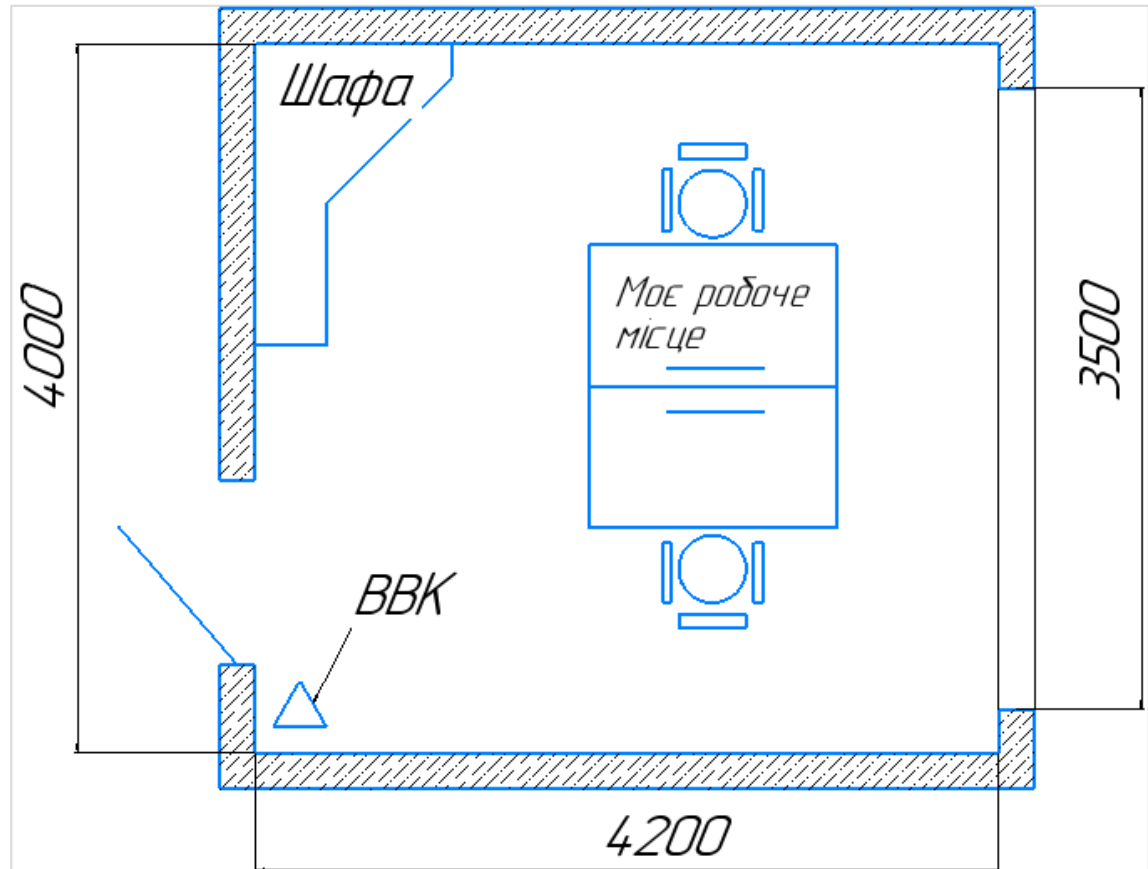


Рис 5.1. План приміщення

Розрахунок освітленості приміщення проведемо використовуючи метод світлового потоку. Маємо приміщення розмірами 4м*4,2м з висотою стелі 2,7м., наявним природнім боковим освітленням та джерелами штучного освітлення.

Світловий потік розраховуємо за формулою

$$E_{\phi} = \frac{F_{\text{л}} N n \eta}{S_{\text{кзз}}},$$

де F_{λ} – світловий потік лампи, Лм. У нашому випадку $F_{\lambda}=2100\text{лк}$;

N – кількість світильників, од, у нашому приміщенні 4 од;

n – кількість ламп у світильнику, од, у нашому випадку 4 од;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

S – площа освітлювального приміщення, м^2 . У нашому випадку $16,8\text{м}^2$;

k_3 – коефіцієнт запасу, враховує зниження світлового потоку внаслідок забруднення світильників під час експлуатації. Визначається із таблиці коефіцієнтів запасу відповідно до типу приміщення, у нашому випадку $k_3=1,5$;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості, характеризує нерівномірність освітлення, приймаємо $z=1,1$.

Для визначення коефіцієнту η необхідно розрахувати індекс приміщення i за формулою:

$$i = \frac{S}{h(A+B)},$$

де S – площа приміщення, $S=16,8\text{м}^2$;

h – розрахункова висота підвісу, $h=1,9\text{м}$;

A – ширина приміщення, $A=4\text{м}$;

B – довжина приміщення, $B=4,2\text{м}$.

Отже
$$i = \frac{16,8}{1,9(4+4,2)} = 1,08$$

Знаючи індекс приміщення i , за таблицею визначаємо $\eta = 0,4$.

Для визначення світлового потоку скористаємося формулою, підставивши значення:

$$E_{\phi} = \frac{2100 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 0,4}{16,8 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 484,8\text{лк}$$

Світловий потік у нашому випадку становить 484,8лк, це свідчить що приміщення освітлюється достатньо.

5.3 МІКРОКЛІМАТ

У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря у відповідності до ГОСТ 12.1.005-88, ДСН 3.3.6.042-99. Проведемо аналіз оптимальних та фактичних параметрів мікроклімату нашого приміщення, враховуючи що робота на ПК відноситься до категорії Легка Іа. (Легка Іа - легкі фізичні роботи при яких витрата енергії становить 141-175 Вт або 121-150 ккал/год)

Період року	Параметр мікроклімату	Значення	
		Оптимальне	Фактичне
Теплий	Температура повітря в приміщенні, °С	23-25	24-26
	Відносна вологість, %	40-60	48
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,1
Холодний	Температура повітря в приміщенні, °С	22-24	19-21
	Відносна вологість, %	40-60	52
	Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,1

Як бачимо з наведених даних, температура в приміщенні, в холодну пору року, не є достатньою, саме тому наше приміщення обладнане централізованим опаленням, системами природньої та штучної вентиляції, а також спліт-системою, що забезпечує можливість регулювання мікроклімату.

Як правило, роботу працівників з ПК пов'язують зі шкідливим впливом електромагнітних полів. Це мало місце при використанні моніторів з електронно променевою трубкою. У сучасних комп'ютерах використовуються рідкокристалічні монітори, тому вплив електромагнітного поля практично відсутній. Наявним залишається електростатичне поле на поверхні монітору та клавіатурі. Напруженість електростатичного поля, на сучасному обладнанні значно нижче встановлених допустимих значень (150 В/см). Рівень

напруженості електростатичного поля залежить від вологості повітря та запиленості, саме тому вологе прибирання приміщення виконується щодня, а провітрювання виконується двічі на день – зранку та під час обідньої перерви.

В офісному приміщенні що використовується для підготовки проекту встановлено сучасні ПК, з практично безшумною роботою системи охолодження процесора та відеокарти, вікна та двері виготовленні за сучасними енергозберігаючими та шумопоглинаючими технологіями, тому рівень шуму є досить низьким, умови праці є комфортними.

5.4 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей (живої природи) від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Тобто електробезпека — це відсутність будь-яких факторів з боку електроустановки, які можуть створити загрозу і небезпеку життю і здоров'ю людини. Не варто під терміном «електроустановка» розуміти щось таке, що може знаходитись поза межами офісу. Адже, наприклад, настільна лампа це також електроустановка. Тобто пристрій, в якому є перетворення електричної енергії в той чи інший вид енергії (світлову, механічну, теплову), і буде вважатись електроустановкою. Заходи щодо виконання вимог електробезпеки офісних працівників регламентовані Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів, що затверджені наказом Міністерства палива та енергетики України від 25 липня 2006 р. № 258.

У приміщенні що використовується для підготовки проекту використовується електрична енергія змінного струму, напругою 220В, силою струму до 5 А, та частотою в 50Гц. Електросистема розподілена за двома напрямками: та, що забезпечує живленням прилади освітлення, та система живлення побутового обладнання і ПК. Кожен з напрямків має запобіжник, що має захист за тепловими параметрами та силою струму, окрім того в

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		80

доступному місці встановлено аварійний резервний вимикач. Заземлення електричного щита виконано із заземленою нейтраллю, а розетки - з захисним зануленням. В приміщенні розташовані два ПК, кожен з них підключений до окремої розетки, гнучкі проводи прокладені коротким шляхом, закріпленні та мають відповідну ізоляцію.

5.5 ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

Основними напрямками забезпечення пожежної безпеки є усунення умов виникнення пожежі та мінімізації її наслідків. Об'єкти повинні мати системи пожежної безпеки, спрямовані на запобігання пожежі, її дії на людей та матеріальні цінності.

Приміщення, що використовується для підготовки дипломного проекту, відноситься до категорії В. Меблі та двері, встановленні в приміщенні, виготовленні з МДФ, вікна з металопластику, корпуси ПК та приладів з металу та полімерних матеріалів. Будівля відповідає II ступені вогнестійкості (ДБН В.1.1.7-2016), що передбачає час опору вогню для несучих стін, стін сходових кліток, колон – 2 год., сходові клітки, сходи, балкони, марші у сходових клітках – 1 год., зовнішні стіни навісних панелей – 0,25 год., зовнішні і внутрішні стіни (перегородки) – 0,25 год., плити і настили конструкцій міжповерхових перекриттів – 0,75 год., плити, настили та інші несучі конструкції – 0,25 год.

Вибір типу та необхідна кількість вогнегасників визначається відповідно до **Типових норм належності вогнегасників**, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 2 квітня 2004 р. № 151. Для нашого приміщення встановлено ВВК-2(старе позначення ОУ-3), крім того приміщення обладнане системою пожежної сигналізації з підключенням до пульта ДСНС.

Обов'язковою вимогою є відключення від електричної мережі електроприладів, в тому числі освітлювальних приладів в кінці робочого дня.

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		81

5.6 ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

На основі державних нормативно-правових актів, рекомендацій, результатів проведених досліджень та спостережень було вивчено питання організації робочого місця оператора ПК, встановлено шкідливі та небезпечні фактори. В розділі було досить детально розглянуте приміщення для підготовки магістерської дисертації, проведено розрахунки освітлення, аналіз кліматичних умов. Проведено аналіз наявних умов праці, розроблено заходи для мінімізації дії шкідливих та небезпечних факторів, обрано оптимальний режим роботи.

РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

6.1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Метою розділу проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – стакан тягнучий.

Стака тягнучий виготовляється із якісної вуглецевої сталі 45 ДСТУ 7809:2015. Хімічний склад приведено в таблиці 6.1:

Табл. 6.1 – хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809:2015

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0,42- 0,5	0,17- 0,37	0,5-0,8	До 0,25	До 0,04	До 0,035	До 0,25	До 0,25	До 0,08

Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015 приведено в таблиці 6.2:

Таблиця 6.2 – механічні властивості обраної сталі

Переріз, [мм]	σ_B , [МПа]	σ_T , [МПа]	δ_s , [%]	Ψ , [%]	Kci, [кДж/м ²]	HB, [МПа]
190	470	215	19	42	390	170

Сталь 45 добре піддається різанню із використанням стандартних ріжучих інструментів. Проаналізувавши креслення деталі, можемо зробити наступні висновки: Креслення виконано у відповідності із вимогами ЄСКД, проставлені усі необхідні розміри, відхилення технічні вимоги та параметри шорсткості поверхонь. На кресленні показано достатнє число проєкцій, видів та розрізів для подальшого читання креслення, а також для виготовлення деталі.

Дана деталь - стакан тягнучий являє собою тіло обертання, габаритні розміри якого становлять Ø190x158мм.

Стакан тягнучий складається із двох циліндричних поверхонь Ø190 та Ø94d9 і конічної поверхні із кутом 10 °. Деталь має наскрізний різьбовий отвір М64х4 по осі обертання. На поверхні частини деталі Ø190 знаходиться 6 отворів Ø10,5.

Розміри та шорсткість поверхонь відповідають призначенню деталі. Основні вимоги до тягнучого стакану полягають в стійкості циліндричної поверхні до деформацій.

Жорсткість деталі описується формулою:

$$\frac{L_{\text{деталі}}}{D_{\text{сер.}}} \leq 12$$

Де $L_{\text{деталі}}$ – довжина деталі, мм; $D_{\text{сер.}}$ – середній діаметр деталі, що визначається за формулою:

$$D_{\text{сер.}} = \frac{\sum d}{n}$$

Де d – діаметр деталі, мм; n – кількість ступенів валу.

$$D_{\text{сер.}} = \frac{190 + 94}{2} = 142 \text{ мм}$$

Визначимо жорсткість деталі:

$$\frac{L_{\text{деталі}}}{D_{\text{сер.}}} = \frac{158}{142} = 1,11 - \text{що значно менше, ніж } 12$$

Вцілому деталь складається із простих конструктивних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхонь, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при стандартних технологічних базах.

Усі технологічні умови встановлено в залежності від призначення виробу, вони визначаються ступенем точності деталі.

Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту, в цілому деталь технологічна.

6.2 ВИБІР ЗАГОТОВКИ

Вихідною заготовкою для даної деталі доцільно застосувати калібрований пруток Ø190 за ДСТУ 2590:2015, тому що форма заготовки найбільш близька до форми деталі.

6.3 ВИБІР ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ І ТИПОВИХ СХЕМ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ

Обробка деталі здійснюється на універсальних верстатах: токарний та свердлильний в умовах одиничного виробництва.

Застосовуються різці та свердла з пластинами твердих сплавів, що дозволяє збільшити стійкість інструмента, збільшити швидкість різання та економію засобів і часу.

Операція 005 – Заготівельна.

Обладнання – Відрізний верстат.

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		84

Відрізати заготовку довжиною 160мм

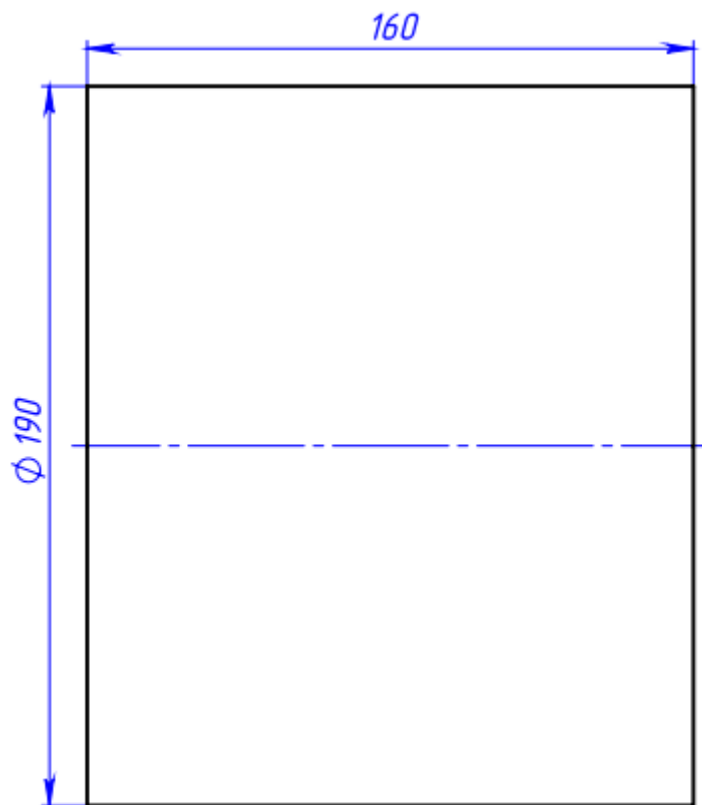


Рис. 6.1

Операція 010 – фрезерно-центрувальна

Обладнання – Фрезерно-центрувальний верстат МР-71.

1. Підрізати торці в розмір 158мм.
2. Просверлити 2 отв. Ø16, L=35.

Різальний інструмент – фреза торцева Ø200 Т15К6 2214-0007 ГОСТ 24359-80, сверло центрувальне комбіноване типу А Ø16, Р6М5 2317-0009 ГОСТ 14952-75.

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
						85
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

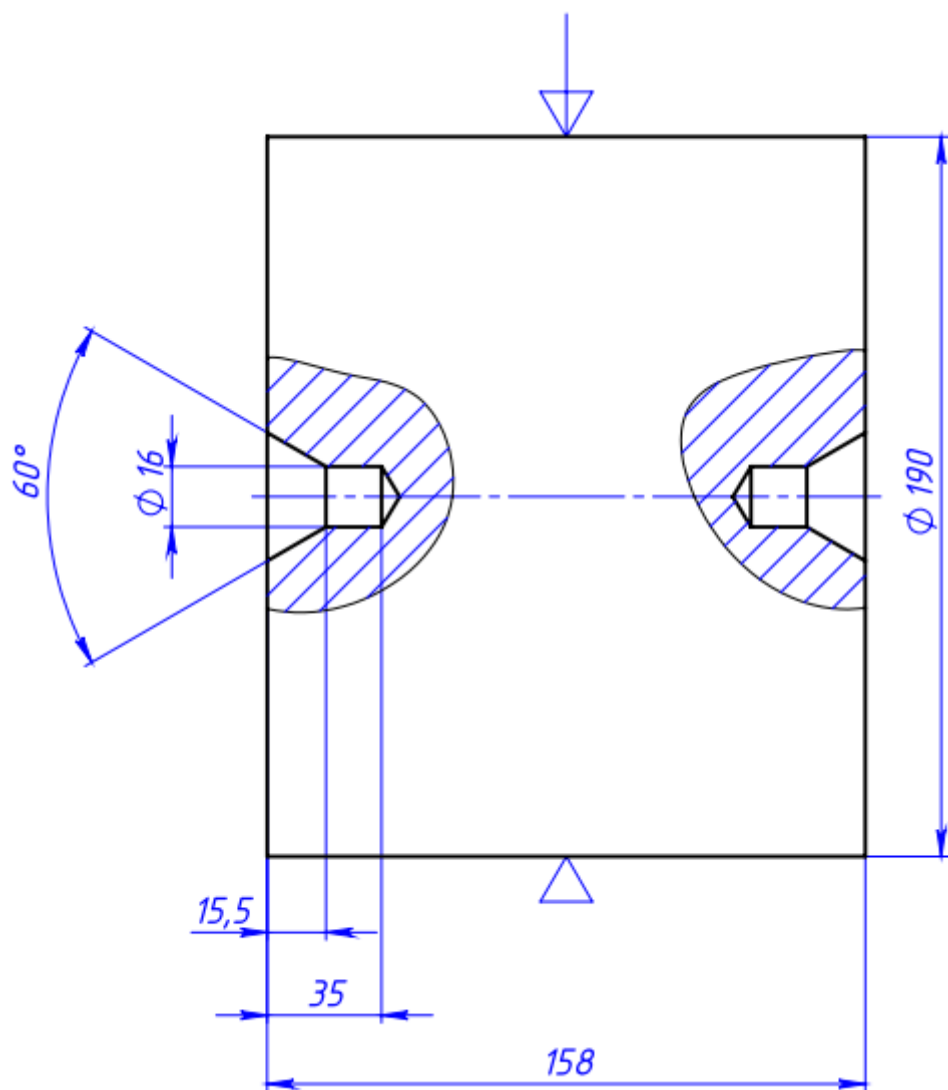


Рис. 6.2

Операція 015 – Токарна

Обладнання – верстат 16K20

Різальний інструмент:

Різець токарний прохідний 2100-0029 T15K6 ГОСТ 18878-73;

Різець фасонний призматичний;

Свердло 2301-0457 ГОСТ 2092-77;

Свердло 2301-0476 ГОСТ 2092-77;

Різець 2141-0029 BK8 ГОСТ 18883-73;

Різець 2141-0031 BK8 ГОСТ 18883-73.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МА-01МП.01.00.00 ПЗ

Лист

86

Встановити, закріпити див. рис.6.3.

1. Точити поверхню $\varnothing 190$ мм довжиною 158мм;
2. Точити конусну поверхню під кутом 10° .

Зняти, повернути, вставити, закріпити (Рис.6.4)

3. Точити начерно поверхню з $\varnothing 190$ до $\varnothing 106$ мм довжиною 110 мм.
4. Точити начисто поверхню $\varnothing 94d9$ L110 мм, одночасно знявши фаску $12 \times 45^\circ$.

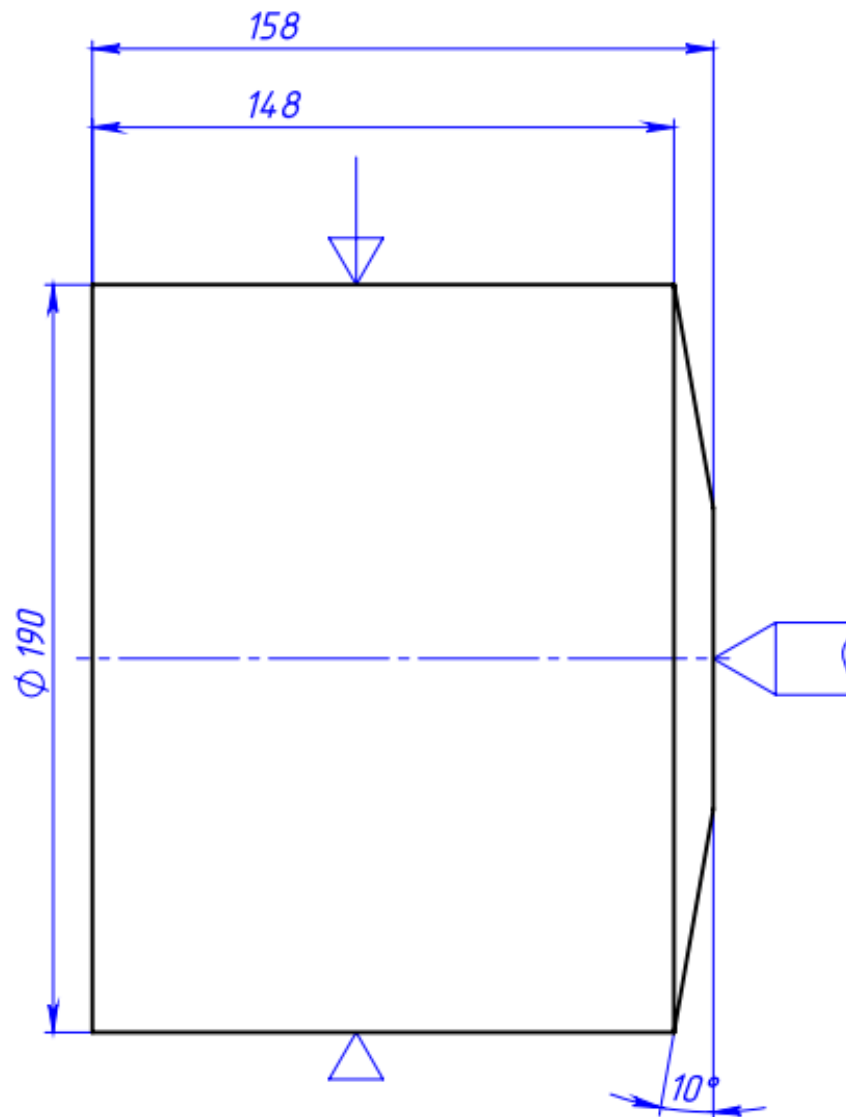


Рис. 6.3

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МА-01МП.01.00.00 ПЗ

Лист

87

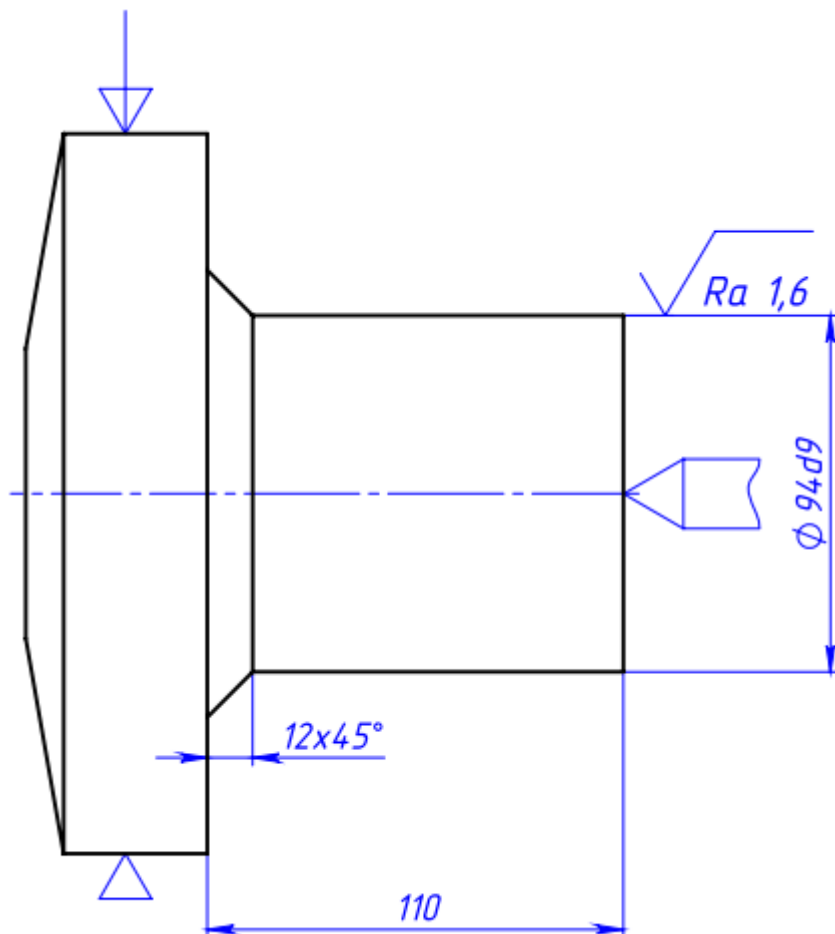


Рис. 6.4

5. Свердлиți отвір Ø25 мм наскрізь глибиною L 158 мм.
6. Розсвердлиți отвір до Ø30 мм наскрізь.
7. Розточити отвір під нарізь до Ø59,85 мм L 158 мм.
8. Зняти фаску в отворі 4x45°.
9. Нарізати різьбу M64x4 L 158 мм.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МА-01МП.01.00.00 ПЗ

Лист

88

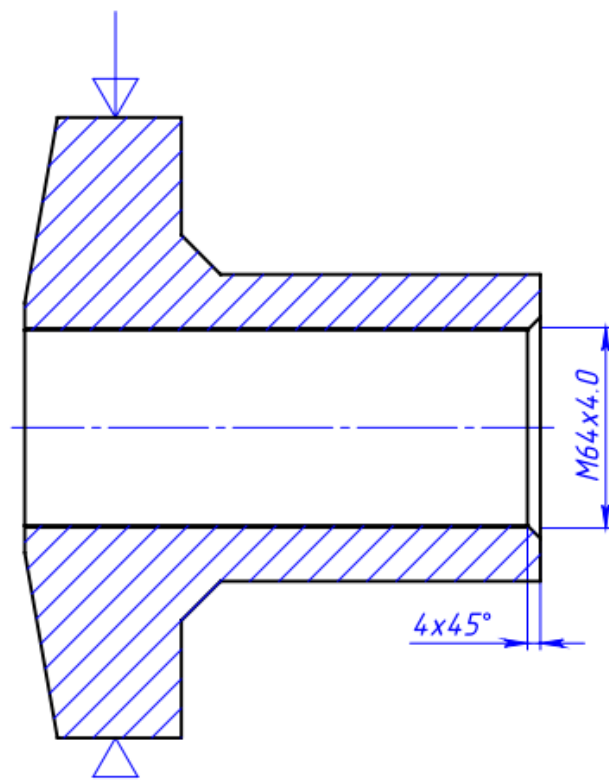


Рис. 6.5

Зняти, повернути, встановити, закріпити.

10.Зняти фаску в отворі 4x45°.

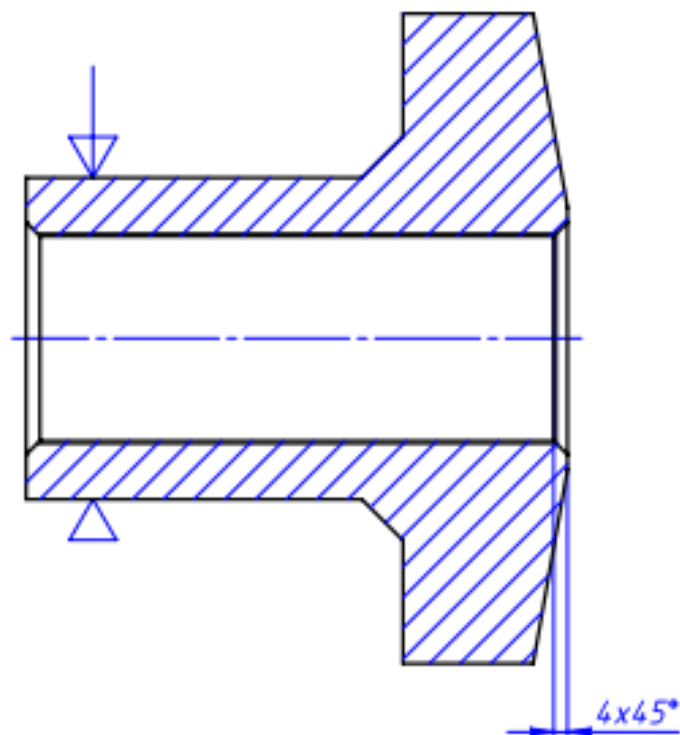


Рис. 6.6

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МА-01МП.01.00.00 ПЗ

Лист

89

Операція 020 – Свердлильна

Обладнання:

Верстат вертикально-свердлильний універсальний одношпиндельний 2Н125;

Свердло 2301-3126 ГОСТ 10903-77

Вставити, закріпити.

11. Нанести розмітку, кернити.

12. Свердлити наскрізь 6 отв. $\varnothing 10,5$ по чергово.

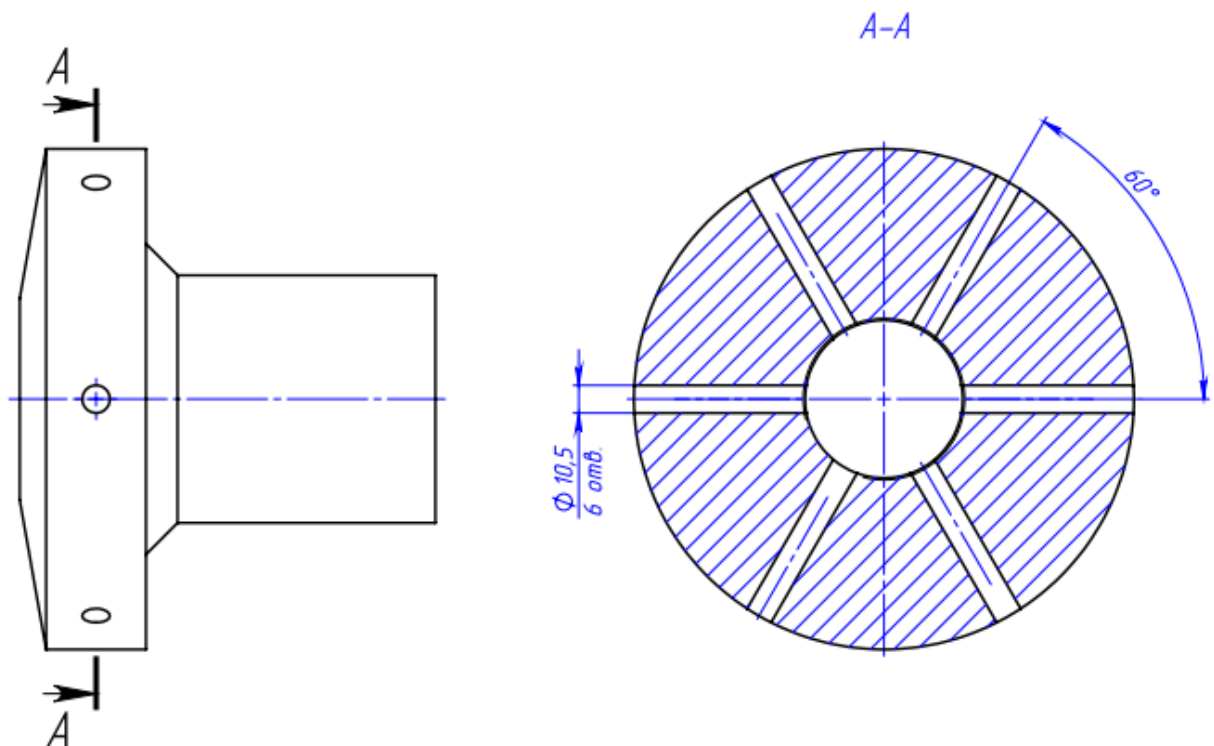


Рис. 6.7

Операція 025 – Слюсарна

Обладнання: Стіл слюсарний, набір напилків.

13. Зняти задирки

Операція 030 – контрольна

Обладнання – стіл контролера, штангенциркуль, різьбова пробка, шаблон розмітки отворів.

14. Перевірка усіх розмірів.

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		90

РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Метою розділу є проведення маркетингового аналізу стартап проекту задля визначення можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження. Проведення маркетингового аналізу передбачає виконання нижче наведених кроків.

7.1 ОПИС ІДЕЇ ПРОЕКТУ

У табл. 7.1 надано інформацію про зміст ідеї, можливі напрямки застосування, основні вигоди, що може отримати користувач товару.

Табл. 7.1

Опис ідеї стартап - проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка компактного пристрою для осьової витяжки рознімних з'єднань відповідальних кріплень	Важке машинобудування, енергетична промисловість (ТЕС, АЕС, ГЕС, тощо), трубопроводи	Прецизійна точність, відхід від явища людського фактору. Можливість рівномірної затяжки відразу декількох кріплень

В таблиці 7.2 наведено перелік техніко-економічних переваг ідеї, порівняно із пропозиціями конкурентів.

Табл. 7.2

Визначення характеристик ідеї проекту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	ООО "НПП Постача"	ТОВ «Technoforce»			
1	Можливість використання насосних станцій	Так	Ні	Ні			+

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
						91
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

	невисокого тиску						
2	Можливість використання комплексно декількох пристроїв	Так	Так	Ні			+
3	Діаметр пристрою домкрат тензорний	250мм	215мм	250мм		+	

Визначений перелік сильних та слабких сторін продукту дозволяє зробити висновок, що даний продукт може бути конкурентоспроможним. На підставі аналізу, наведеного в табл. 7.2 може бути визначено сегмент ринку, зацікавлений в реалізації продукту по моєму проекту.

7.2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ ІДЕЇ ПРОЕКТУ

В даному підрозділі необхідно визначити наявні інструменти та можливості, які може бути використано під час реалізації проекту гідроприводу тензорного домкрату із мультиплікацією тиску

Табл. 7.3

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Можливість досягнення тиску в 200МПа	Наявна	Так
2	Генерація зусилля видовження в 160тс	Наявна	Так

Виходячи із даних табл. 7.3 про технологічну здійсненність основних ідей проекту, можна засвідчити, що інструменти, необхідні для реалізації проекту, наявні.

7.3 АНАЛІЗ РИНКОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАПУСКУ СТАРТАП – ПРОЕКТУ

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Таблиця 7.4

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3+
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	невідомо
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стабільна
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Необхідність технологічного обладнання для налагодження виробництва
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Робота під надвисоким тиском
6	Середня норма рентабельності ARR в галузі (або по ринку), %	Достеменно невідомо. (понад 10%)

За даними таблиці 7.4 можна оцінити привабливість для входження на ринок. Оскільки пристрій для специфічних потреб, інформації щодо обсягу продажів у вільному доступі немає, втім на ринку присутній попит на якісне, прецензійне обладнання.

Таблиця 7.5

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
--------------------------	--	---	-----------------------------

Контрольова не навантаженн я кріпильних виробів	Підприємства важкого машинобудува ння, енергетика	1. Пріоритет можливістю використання комплексі 2. Пріоритет одиничним використанням 3. Пріоритет простотою експлуатації	за в за за	- Ціна; - Простота експлуатації; - Простота інтеграції інструментарій підприємства; - Надійність
---	--	--	---------------------	---

До таблиць 7.6 та 7.7 внесено список факторів загроз та факторів можливостей у порядку зменшення значуваності.

Таблиця 7.6

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Використання замовником насосної станції, параметри якої не задовольняють параметрам іншого обладнання	Розробка та виготовлення мультиплікатора тиску під параметри наявної насосної станції можуть бути недоцільними. В такому випадку постає необхідність додаткових витрат на мультиплікатор тиску, або насосну станцію	Є ризик, що компанія-замовник звернеться до конкурентів та купить обладнання із гіршими характеристиками, але по меншій ціні
2	Затягування строків виготовлення	Оскільки гідросистема для осьової витяжки кріпильних виробів є нішевим інструментом, то виробництво	Вірогідність актів рекламації, зменшення прибутку внаслідок виплати пені, негативні відгуки про якість надання послуг.

		дрібносерійне, із оглядом на потребу замовника.	
--	--	---	--

Таблиця 7.7

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Використання мультиплікації тиску	Значне розширення ринку потенційних експлуатантів	Значний інтерес від компаній, що вже мають розвинену гідросистему на виробництві
2	Можливість використання інструменту для декількох розмірів нарізі	Можливість продажу інструменту відразу із набором тігнутих стаканів різного калібру, що значно розширює спектр сценаріїв застосування	- Збільшення інтересу нових клієнтів до інструменту нашого виробництва. - Інтерес клієнтів, що вже придбали наш інструмент до купівлі додаткового обладнання, що розширює можливості тензорного домкрату.

Проведемо аналіз пропозицій по загальним рисам конкуренції на ринку:

Таблиця 7.8

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Монополістична	У разі монополістичної конкуренції легко заснувати нову фірму або залишити ринок. Нові продавці часто відчують труднощі з новими	Повернення до існуючого модельного ряду

	для покупців торговельними марками і послугами.	
2. Національний	Національна конкуренція сприяє переливанню капіталів і товарів між різними регіонами держави, забезпечує збалансований розвиток національного ринку	Відсутність потреби в міжнародному ліцензуванні
3. Міжгалузева	Наслідком міжгалузевої конкуренції є впровадження досягнень науки і техніки, зниження витрат виробництва, підвищення якості продукції	Можливість укладання договорів з підприємствами, які виробляють матеріали гідроудару
4. Новаторська	Унікальність послуги	Бажання користувача зменшити витрати
5. Нецінова	Проводиться шляхом вдосконалення якості продукції	Бажання користувача зменшити собівартість продукції
6. Не марочна	ситуація на ринку, де компанія не розглядає як своїх конкурентів компанії, що пропонують подібний продукт тим же цільовим покупцям	Необхідність створення репутації

Проведемо уточнюючий аналіз умов конкуренції в галузі:

Таблиця 7.9

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Оскільки продукт профільний, прямих конкурентів обмаль	Складністю входу на ринок є довгострокові випробування з подальшим визначенням терміну безвідмовної роботи	Умови на ринку диктують ціни на мастильні та витратні матеріали	Надається гарантії на роботу приладу та сертифікація	Прямих замінників не існує. На ринку присутні товари із набором якостей, відмінних нашим.

Висновки:	Інтенсивної конкурентної боротьби не спостерігається	Можливість входу на ринок є.	Постачальники диктують умови на ринку за рахунок якості та зниження витрат на розхідники	Клієнти диктують умови на ринку через високу ціну продукції	Фірми конкуренти не можуть запропонувати дешевші прилади
-----------	--	------------------------------	--	---	--

На основі аналізу факторів конкуренції, позначеного в табл. 7.9, а також із огляду на характеристики ідей проекту, що наведено в таблиці 7.2, вимог потенційних експлуатантів до товару (табл. 7.5) і факторів конкурентоспроможності, сформулюємо окрему таблицю для обґрунтування факторів конкурентоспроможності:

Таблиця 7.10

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Унікальність позиціонування	В умовах монополістичної конкуренції, коли фактор диференціації ТМ є ключовим засобом ведення конкурентної боротьби, важливим є створення та підтримання унікального позиціонування, що створює певний захист від конкурентних зіткнень
2	Ціна	Оскільки продукція використовується в специфічній сфері, ціна грає важливу, але не вирішальну роль у виборі клієнта
3	Репутація виробника	Новий тип пристрою має завоювати довіру. Але якщо на початковому етапі розвитку, ця довіра буде завойована, буде сенс розраховувати на фактор «сарафанного радіо»

4	Маркетинговий бюджет	Важливим є фактор «першого враження», а також напрям реклами строго на цільових клієнтів. Це дасть змогу не розпиляти рекламний бюджет та підвищить CTR реклами.
---	----------------------	--

Підсумуємо в єдину зводну таблицю сильних та слабких сторін проекту:

Таблиця 7.11

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг послуг-конкурентів у порівнянні з даним проектом						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Унікальність позиціонування		У	Х					
2	Ціна				У		Х		
3	Репутація виробника					У	Х		
4	Маркетинговий бюджет					Х, У			

Х- ООО "НПП Постача"

У- ТОВ «Technoforce»

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін. Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення [14]

Таблиця 7.12

SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: 1. Простота техпроцесу виготовлення; 2. Широкий спектр потенційних клієнтів, порівняно із конкурентами;	Слабкі сторони: 1. Потенційні проблеми із надійністю по причині збільшеної к-ті деталей; 2. Нішевий продукт (не для всіх);
Можливості:	Загрози:

1. Конкурентна ціна, незважаючи на ускладнену конструкцію;	1. Збільшення ціни витратних матеріалів на світовому ринку;
2. Можливість збільшення обсягів фінансових надходжень.	2. Техпроцес виготовлення пристроїв конкуруючими компаніями налагоджено. Це може дати їм змогу демпінгувати ціни;

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 7.9, аналіз потенційних конкурентів).

Проаналізуємо альтернативи з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів:

Таблиця 7.13.

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Презентація товару кожному ймовірному покупцеві як при зустрічі так і на виставках	Збільшує шанс продати пристрій але потребує додаткових витрат	1 рік
2	Впровадження особливого підходу та консультування кожного клієнта	Можливість залучення нових споживачів. Потребує значних капіталовкладень на розробку та виведення на ринок	1,5 рік
3	Збільшення реклами в інших регіонах (розвиток ринку)	Можливість розширення охоплення цільової аудиторії. Потребує значних капіталовкладень на створення додаткових філій в регіонах	5 років

Враховуючи ймовірність отримання ресурсів та найкоротші строки реалізації, обрано першу альтернативу.

7.4 РОЗРОБКА РИНКОВОЇ СТРАТЕГІЇ ПРОЕКТУ

Розробка ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 7.14

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Підприємства важкої промисловості	+	високий	середня	середня
Цільовою групою обрано компанії, що працюють із кріпильними виробами великих розмірів.					

За результатами аналізу потенційної групи споживачів (сегментів) визначена стратегія охоплення ринку: компанія працює із всім ринком, пропонуючи стандартизовану програму (включно із характеристиками послуги), значить використовується диференційований маркетинг.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувані базову стратегію розвитку (табл. 7.15).

Таблиця 7.15

Визначення базової стратегії розвитку

№	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Розвиток ринку	Диференційований маркетинг	Унікальність пропозиції створює успішну основу для входу на ринок	Стратегія лідерства по витратах

2	Розвиток товару	Концентрований маркетинг	Відмінні характеристики надання послуг завойовують клієнтів	Стратегія диференціації
3	Більш глибоке проникнення на ринок	Концентрований маркетинг	Задоволення потреб вибраного цільового сегменту	Стратегія спеціалізації

На основі таблиці 7.15 обрана базова стратегія розвитку - стратегія диференціації.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 7.16).

Таблиця 7.16

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики надання послуг конкурента?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Так	Так	Ні	Стратегія лідера
2	Ні	Так	Ні	Стратегія виклику лідера
3	Ні	Ні	Так	Стратегія наслідування лідеру

На основі таблиці 7.16 стратегія конкурентної поведінки - стратегія лідера.

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. табл. 7.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 7.15) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 7.16) розробляється стратегія позиціонування (табл. 7.17), що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект [16].

Визначення стратегії позиціонування

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Доступна ціна	Стратегія лідерства по витратах	Використання методу ціноутворення на основі аналізу беззбитковості	Доступність, унікальність, якість
2	Відмінні властивості послуг	Стратегія диференціації	Посилити використання таких конкурентних переваг як унікальне позиціонування та рівень диференціації	Відмінність, незамінність, новації
3	Задоволення конкретних потреб	Стратегія спеціалізації	Стимулювати до придбання обладнання нових клієнтів	Індивідуальність, локальність, низька ринкова доля

На основі таблиці 7.17, стратегією позиціонування проекту гідросистеми тензорного домкрату є варіант №3. Сфера реалізації нашого продукту є досить профільною, а доля ринку є низькою.

7.5 РОЗРОБКА МАРКЕТИНГОВОЇ ПРОГРАМИ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Першим кроком є формування маркетингової концепції послуги, яку отримає замовник. Для цього у табл.7.18 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності послуги [16].

Таблиця 7.18

Визначення ключових переваг концепції потенційної послуги

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує послуга	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі
-------	---------	------------------------------	--

			або такі, що потрібно створити)
1	Реалізація рознімного кріплення із мінімальною похибкою	Мінімізація проблеми «людського фактору»	Компанія-клієнт, що використовує наш інструмент, мінімізує власні ризики.
2	Інтеграція в наявну гідросистему	Модульна структура виробництва	Мінімізація витрат компанії-клієнта при модернізації виробництва

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель послуги: уточняється ідея послуги, її фізичні складові, особливості процесу їхнього надання (табл. 7.19).

Таблиця 7.19

Опис трьох рівнів моделі послуги

Рівні товару	Сутність та складові
I. Послуга за задумом	- Зниження затрат на акти рекламації - Реалізація кріплень високого ступеня точності - Оптимізація штату працівників
II. Послуга у реальному виконанні	Властивості/характеристики
	1. Реалізація кріплень до М64х4 2. 1 оператор може одночасно задіяти декілька домкратів
	Якість: стандарт ДСТУ 3809-98 Компресори, Сертифікат безпеки за ДСТУ EN ISO 12100:2014 Безпечність машин.
	Пакування: перед реалізацією
	Компанія: Концерн «“ ООО НПП ПОСТАЧА ”»
III. Послуга підкріпленням	До замовлення станції: Для стимулювання попиту діють спеціальні пропозиції, які дозволяють здійснити сертифікацію зі знижкою. Також інформацію про послугу споживач може отримати з інформаційних проспектів, реклами на тематичних веб-сторінках тощо.

	Після продажі станції: діють пропозиції щодо надання знижок на додаткові інструменти при повторному зверненні до компанії.
--	--

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційну послугу (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на послуги, а також аналіз рівня доходів цільової групи замовників (табл. 7.20). Аналіз проводиться експертним методом [16].

Таблиця 7.20

Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на послуги-замінники	Рівень цін на послуги-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
\$2000-\$10000	Важко сформулювати	Достатній	\$2000-\$8000

Наступним кроком є визначення оптимальної системи надання послуги, в межах якого приймається рішення (табл. 7.21) [16]:

- проводити надання послуги власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система надання послуг);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу надання послуги;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 7.21

Формування системи збуту

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Характерно для наукомістких галузей зі специфічною і (або) дорогою послугою, яка може бути замовлена обмеженим числом	Просування на ринок подібної послуги в рамках даної системи не вимагає будь-якої широкої реклами. Швидше	Канал нульового рівня	Канал складається з фірми, яка надає свої послуги безпосередньо клієнтам(через

споживачів, які потребують специфічного дослідження не типових приладів	потрібно одного разу з'ясувати, хто з потенційних клієнтів інновацій має в них потребу і яка поточна платоспроможність даного клієнта.		відділ пропозицій)
---	--	--	--------------------

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 7.22).

Таблиця 7.22

Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Галузі важкої промисловості і специфічними і (або) недостають якісним обладнанням	Включають в себе пряму розсилку, замовлення по друкованим каталогам і online-консультація	Конкурентне позиціонування, яке базується на демонстрації переваг обладнання, наприкладі вирішення конкретної задачі конкретного клієнта	Повідомити потенційного споживача про можливість реалізації розніжного з'єднання високої якості за допомогою нашого інструменту	Головними елементами структури реклами є висвітлення проблеми клієнта і пропозиція щодо її вирішення.

7.6 ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

1. Шляхом проведення аналізу ринкової комерціалізації проекту було виявлено, що технологічна реалізація проекту можлива, визначені його сильні

та слабкі сторони, конкурентні позиції на ринку профільного обладнання для реалізації кріплень рознімних з'єднань.

2. На підставі дослідження ринку, доцільним є ствердження що ринок є досить привабливим для входження, при умові якісної реалізації ідеї проекту. З огляду на потенційні групи клієнтів, при умові правильної маркетингової стратегії, проект можна вважати перспективним для реалізації.

3. Аналіз сильних та слабких сторін продукту на фоні конкурентів дав змогу переосмислити стратегію входу на ринок. В рекламній кампанії основний акцент треба робити на якості надання послуги.

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
						106
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ВИСНОВОК

Під час роботи над проектом, відповідно до технічного завдання, було розглянуто основні методи забезпечення рознімного з'єднання методом осьової витяжки. Як інструмент для реалізації поставлених задач було запропоновано розробити гідросистему тензорного домкрату, в яку інтегровано гідравлічний мультиплікатор з метою підвищення робочого тиску. В результаті огляду типових конструкцій мультиплікаторів, пропонується використовувати мультиплікатор тиску неперервної дії із двома робочими порожнинами.

Проведено комплексний розрахунок гідросистеми, який включає в себе розрахунок геометричних параметрів тензорного домкрату, розрахунок перерізу трубопроводу, підбір робочої рідини, розрахунок гідравлічних втрат, а також попередній розрахунок гідравлічного мультиплікатора тиску.

Спроектовано конструкцію тензорного домкрату, результати розрахунків геометричних параметрів перевірено статичним аналізом МКЕ в CAE SolidWorks. Статичний аналіз методом кінцевих елементів дав змогу оптимізувати конструкцію, підвищивши коефіцієнт запасу міцності при одночасному зменшенні ваги пристрою.

Побудовано динамічну модель мультиплікатора тиску в середовищі Matlab Simulink з метою досліджень реакції гідросистеми на зміну вхідних даних. На базі моделі проведено уточнюючий розрахунок параметрів мультиплікатора тиску. В результаті розрахунку вдалось значно зменшити розміри модуля мультиплікації за рахунок підвищення робочої частоти. Робоча частота пристрою узгоджується із ТТХ керуючого розподільника.

Аналіз впливу нерозчиненого повітря в рідині дав змогу спрогнозувати час виходу гідросистеми на номінальний тиск для свіжої та зношеної рідини, а також сформулювати рекомендації щодо доцільності використання гідросистеми при різній концентрації повітря в рідині.

Дослід впливу падіння тиску живлення на ефективність роботи мультиплікатора показав, що гідросистему доцільно використовувати при значеннях тиску від 10 до 12 МПа. Тиск в 8 МПа незначною мірою впливає на

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		107

час досягнення гідросистемою номінального тиску. Втім значення тиску живлення в 6 МПа є таким, при якому мультиплікатор не виходить на робочий режим, а гідросистема перестає виконувати свою функцію.

В окремому розділі дисертації проведено аналіз робочого місця інженера-конструктора з точки зору охорони праці. Відповідно до актуальних нормативів, проведено аналіз приміщення, розраховано освітлення, сформульовано рекомендації щодо забезпечення оптимальних значень параметрів мікроклімату, електробезпеки, а також пожежної безпеки.

Для деталі тензорного домкрату «Стакан тягнучий» розроблено технологічний процес виготовлення на базі універсальних верстатів та стандартних ріжучих інструментів.

В окремому розділі – Розробка стартап-проекту досліджено можливості впровадження проекту на комерційній основі. Проведено технічний аудит, проаналізовано ринкові можливості, включаючи аналіз продукції конкурентів, запропоновано стратегію розвитку проекту, а також створено маркетингову програму на короткостроковий період.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ресурс Вікіпедія. https://uk.wikipedia.org/wiki/Різьбове_з'єднання
(дата звернення 13.10.2021)
2. Дроздов М.В., ООО «Инженерный Союз». Предварительная затяжка шпилек для фланцевых соединений. Дата публикации: 8 февраля 2011.
3. Ресурс <http://www.hydro-pnevmo.ru/topic.php?ID=210> (Дата звернення 16.10.2021)
4. Ресурс <https://riverlakeco.com/ru/8-steps-you-should-follow-to-manufacturer-a-high-quality-hydraulic-cylinder/> (Дата звернення 18.10.2021р.)
5. Финкельштейн З. Л. Расчёт, проектирование и эксплуатация объёмного гидропривода : учеб. пособие / З. Л. Финкельштейн, О. М. Яхно, В. Г. Чебан, З. Я. Лурье, И. А. Чекмасова; Нац. техн. ун-т Украины "КПИ". - К., 2006. - 216 с. - рус.
6. <https://k2group.com.ua/product/avista-hydr-hvlpd-32-gidravlichesкое-maslo-208-l/> Дата звернення 31.10.2021р.
7. Федорець О.О., Саленко О.Ф. Гідравліка, гідро- та пневмопривод: підручник для студ. вищ. навч. закл. / за ред. О.О. Федорця, О.Ф. Саленка. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ : Знання, 2009. – 502 с
8. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. Гидравлика, «Гидромашины и гидроприводы»
9. Ресурс Вікіпедія <https://uk.wikipedia.org/wiki/Simulink> Дата звернення 02.11.2021р
10. <https://hydro-maximum.com.ua/a321352-udalenie-vozdusha-vody.html> Дата звернення 09.11.2021
11. <https://www.addinol.ua/ru/produkcija/gidravlicheskie-zhidkosti/> Дата звернення 09.11.2021
12. https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_скінченних_елементів Дата звернення 20.11.2021
13. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99

14. Аналіз ринкових можливостей і потенціалу інноваційного розвитку організації на базі екологічних інновацій, УДК 330.341:504. Ілляшенко С.М.
15. Державна служба інтелектуальної власності України, «Імпульсний мультиплікатор тиску», UA99498U від 10.06.2015

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
						110
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток 1. Специфікація обраного мастила HYD HVLPD 32, надана виробником AVISTA

AVISTA
Advanced lubricants made in Germany.

HYD

20.08.2021

AVISTA HYD HVLPD 32

Гидравлическое масло AVISTA HYD HVLPD 32 производится с применением базовых масел на основе парафина и новейших высокотехнологичных присадок. Эффективные цинксоодержащие ингредиенты обеспечивают оптимальное смазывание и долговременную защиту от старения. Продукт может быть очищен в процессе тончайшей фильтрации без потери каких-либо активных ингредиентов. Высокая устойчивость к сдвигу обеспечивает постоянную оптимальную вязкость как при низких, так и при высоких рабочих температурах.

Благодаря наличию моющих (детергирующих и диспергирующих) присадок продукт характеризуется оптимальной способностью препятствовать образованию отложений. Особенно подходит для централизованных гидравлических систем.

ПРИМЕНЕНИЕ

- Стационарное и мобильное применение в гидравлических системах
- Может также использоваться в системах насосов и прессов
- Использование в металлообрабатывающих станках

ОСОБЕННОСТИ

- Длительная защита от старения
- VI выше среднего

СПЕЦИФИКАЦИИ

- DIN 51524-3 (без деэмульгирующих свойств)

Типовые характеристики

(Указанные данные являются типовыми.)

Параметр	Система расчета	Единица	
Плотность при 15 °C	DIN EN ISO 12185	г/см³	0,858
Кин. вязкость при 40 °C	ASTM D7279	мм²/с	31,7
Кин. вязкость при 100 °C	ASTM D7279	мм²/с	6,3
Индекс вязкости	ASTM D2270		152
Точка вспышки COC	DIN ISO 2592	°C	210
Температура застывания	ASTM D7346	°C	-39
FZG-Тест A8,3/90	DIN ISO 14635-1		SKS: 12

Чтобы наши клиенты могли использовать возможности последних технологических достижений, мы сохраняем за собой право изменять общие характеристики наших продуктов.

фасовка

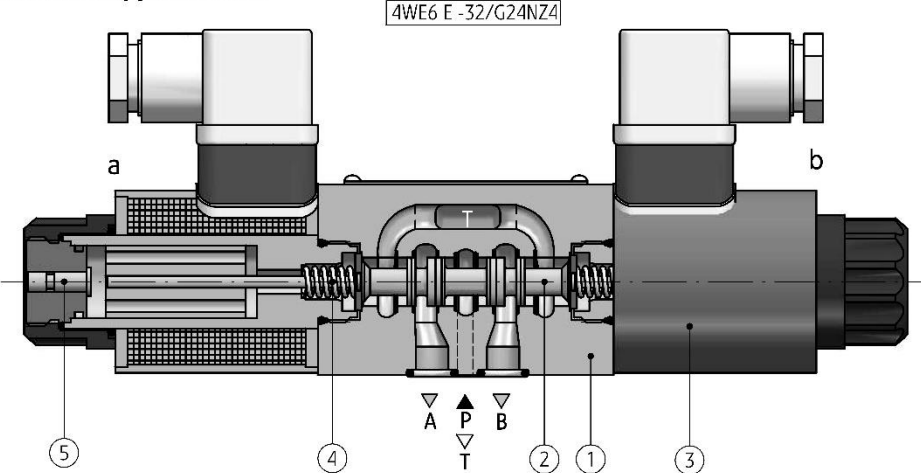
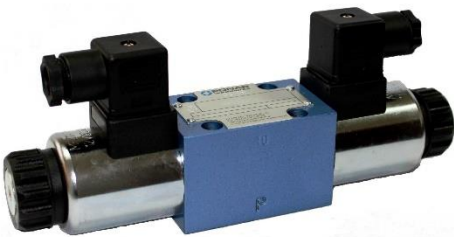
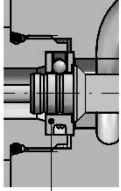
налив	965 л	208 л	60 л	20 л	4x5 л	4x4 л	12x1 л
•	•	•	•	•	-	-	-

AVISTA OIL Deutschland GmbH
Bahnhofstraße 82, 31311 Uetze, Germany
Tel. +49 5177 85-0

www.avista-lubes.de

					МА-01МП.01.00.00 ПЗ	Лист
						111
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Додаток 2. Технічна документація до розподільника золотникового з гідравлічним керуванням типу WE6 TM PONAR

	Распределитель золотниковый с электрическим управлением тип WE6 серия 32			WK 420 970
	ДУ 6	до 35 МПа	до 80 дм³/мин	01.2013
КАТАЛОГ - ИНСТРУКЦИЯ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ				
ПРИМЕНЕНИЕ Золотниковые распределители управляемые электрически WE6... предназначены для управления направлением рабочей жидкости в гидравлической системе с возможностью изменения направления движения приемника чаще всего поршня цилиндра, либо мотора гидравлического, а также реализации положений: старт (<i>start</i>), стоп (<i>stop</i>). Предназначены для плитового монтажа в произвольном положении в гидравлической системе. Изделие соответствует требованиям директивы 2006/95/WE для напряжений: • 50 - 250 V переменного тока • 75 - 250 V постоянного тока ОПИСАНИЕ ДЕЙСТВИЯ				
 4WE6 E - 32/G24NZ4 				
Главные элементы распределителя тип WE6...: корпус (1), электромагниты (3), управляющий золотник (2), управляющие пружины (4) и аварийные толкатели (5). Переуправление распределителя происходит при передвижении золотника (2) в одно из крайних положений через непосредственно действующий на него электромагнит (3). Возврат к среднему положению (безтоковому) производят управляющие пружины (4). Форма золотника (расстояние управляющих краев) влечет изменение конфигурации соединений между камерами A, B, P и T. Функции каналов P, T, A, B: P - присоединение питания T - слив масла в бак A, B - присоединение приемника В аварийных ситуациях передвижение золотника можно произвести вручную кнопкой (5). В случае предположения такой ситуации распределитель следует монтировать с учетом возможности доступа к распределителю.  WE6...- 32/OF... - только схемы A, C, D распределитель 2-позиционный без возвратных пружин с защелкой. Положение золотника (2) регулируется защелкой (6), а изменение реализуется посредством подачи импульса напряжения на один из двух электромагнитов (3).				

Тип WE6s32

- 1 -

WK 420 970 01.2013

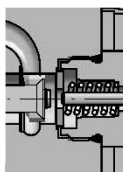
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МА-01МП.01.00.00 ПЗ

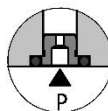
Лист

112

ОПИСАНИЕ ДЕЙСТВИЯ



WE6...-32/O... - только для схем **A, C, D**.
Распределитель 2-позиционный без
возвратных пружин. Положение
золотника устанавливает и
поддерживает включенный
электромагнит. В этой версии нет
безтокового положения, т.к. золотник не
имеет обозначенной позиции.



WE6...-32/B... - распределитель этой версии
имеет дроссельный переходник в канале **P**.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Гидравлическая жидкость	минеральное масло		
Требуемая фильтрация	до 16 мμ		
Рекомендуемая фильтрация	до 10 мμ		
Номинальная вязкость	37 мм²/с при температуре 55°C		
Диапазон вязкости	от 2,8 до 380 мм²/с		
Диапазон температуры жидкости (в баке)	рекомендуемый	40° С до 55° С	
	макс.	-20° С до +70° С	
Темп. диапазон окружающей среды	-20° С до +50° С		
Мах рабочее давление	каналы P, A, B	35 МПа	
	канал T	21 МПа	
Время переуправления	включение	до 60 мс	
	выключение	до 40 мс	
Мах количество переуправлений	15000 упр./ч		
Масса	с одним электромагнитом		макс. 1,5 кг
	с 2-мя электромагнитами		макс. 2,1 кг
Номинальное напряжение пуска электромагнита	DC		AC (разъем с выпрямителем)
	12V	24V	110V 230 V- 50 Гц 220 V- 50 Гц 110 V- 50 Гц
Допуск напряжения пуска	± 10%		
Потребление мощности (постоянный ток)	30 В		
Степень безопасности	IP 65		
Температура катушки электромагнита	макс. 150°C		

ТРЕБОВАНИЯ К МОНТАЖУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

1. Распределитель с электроуправлением следует использовать только в исправном состоянии и правильно подключенный к электрической цепи. Подключение либо отключение к электрической цепи должно быть осуществлено только квалифицированным персоналом.
2. Заземляющее соединение ($\frac{1}{\text{PE}}$) должно быть соединено с охранным проводом ($\text{PE} \frac{1}{\text{PE}}$) в цепи питания, в соответствии с правилами.
3. Воспрещается использование распределителя, если не обеспечено уплотнение и соответствующий зажим кабеля питания в сальнике разъема.
4. Воспрещается эксплуатация распределителя, если вилка не прилегает к гнезду электромагнита и не закреплена винтом упора.
5. Учитывая нагревание катушек электромагнитов, распределители должны быть расположены так, чтобы исключить возможность случайного контакта с ними во время эксплуатации. Либо они должны быть оснащены соответствующими муфтами, соответствующими европейским стандартам PN - EN ISO 13732-1 и PN - EN 982.