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

«На правах рукопису»
УДК __621.22_____

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри ПГМ
_____ Олег ЛЕВЧЕНКО
“___”_____2024 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

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

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Адаптивна система гідроприводу з системою рекуперації _____
_____
_____

Виконав : студент 2 курсу, групи МА-31мп
(шифр групи)

Йовенко Олександр Олександрович _____ _____
(прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., доцент, Муращенко А.М. _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент доц.каф. ТВЛА к.т.н., Борис Р.С _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2024 рік

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

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри ПГМ
_____ Олег ЛЕВЧЕНКО
«___»_____2023 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту(ці)
_____Йовенко Олександр Олександрович_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Адаптивна система гідроприводу з системою рекуперації»
_____
науковий керівник дисертації Муращенко Альона Миколаївна, к.т.н., доцент ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від «7» листопада_ 2024 р. №_№5000-с

2. Термін подання студентом дисертації 6 грудня 2024 року
_____

3. Об'єкт дослідження установка рекуперації енергії для верстатів _____
_____

4. Вихідні дані: Розробка установки для модернізації застарілого обладнання з можливістю рекуперації енергії. Максимальний робочий тиск в системі – 32 МПа, максимальна витрата насоса 200 л/хв._____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Розділ 1. Способи підвищення енергетичної ефективності гідравлічних приводів. Розділ 2. Розробка гідроприводу штампувального преса з системою рекуперації енергії. Розділ 3. Проведення комп'ютерного моделювання роботи гідравлічних схем. Розділ 4. Технологія машинобудування. Розділ 5. Стартап проєкт. Розділ 6. Охорона праці.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: креслень формату А1-5 шт., формату А3-2 шт., формату А4-1 шт. Плакатів формату А1-4 шт.

7. Орієнтовний перелік публікацій

1 тези-доповіді на МНТК «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці»

8. Дата видачі завдання 2 вересня 2024 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Опрацювання літератури з енергетичної ефективності	05.09.2024	
2	Дослідження специфіки роботи пресового обладнання	25.09.2024	
3	Модернізація схеми преса	15.10.2024	
4	Гідравлічні розрахунки	21.10.2024	
5	Аналіз на міцність	26.10.2024	
6	Розробка креслень та деталювання до них	08.11.2024	
7	Технологія машинобудування	23.11.2024	
8	Стартап-проект	26.11.2024	
9	Охорона праці	01.12.2024	

Студент Олександр ЙОВЕНКО

Керівник Альона МУРАЩЕНКО

Пояснювальна записка
до магістерської дисертації

на тему: Адаптивна система гідроприводу з системою рекуперації

Київ – 2024 рік

Анотація

Актуальність підвищення енергетичної ефективності є важливою в сучасному світі з ряду причин. Такі як зменшення споживання ресурсі, зменшення викидів парникових газі, зменшення витрат на енергію, стимулювання інновацій, безпека енергозабезпечення. В цілому, підвищення енергетичної ефективності є ключовим елементом сталого розвитку та енергетичної стратегії, який сприяє різноманіттю користувачів енергії, більш економічному використанню ресурсів та збереженню навколишнього середовища. Преси є важливим елементом обладнання в машинобудуванні та обробній промисловості. Зростаючий попит на виробництво різноманітних машин на технологічне та енергоефективне обладнання. Тому підвищення енергоефективності на виробництві є важливим, і багато компаній шукають шляхи оптимізації енергоспоживання, втому числі за рахунок використання енергоефективних гідравлічних пресів. В роботі присвячено напрям для вирішення проблем шляхом альтернативного підвищення ефективності гідравлічних приводів, впровадити системи рекуперації енергії, підвищити ККД двигунів і ще більше знизити встановлену потужність і енергоспоживання електричних машин. Для визначення ефективності запропонованої гідравлічної системи пресу з акумулюванням, проведено моделювання схеми модуля рекуперації, і отримано результуючі графіки, зокрема зарядки та розрядки гідроакумулятора.

Ключові слова: пресове обладнання, гідравлічні системи, гідроакумулятор, рекуперація, моделювання

Annotation

Abstract: The importance of improving energy efficiency is critical in the modern world for several reasons, such as reducing resource consumption, minimizing greenhouse gas emissions, cutting energy costs, stimulating innovation, and ensuring energy security. Overall, increasing energy efficiency is a key component of sustainable development and energy strategy, promoting diverse energy use, more economical resource utilization, and environmental preservation. Presses are vital equipment in mechanical engineering and manufacturing industries. The growing demand for the production of various machines drives the need for technological and energy-efficient equipment. Improving energy efficiency in production is crucial, and many companies are seeking ways to optimize energy consumption, including through the use of energy-efficient hydraulic presses. This work is dedicated to addressing these challenges by proposing alternative solutions to enhance the efficiency of hydraulic drives, implementing energy recovery systems, improving engine efficiency, and further reducing installed power and energy consumption of electric machines. To evaluate the efficiency of the proposed hydraulic system with energy storage, the work includes the modeling of the energy recovery module. Resulting graphs, including those of hydraulic accumulator charging and discharging, are presented.

Keywords: press equipment, hydraulic systems, hydraulic accumulator, energy recovery, modeling.

Зміст

ВСТУП 9
1.1. Актуальність підвищення енергетичної ефективності 10
1.1.1 Проблеми та розвиток технологій 11
1.1.2. Огляд робочої частини приводу стаціонарних машин 12
1.2. Способи підвищення енергоефективності гідроприводу стаціонарних машин. 15
1.3 Способи рекуперації енергії в системах гідроприводу. 26
1.3.1 Підвищення енергетичної ефективності гідроприводу за допомогою гідроакумулятора(плюси використання). 28
1.3.2 Приклади машин на яких можна застосувати систему рекуперації 29
Мета та задачі досліджень 31
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ГІДРОПРИВОДУ ШТАМПУВАЛЬНОГО ПРЕСА З СИСТЕМОЮ РЕКУПЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ 32
2.1. Основні параметри пресу 32
2.2. Модернізація гідравлічної схеми пресу додавання установки рекуперації 35
2.2.1 Вибір розмірів трубопроводів 37
2.2.2 Визначення втрат тиску на гідравлічне тертя 38
2.2.3 Визначення втрат у гідроапаратах 41
2.2.4 Розрахунок об’єму гідроакумулятора 44
2.3 Розрахунок на міцність гідроакумулятора 48
Висновки до розділу 2 55
РОЗДІЛ 3. ПРОВЕДЕННЯ КОМПЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ГІДРАВЛІЧНИХ СХЕМ. 56
3.1 Підбір гідравлічних компонентів для проведення моделювання. 56
3.2 Побудова математичних моделей схем у застосунку Simulink програми Matlab. 58
Висновки до розділу 3 70
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ. 71
1.1. Завдання на розробку технологічного процесу 71
1.2 Розробка маршрутного технологічного процесу 71
Висновки до розділу 4 78
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СТАРТАП – ПРОЄКТУ 79

5.1. Опис ідеї проекту 80
5.2. Технологічний аудит установки для рекуперації проекту 81
5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту 81
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту 86
5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту 89
Висновки до розділу 5 92
РОЗДІЛ 6.ОХОРОНА ПРАЦІ 93
6.1 Характеристика робочого місця 93
6.2 Мікрокліматичні умови 94
6.3 Освітлення 96
6.4 Пожежна безпека 98
6.5 Електробезпека 99
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 100
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 101

ВСТУП

Зараз у світі розвивається тенденція розвинення енергоефективного обладнання. Для розробки енергоефективних механізмів у сфері гідравліки потрібно звертати увагу на їх конструкцію сферу застосування та тип робочої рідини. Більшість з стаціонарних гідравлічних систем працюють за певним циклічним режимом, тому для них можливо використовувати гідроакумулятор для економії енергії налаштовуючи його під певний цикл роботи.

Принцип роботи гідроакумулятора полягає у тому щоб накопичувати частину потенціальної енергії робочого органу у вигляді рідини під високим тиском у спеціальному резервуарі, а потім направляти цю енергію для роботи інших приводів системи або направляти її через насос для роботи цього самого робочого органу. Це призведе до зниження споживання електричної енергії установкою а це своєю чергою вплини на викиди шкідливих газів і навколишнє середовище.

При розробці систем з рекуперацією потрібно чітко розуміти роботу системи для якої вона призначається для того щоб чітко підібрати розміри акумулятора та систему керування даним елементом системи для досягнення найбільшого ККД системи.

У подальшій роботі будуть розглянуті рішення які використовуються вже зараз для забезпечення енергоефективності гідравлічних машин а також розроблена установка рекуперації енергій для можливості модернізації вже існуючих механізмів.

РОЗДІЛ 1. СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРАВЛІЧНИХ ПРИВОДІВ

1.1. Актуальність підвищення енергетичної ефективності

Розглядаючи різні проблеми екології та енергоефективності я виясним що найбільш актуальним зараз є підвищення енергетичної ефективності що є важливим в сучасному світі з ряду причин а саме:

1. Зменшення споживання ресурсів:

   Підвищення енергетичної ефективності дозволяє зменшити загальне споживання енергії, що є важливим для збереження природних ресурсів, таких як вугілля, газ, нафта та інші.

2. Зменшення викидів парникових газів:

   Ефективніше використання енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин, що сприяє боротьбі з зміною клімату та покращенню якості повітря.

3. Зменшення витрат на енергію:

   Підвищення ефективності дозволяє підприємствам та споживачам зменшити витрати на енергію, що може призвести до зниження виробничих витрат та покращення конкурентоспроможності.

4. Стимулювання інновацій:

   Пошук енергоефективних технологій та практик сприяє розвитку інновацій та новітніх рішень у сфері енергетики та технологій.

5. Безпека енергозабезпечення:

Підвищення енергетичної ефективності допомагає зменшити залежність від імпортованої енергії та забезпечує більш стабільне та надійне енергозабезпечення.

Загалом оцінивши дані фактори можна сказати що підвищення енергетичної ефективності є ключовим елементом сталого розвитку та енергетичної стратегії, який сприяє різноманіттю користувачів енергії, більш економічному використанню ресурсів та збереженню навколишнього середовища.

Преси є важливим елементом обладнання в машино будуванні та обробній промисловості. Зростаючий попит на виробництво різноманітних машин та на технологічне та енергоефективне обладнання. Тому підвищення енергоефективності на виробництві є важливим, і багато компаній шукають шляхи оптимізації енерго-споживання, втому числі за рахунок використання енергоефектифних гідравлічних пресів.

1.1.1 Проблеми та розвиток технологій

На сьогоднішній день проведено багато досліджень, спрямованих на підвищення енергоефективності гідравлічних машин. Однак це завдання є непростим далі виділено найбільш складну проблему.

Гідравлічні системи приводу зазвичай є менш ефективні, ніж електричні, через втрати на дроселювання клапанів в яких енергія перетворюється на тепло. Залежно від розміру установки ефективність гідравлічних систем варіюється. На невеликих установках гідравлічні схеми можуть переміщати матеріал, використовуючи тільки 20-30% потужності двигуна інша енергія буде розсіюватися у вигляді тепла і гідравлічного спротиву рідини, тоді як на великих машинах ефективність гідравлічних систем у

досягає 50%.

Обробивши джерела я прийшов до висновку що для вирішення вищезазначених проблем важливо знайти альтернативні шляхи підвищення ефективності гідравлічних приводів, а саме впровадити системи рекуперації енергії, цим самим підвищити ККД двигунів і більше знизити встановлену потужність і енергоспоживання насосних установок.

Зважаючи на те що деякі з машини мають складну конструкцію, що включає як електричні, так і гідравлічні приводи, підвищення енергоефективності є міждисциплінарним завданням, яке вимагає знань у галузі гідравлічних технологій та електротехніки.

1.1.2. Огляд робочої частини приводу стаціонарних машин

Ознайомившись з літературою я дійшов до висновку що для приводу робочих органів пресових машин зазвичай використовують гідравлічні приводи. Первинне керування залишається найпоширенішою стратегією керування гідравлічними системами. Швидкість вала або лінійна швидкість блоку гідромотора/циліндра регулюється витратою від основного блоку живлення. На додаток до основної системи регулювання можуть використовуватися системи постійного тиску. Ця концепція характеризує вторинні системи управління, в яких гідравлічні вихідні блоки (окремі двигуни або трансформатори в поєднанні з циліндрами) підключені до шини постійного тиску. Керує роботою вторинного блоку та підтримує пряме керування вихідним крутним моментом або силою навантаження. Машини з гідравлічним приводом верстатів, машини в циклі роботи дозволяють значно знизити енергоспоживання за рахунок використання гідроакумуляторів як накопичувачів енергії. Можна сказати що ця технологія врівноважує зусилля підйомних систем і може використовуватися для рекуперативного гальмування вантажів і важких

елементів конструкції. Додавши до цієї системи вторине керування можливе перетворення енергії з меншими втратами. Основні концепції первинного та вторинного керування з кутовим та лінійним рухом зображено на рис.1.1.[1]

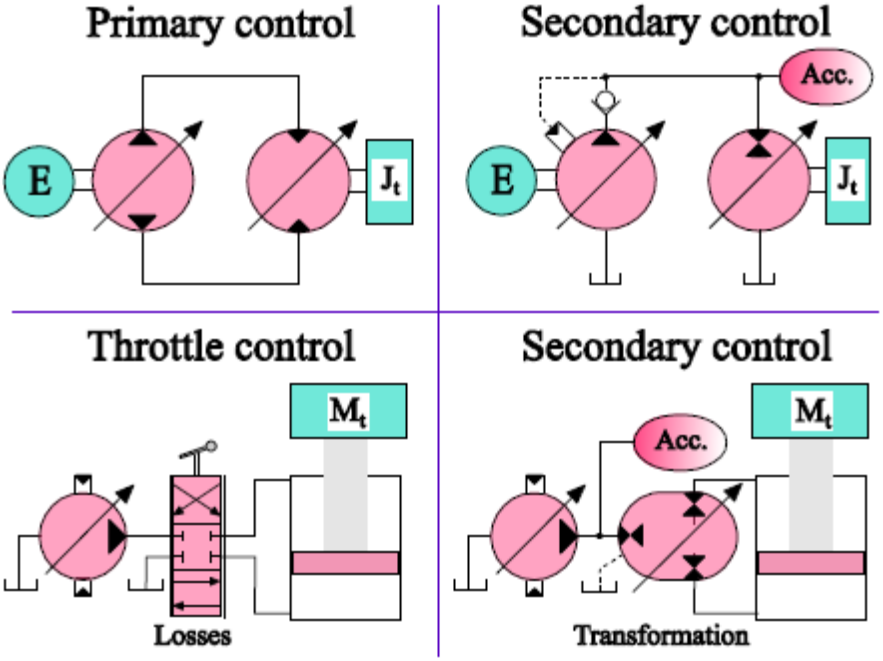

Рис. 1.1 - Первинний і вторинний контроль навантажень[1]

Вторинне керування

Розглянувши джерела про вторинне керування можу сказати, що такі системи управління існують на ринку вже більше 20 років і використовуються як в мобільному, так і в промисловому застосуванні.[2] Принципи роботи вторинної системи управління характеризуються напірними муфтами, тому високий тиск підтримується практично постійно і потік передається на первинну сторону. До сторони високого тиску можна підключити гідроакумулятор для рекуперації енергії під час спуску або гальмування. До рампи високого тиску можна підключити кілька блоків керування вторинної сторони, як показано на рисунку 1.2[1].

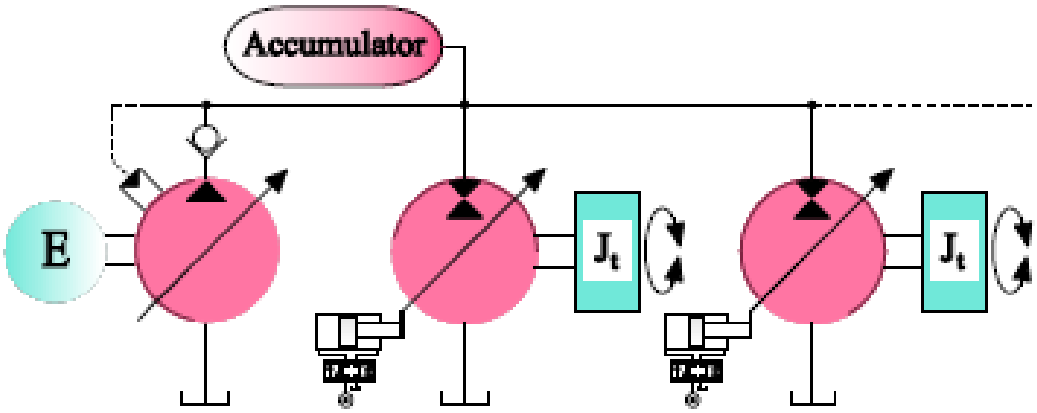

Рис. 1.2 – Вторинна система керування з рекуперацією енергії [1]

Розбираючи далі з принципом роботи вторинної системи керування я побачив таку особливість що високий тиск можна підтримувати на більш-менш постійному рівні то вторинний регулятор не впливає на роботу. Крутний момент і напрямок потоку можна змінювати, керуючи налаштуванням швидкості нагнітання вторинного блоку управління так, щоб вона була «вище нуля». Під час гальмування під навантаженням вторинний блок працює як насос і направляє рідину на рампу високого тиску [2]. Цю енергію можливо зберігати в акумуляторі. Для трансформаторів лінійного керування рухом пристрій потребує щонайменше трьох з'єднань: з'єднання живлення, одне або два з'єднання навантаження та з'єднання з баком. Поширеним методом виготовлення таких трансформаторів було поєднання двох гідростатичних блоків: одного з фіксованим (або змінним) об'ємом і одного зі змінним об'ємом (рис. 1.3) [3].

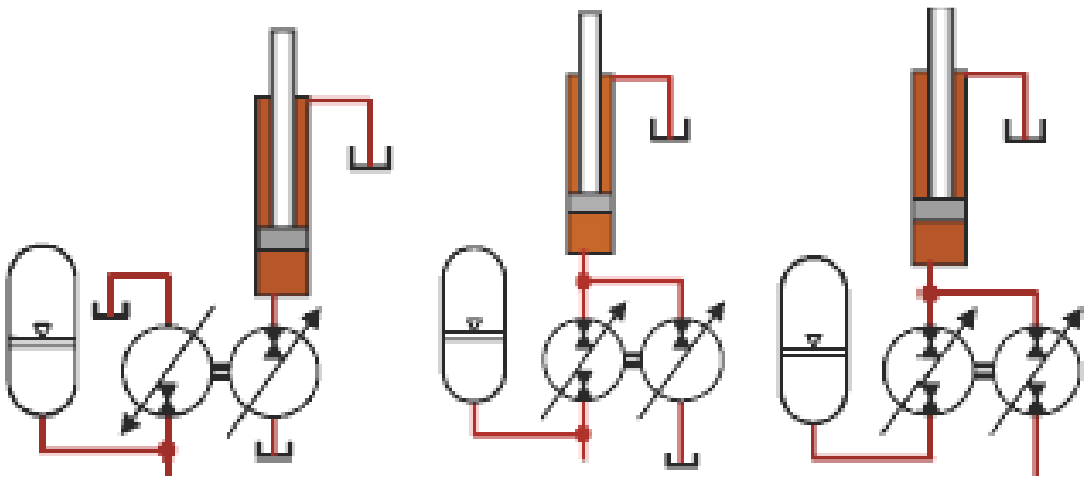

Рис. 1.3 – Приклад трансформаторних установок з акумуляторами енергії[3]

1.2. Способи підвищення енергоефективності гідроприводу стаціонарних машин.

З практики випливає що найдоцільніше всього кінетичну енергію утворену машиною акумулювати за допомогою пружних тіл, що мають високу деформуючу здатність або маховиків для механічних систем. Для модернізації гідроприводу і пошуку способів вдосконалення, необхідно досліджувати найбільш навантажені елементи і розподіл тиску в кожному елементі системи гідроприводу машини (рис. 1) [12].

Розглядаючи схему розподілу тисків можна записати рівняння для тисків в порожнинах нагнітання p_1 і зливу p_2 гідроциліндрів, на основі розподілу тисків в гідросистемі запишеться у вигляді[12]:

$$p_1 = p_н - \Delta p_{зол1} - \Delta p_1,$$

$$p_2 = \Delta p_{др} - \Delta p_{зол2} - \Delta p_ф - \Delta p_2,$$

де p_1 – тиск в поршневій порожнині гідроциліндра: p_2 - тиск в штоковій порожнині гідроциліндра; $p_н$ – тиск, що створює насос; $\Delta p_{зол1,2}$ – перепади

тисків на гідророзподільниках 1 і 2; втрати тисків в трубопроводах $\Delta p_{1,2}$; $\Delta p_{др}$ – перепади тисків відповідно на дроселі і фільтрі $\Delta p_{ф}$ [12]:

Робочий тиск в гідросистемі тобто тиск, що розвивається насосом, залежить від величини корисного зусилля В. Перепади тисків на золотнику, дроселі і фільтрі приблизно дорівнюють[12]:

$$\Delta p_{зол1} = \Delta p_{зол2} = \Delta p_{ф} = 0{,}2 МПа.$$

Система постійного тиску відрізняється можливістю забезпечення стабільних характеристик приводу на базі нескладних пристроїв, що мають великі невиробничі падіння потужності на клапані постійності тиску. З метою знаходження ключової ланки гідроприводу з точки зору втрат проаналізуємо роботу простого гідроприводу з дросельним регулюванням[12].

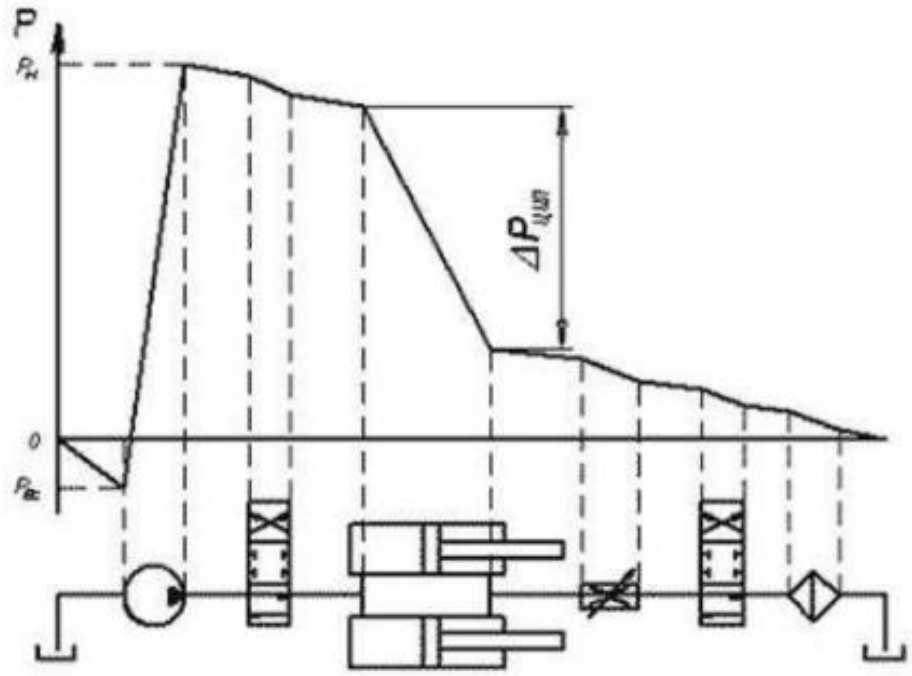

Рис.1. Схема розподілу тисків в гідросистемі від подачі до зливу [12]

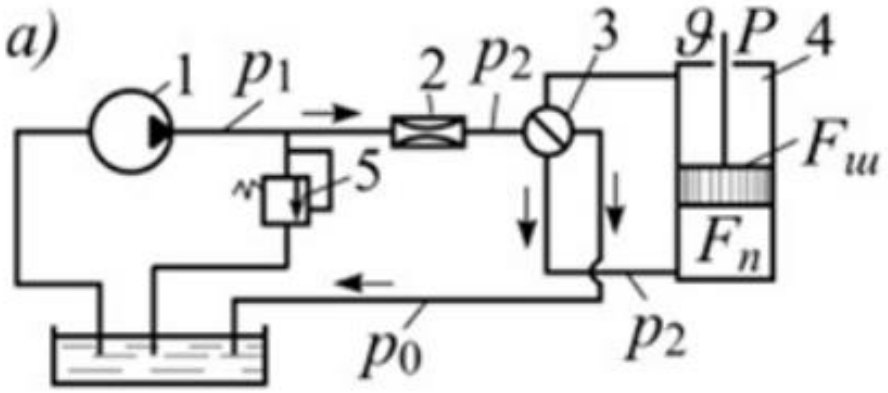

Рис.1. Схема об’ємного гідроприводу з дросельним регулюванням[12]

Тут (рис. 2) енергія потоку «зайвої рідини» перетворюється в тепло (тому запобіжний клапан 5 часто називають кип'ятильником). При відкритому клапані 5 нерегульований насос 1, працюючи на найбільшому допустимому тиску, споживає відповідну потужність від приводного двигуна і піддається найбільшій напрузі. В цей час ефективна (корисна) потужність знижується зі зменшенням швидкості гідродвигуна 4. Це головна причина неприпустимо низького ККД приводу[12].

При використанні в схемі гідроприводу пневмогідравлічного акумулятора з клапаном розвантаження насоса картина енергоспоживання міняється (рис. 3). В цьому випадку при необхідності отримання потрібної (обмеженої) швидкості виконавчого гідродвигуна насос 1 повністю розвантажується, і живлення гідросистеми здійснюється від пневмогідравлічного акумулятора 4, який при необхідності буде оперативно заряджатися від гідронасоса 1. Такий режим роботи гідросистеми (рис. 3) кардинально відрізняється від первинного[12].

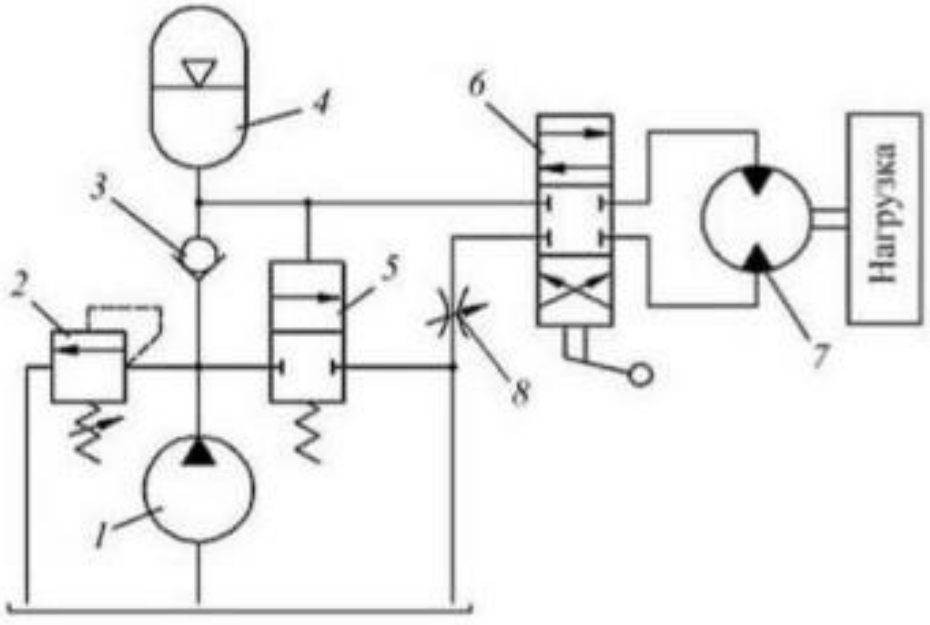

Рис. 1. Гідропривод з пневмогідравличним акумулятором: 1 - гідронасос: 2 - запобіжний клапан; 3 - зворотний клапан;4 - пневмогідравлічний акумулятор; 5 - клапан розвантаження; 6 - гідроророзподільники; 7 - гідродвигун; 8 – дросель[12]

При необхідності роботи з частковою корисною потужністю (швидкістю) гідронасос розвантажується, а приводний двигун насоса 1 переходить в режим холостого ходу. Крім того, наявність акумулятора з відповідними параметрами дозволяє зменшити типорозмір насоса в 2-5 разів і робить гідросистему більш ефективною (акумулятор - джерело енергії нескінченної потужності). Отже, привод з акумулятором дозволяє істотно підвищити коефіцієнт корисної дії (ККД) гідросистеми. При роботі клапана розвантаження 5 процес розвантаження насоса проводиться в оптимальному режимі без додаткового устаткування, і, отже, без додаткових втрат. Використовуючи таку методику, можна запропонувати гідропривод відповідних машин, який рекуперує енергію вантажу, що опускається (рис. 4) [12].

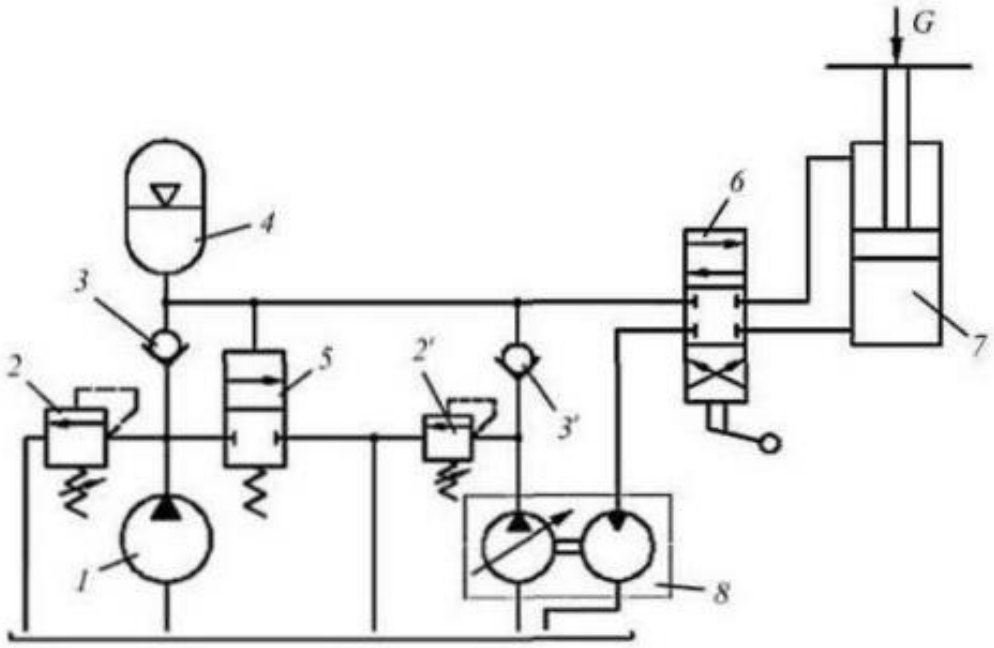

Рис. 4. Гідропривід, що рекуперує енергію вантажу, який опускається: 1- гідронасос; 2, 2'- запобіжні клапани; 3, 3 - зворотні клапани; 4 - пневмогідравлічний акумулятор; 5 і 6 - гідророзподільники; 7 - гідроциліндр. 8 - блок системи рекуперації (гідромотор і регульований насос)[12]

Як зазначалося вище, ефективність гідравлічної системи обмежує загальну ефективність машин DPHD і EPHD. Підвищення ефективності може бути досягнуто за рахунок двох аспектів: 1) використання більш контурів і 2)рекуперації енергії на основі гідравлічного накопичувача енергії. Гідравлічні системи з клапанним керуванням (VCH) широко поширені в сучасній техніці. У багато привідних системах VCH вхід насоса з'єднаний з масляним баком, а до приводної машини може бути підключено кілька насосів, залежно від навантаження машини.[4] При високих навантаженнях, наприклад, при стисканні компонентів, кілька насосів подають масло до приводу одночасно. При низьких навантаженнях деякі насоси можна відключити, щоб зменшити втрати в системі. Тому така система називається клапанним керуванням. На сьогоднішній день запропоновано різні типи систем VCH, включаючи системи з позитивним регулюванням потоку

(PFC),датчиками навантаження (LS) і системами обліку з одним входом і декількома виходами (SMIMO) [4].

1.Схема Load-Sensing (LS)[5]

Проаналізувавши джерела я дослідив, що системи з датчиком навантаження (LS) зараз широко використовуються в гідравліці. У порівнянні зі схемами PFC, до кожного колектора додається клапан компенсації тиску (PCV), щоб ізолювати падіння тиску в колекторі від стану навантаження. Таким чином, швидкість потоку і, відповідно, швидкість приводу залежать тільки від площі поперечного перерізу і можуть легко регулюватися. Це значно підвищує керованість системи: Функція LS дає змогу під час руху встановлювати потрібне значення витрати при максимальному навантаженні. Це означає, що втрати на дроселюванні приводу (при максимальному навантаженні) можна підтримувати на низькому рівні. Однак тиск на вході всіх колекторів однаковий і відповідає тиску на виході насоса, тому при менших навантаженнях втрати на дроселюванні інших приводів все одно будуть вищими. Це означає, що машиною можна легко керувати, навіть якщо одночасно виконується кілька завдань. Однак, дросельні втрати переносяться на PCV кожного окремого приводу, що не призводить до підвищення ефективності системи (рис. 1.4) [5].

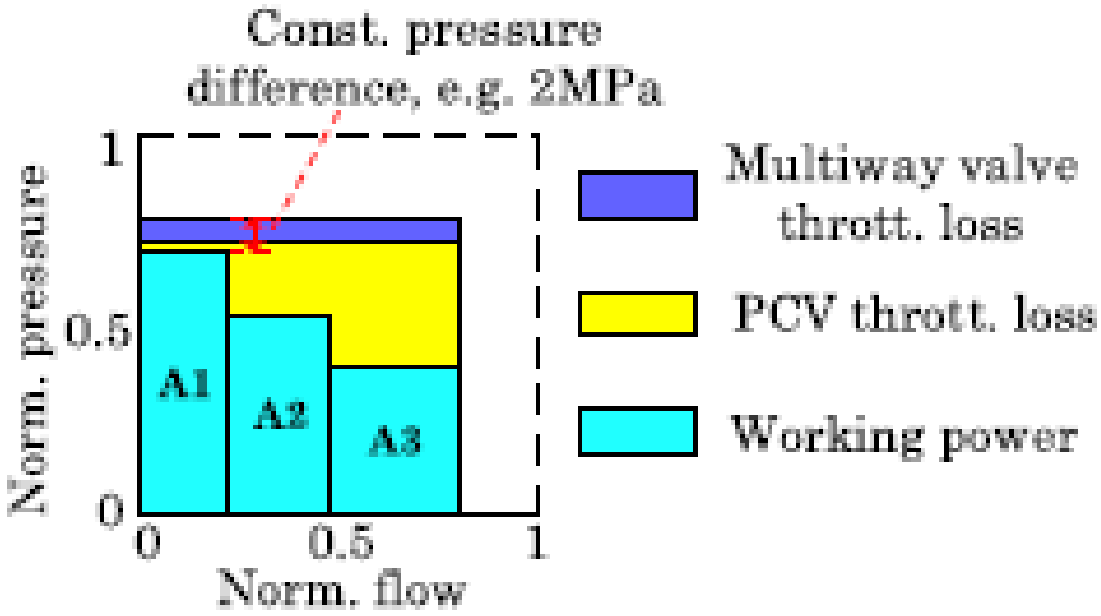

Рис. 1.4 – Зображення втрат у ланцюзі LS [5]

На основі базової системи LS в наслідок проведених досліджень була розроблена вдосконалена версія, яка отримала назву Load Independent Flow Distribution System (LUDV)[6]. Її робота полягає у тому що коли необхідний потік перевищує продуктивність насоса, швидкість всіх приводів пропорційно зменшується, підтримуючи відносну швидкість приводів і забезпечуючи стабільність системи. Датчики тиску в такій системі можуть замінити звичайні лінії вимірювання тиску і підвищити стабільність роботи системи. Загалом можна сказати що системи LS забезпечують краще керування, ніж системи PFC. Однак їх важко застосовувати на пресах. Відносно високе споживання в цьому випадку робить економічно недоцільним і ускладнює розробку PCV відповідного розміру[6].

Проаналізувавши недоліки інших систем а саме втрати на затискання відбуваються в обох портах, що призводить до надмірного споживання енергії та проблем з нагріванням, інженерами була розроблена така система керування як SMIMO для розділення вхідних і вихідних портів.

Ця схема може бути побудована з чотирма дільниками 2/2 або двома дільниками 3/3[6].

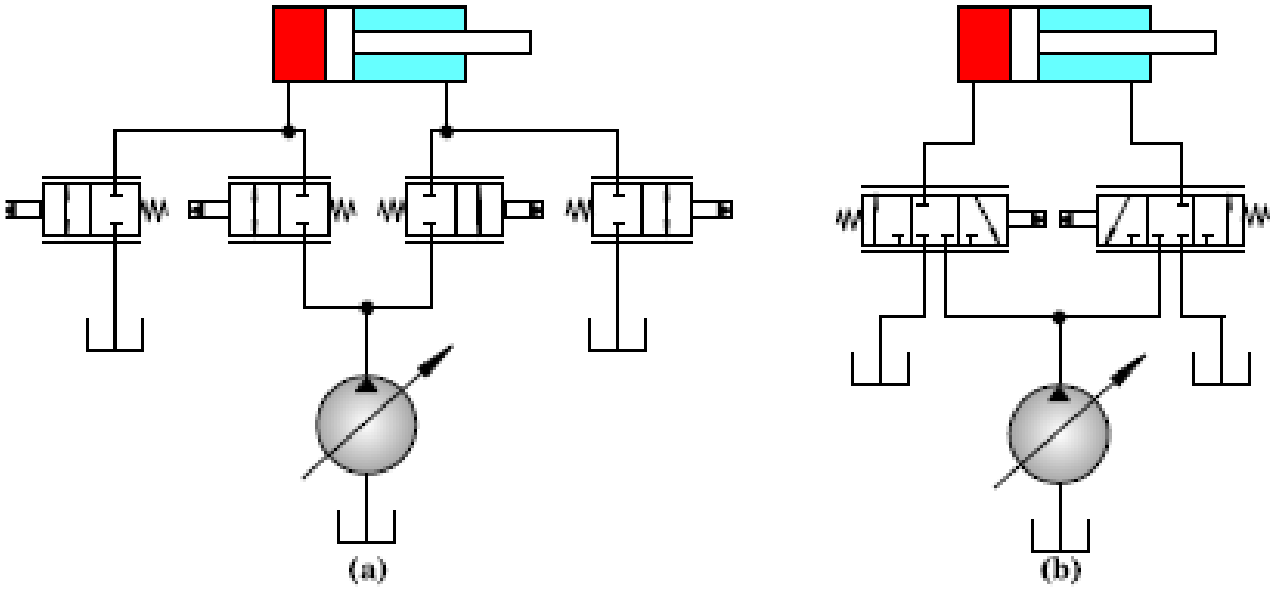

Рис. 1.5 – Схеми SMIMO (a) з використанням чотирьох 2/2 клапанів і (b) з використанням двох 3/3 клапанів[6]

Реалізація даної концепції SMIMO в гідравлічних машинах була в центрі уваги багатьох досліджень через її потенціал для підвищення ефективності системи. Методи керування SMIMO покращують керованість приводу, одночасно знижуючи енергоспоживання. Але незважаючи на ці переваги, системи SMIMO рідко застосовуються на практиці в комерційних продуктах, через використання в них спеціалізованих клапанних колекторів які комерційно недоступні[6].

Також розглянемо таку систему як контур PCH який дозволяє легко контролювати швидкість потоку, необхідну приводу. В ідеалі ця система PCH не має клапанів. Це значно підвищує ефективність всієї системи через відсутність дроселювання[6].

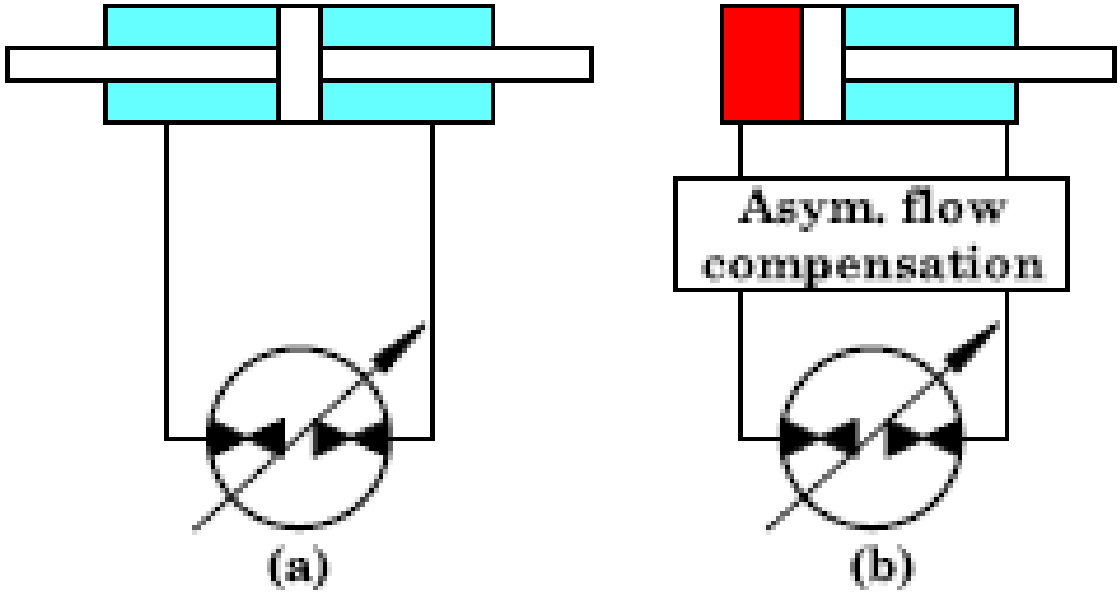

Рис. 1.6 – Основна концепція схеми PCH для (а) двоштокового циліндра (б) диференціального циліндра [6]

Розглядаючи систему більш детально можна зазначити що в методах PCH зазвичай використовуються насосні двигуни. Завдяки симетричній конструкції подвійного штокового циліндра швидкість потоку в обох просторах циліндра однакова. Однак проблемою використання такого методу є те що у багатьох гідравлічних машинах використовуються диференціальні циліндри через обмежений простір для встановлення (Малюнок 1.13(b)). Оскільки дві камери мають різні площі поперечного перерізу, диференціальні системи керування циліндрами створюють асиметричні потоки всередині двох порожнин циліндрів. Тому для реалізації системи PCH необхідна асиметрична схема компенсації потоку. Модифікації звичайних схем PCH були детально описані в літературі для компенсації асиметричних потоків (наприклад, рис. 1.7)[6].

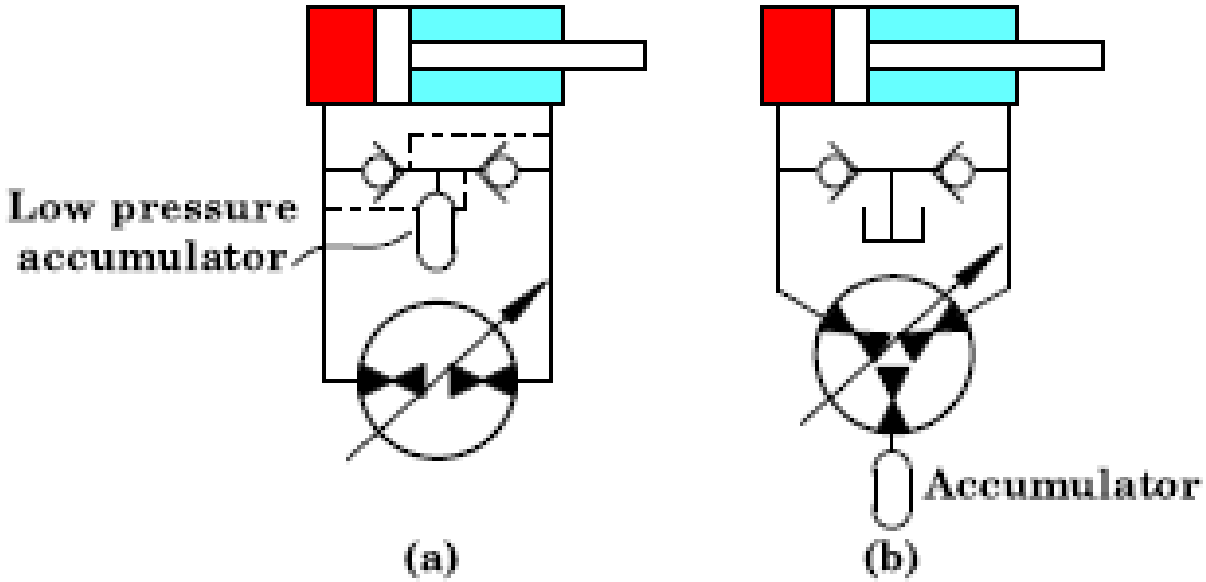

Рис. 1.7 – Типові схеми PCH для диференціальних циліндрів[6]

Після проведення дослідів було доведено що система PCH забезпечує високу ефективність за рахунок усунення змінних величин і є особливо привабливим кандидатом для невеликих гідравлічних систем. На жаль, ця система управління була використана не на пресувальному обладнані, а на екскаваторі, де всі лінійні та поворотні приводи приводяться в дію за допомогою схеми PCH. Результати показали, що порівняно з системою VCH, система PCH може зменшити споживання палива машиною на 20%, а встановлену потужність двигуна - на 50%. Це означає, що система також може бути використана в прес-підбирачах[7].

Як описувалося вище, енергетичну ефективність гідравлічних машин можна підвищити шляхом зберігання та повторного використання потенційної енергії, регенерованої під час опускання вертикальних приводів, і кінетичної енергії, регенерованої під час гальмування поворотних приводів. Цей метод називається відновленням енергії. У системах з гідравлічним приводом пряма рекуперація енергії може бути досягнута через гідроакумулятор. Порівняно з суперконденсаторами та батареями, акумулятори мають вищий ККД понад 95%, щільність потужності більш ніж у 10 разів і нижчу вартість, що робить їх

особливо придатними для важкого обладнання, яке потребує високої потужності [7].

Акумулятори можна використовувати як з лінійним, так і з поворотним приводом.

Основні схеми застосування гідроакумуляторів приведені на рисунку 1.8.

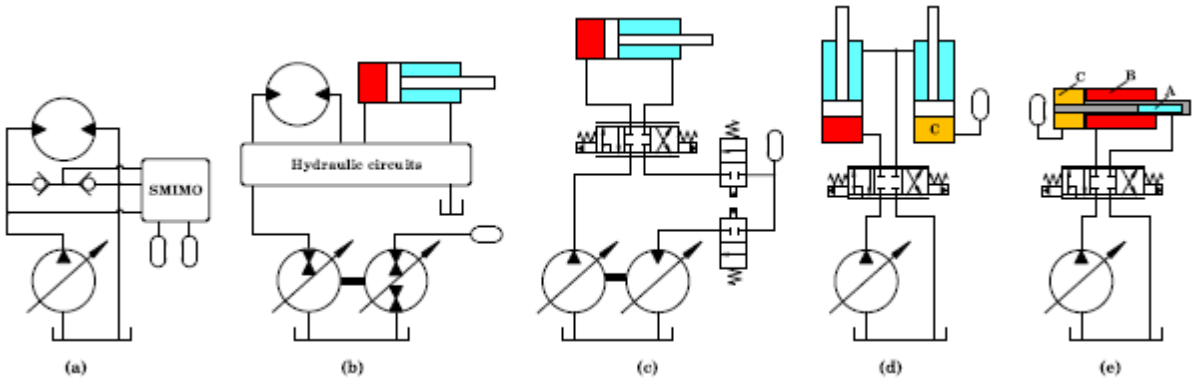

Рис.1.8 – Схеми рекуперації енергії з використанням гідроакумулятора[7]:

(a) Схеми SMIMO для гідравлічного двигуна; (b)Схема з використанням допоміжного насоса як для зарядки, так і для розрядки акумуляторів; (c) Схема з прямим заряджанням акумулятора; (d) Схема з використанням допоміжного циліндра; (e) Схема з використанням вбудованого трикамерного циліндра

Акумулятори енергії можливо використовувати для поворотних гідравлічних приводів, таких як гідравлічні двигуни в поворотних системах, можуть використовуватися в поєднанні зі схемами VCH, як показано на рисунку 1.8(a). Однак цей метод не є популярним у промисловості через низьку ефективність систем VCH [7].

На рисунку 1.8(б) зображено застосування з використанням двигуна допоміжного насоса. Для того, щоб приводити в дію допоміжний Г-М і

заряджати батарею, основний насос також повинен бути перетворений на двигун насоса. Цей метод можна застосувати як до поворотних, так і до лінійних приводів, керованих схемами VCH або CVPC. Коли позиційна або кінетична енергія вивільняється з приводу, основний Г-М приводить в дію допоміжний привід і заряджає акумулятор. Використовуйте схему, показану на рисунку 1.8 (в), де потік рідини з циліндра може бути спрямований безпосередньо до акумулятора. Коли циліндру потрібно підняти вагу, акумулятор приводить в дію гідравлічний двигун, щоб допомогти насосу і зменшити пікову потужність двигуна. Якщо гідравлічний двигун пізніше буде перетворено на Н-М, надлишкова потужність двигуна може бути збережена в акумуляторі[7].

Схема на рисунку 1.8(d) є особливо підходящим рішенням для лінійних приводів і за її принципом далі будуть проводитися дослідження. За допомогою допоміжного циліндра рекуперативна енергія може бути відновлена безпосередньо в найкоротшому ланцюзі перетворення. Таким чином, ефективність системи є високою. У цій схемі відсік С допоміжного циліндра використовується як накопичувач енергії і з'єднаний безпосередньо з акумулятором. Це знижує пікову потужність як насоса, так і двигуна[7].

1.3 Способи рекуперації енергії в системах гідроприводу.

Проаналізувавши джерела приходимо до висновку що у світі існує три типи систем рекуперації енергії: електрична, гідравлічна та механічна.

Гідравлічні системи у своїй роботі базуються на використані ви акумулятора зі стисненим газом для поглинання енергії від гідравлічних приводів. Це проста система, що складається з клапанів та гідроакумулятора. У разі рекуперації масло під тиском, що вивільняється з гідроциліндра (або гідродвигуна), безпосередньо заповнює гідроакумулятор рис.1.9 [8].

Рис.1.9 Вигляд мембранного гідроакумулятора [8]

Виходячи з практики гідравлічна технологія має великий потенціал завдяки простоті застосування та конструкції. По-перше, вона ефективно сумісна з гідравлічними приводами і зменшує непотрібне перетворення енергії, забезпечуючи при цьому високу ефективність системи. По-друге, гідравлічні силові компоненти мають вищу питому потужність, краще адаптуються до жорстких умов експлуатації порівняно з силовою електронікою та мають вищу надійність системи. По-третє, гідравлічні технології мають економічні переваги, що важливо для власників таких машин, враховуючи комерційний характер ринку. Основні дослідження в галузі рекуперації та регенерації енергії зосереджені на потенційній енергії, яку можна використати для скорочення приводів. Прийнято два рішення для рекуперації енергії: одне з них реалізується за допомогою коаксіальних електричних і гідравлічних двигунів, які перетворюють гідравлічну енергію камери високого тиску в електричну енергію, що зберігається в акумуляторах або конденсатора.[9]

Обдумуючи попередньо сказане, можу сказати що відновлена енергія не може бути регенерована безпосередньо. Тому необхідна незалежна система регенерації, а загальна ефективність перетворення енергії є низькою. Іншим

рішенням є використання гідроакумулятора як допоміжного джерела живлення і підключення масляного резервуара гідроциліндра безпосередньо до гідроакумулятора. Для того, щоб відновити максимальну потенційну енергію падіння, гідравлічний тиск в гідроакумуляторі занадто низький, а об'єм гідроакумулятора необхідно збільшити, що ускладнює його установку і реалізацію. Крім того, це рішення забезпечує закриту систему, незалежну від оригінальної гідравлічної системи.[9]

1.3.1 Підвищення енергетичної ефективності гідроприводу за допомогою гідроакумулятора(плюси використання).

Використання гідроакумуляторів може значно підвищити енергоефективність гідроприводів, особливо в умовах змінного навантаження і при використанні змінної потужності чи циклічності операцій що дасть можливість налаштувати систему під чіткі параметри роботи. Компенсація пікових навантажень: гідроакумулятори можуть накопичувати надлишкову гідравлічну енергію при низьких навантаженнях і використовувати її в пікові моменти. Це зменшує втрати енергії в системі через тертя а також інші втрати енергії і підвищує загальний ККД гідроприводу. Гідроакумулятори можливо використовувати для рекуперації енергії, що вивільняється при уповільненні або зупинці гідравлічних приводів. Відпрацьована енергія може зберігатися в акумуляторі для подальшого використання. Також до плюсів можна віднести підтримку енергоефективності робочого циклу. Гідравлічні акумулятори забезпечують оптимізацію робочих циклів, контролюючи потік гідравлічної рідини та регулюючи тиск у системі відповідно до потреби. Це запобігає перевиробництву та нераціональному використанню енергії в процесі роботи. Підвищена ефективність: гідроакумулятори сприяють підвищенню ефективності гідравлічних приводів, оптимізуючи умови експлуатації та ефективно використовуючи енергію. Маневреність і динамічна робота: гідроакумулятори можуть підвищити маневреність системи, швидше

реагуючи на зміни навантаження та інші динамічні умови експлуатації. Зниження потужності гідравлічного насоса за рахунок гідроакумулятора, можуть зменшити витрати на електроенергію за рахунок зниження робочої потужності гідравлічного насоса при низьких навантаженнях, але важливо правильно розрахувати об'єм і тиск гідроакумулятора, а також врахувати втрати енергії в системі. Також необхідно враховувати ефективність всієї гідравлічної системи, включаючи регулювання тиску, витрату гідравлічної оливи та ефективність компонентів системи.[7]

1.3.2 Приклади машин на яких можна застосувати систему рекуперації**.**

Гідравлічні верстати з системою рекуперації енергії можуть бути застосовані у різних галузях промисловості для підвищення енергетичної ефективності та зменшення втрат енергії.

Гідравлічний прес Рис.1.10 з рекуперацією: Гідравлічні преси використовуються для формування, виготовлення або обробки матеріалів. Гідропривод з рекуперацією може використовувати енергію, яка вивільняється під час опускання пресу або інших рухомих частин для повторного використання у системі. Це дозволяє зменшити споживання енергії та підвищити загальну ефективність [22].

Рис.1.10 Гідравлічний прес [22]

Гідромолот (див. Рис1.11) або гідравлічний кувальний верстат: У важких промислових операціях, таких як робота з металом або камінням, гідравлічні молоти або кувальні верстати можуть використовувати рекуперaційні системи для відновлення енергії, яка вивільняється під час удару або інших операцій [23].

Рис.1.11 Принцип роботи гідромолоту [23]

Гідродинамічний тестер для матеріалів: Гідравлічні системи також можуть бути використані для випробування міцності та інших властивостей матеріалів. Використання гідравлічного тестера з рекуперaційною системою дозволяє зменшити витрати енергії під час випробувань. [25]

Гідравлічні прес-гібочні машини: У виробництві металевих деталей часто використовують гідравлічні прес-гібочні машини для формування і згинання металу. Рекуперaційна система може використовувати енергію, що вивільняється під час процесу гібки, для подальшого використання. [25]

Гідравлічні верстати для виготовлення деталей: У виробництві деталей або складних конструкцій можуть застосовуватися гідравлічні верстати, де

рекуперацийна система дозволяє зменшити споживання енергії та оптимізувати робочі процеси.

Мета та задачі досліджень

Метою даної роботи є модернізація системи гідроприводу штампувального пресу за рахунок рекуперації енергії шляхом встановлення гідроакумулятора і створення установки для модернізації обладнання, що дозволить зменшити вхідну потужність та підвищити енергетичну ефективність системи.

Задачі дослідження

- Аналіз конструкцій підвищення енергетичної ефективності для визначення найбільш ефективних схем для практичного застосування

- Розробка схематичного рішення на базі рекуперації енергії за рахунок гідроакумулятора з урахуванням робочих параметрів та режимів експлуатації пресу.

- Розробка стартап-проекту, що включає в себе установки для модернізації обладнання за рахунок встановлення модуля рекуперації.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ГІДРОПРИВОДУ ШТАМПУВАЛЬНОГО ПРЕСА З СИСТЕМОЮ РЕКУПЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ

2.1. Основні параметри пресу

Гідравлічний штампувальний прес — це пристрій, що використовує гідравлічний механізм для здійснення пресування, зазвичай для формування чи обробки металевих деталей, а також і пластику, брекетів і т.п.. До основних параметрів гідравлічного штампувального пресу можна віднести:

1. **Сила тиску:**

   Вимірюється в тонах і вказує на максимальний тиск, який прес може застосувати. Наприклад, 100-тонний прес здатний генерувати тиск, еквівалентний вазі 100 тон.

2. **Робоча область (або стільниця):**

   Площа, на якій відбувається процес пресування. Визначає максимальний розмір матеріалу, який може бути оброблений.

3. **Хід пресу:**

   Відстань, яку рухається верхній інструмент пресу вниз для пресування матеріалу.

4. **Швидкість пресування:**

   Швидкість, з якою верхній інструмент рухається вниз для контакту з матеріалом.

5. **Швидкість відведення:**

   Швидкість, з якою верхній інструмент повертається у початкове положення після пресування.

6. **Система управління:**

   Метод управління пресом, який може включати ручне, напівавтоматичне або повністю автоматичне управління.

7. **Можливості програмування:**

   Можливість зберігання та використання програм для різних видів

пресування.

8. **Безпека:**

   Вбудовані заходи безпеки, такі як системи аварійного відключення, обмеження швидкості чи датчики безпеки.

9. **Енергоефективність:**

   Рівень енергоспоживання преса та можливості оптимізації цього показника.

Система рекуперації енергії буде розроблена на прикладі гідравлічного пресу **HSF 500 Hidroliksan** . Основні характеристики якого наведено в табл.2.1 [24].

Таблиця 2.1. – Основні характеристики **HSF 500 Hidroliksan** [24]

Зусилля (тон)	500
Розміри	1000/1600
Хід (мм)	1000
Висота (мм)	1000
Потужність двигуна (кВт)	150
Насос (л)	200
Швидкість опускання (мм/с)	95
Швидкість обертання (мм/с)	100
Робоча швидкість (мм/с)	10

Стандартне обладнання

- Хромований циліндр.
- Сталева зварна рама
- Автоматичний блок керування.
- Захисний кожух і захисний світловий бар'єр.
- Дворучна кнопка управління.

- Масляний манометр.
- Стіл з Т-подібними пазами.
- Керівництво по експлуатації.

Опціональне обладнання

- Інструмент.
- Циліндр ежектора.
- Регулятор швидкості.
- ЧПУ

Схема гідравлічного приводу пресу HSF 500 Hidroliksan (рис. 2.1) складається з штампувальної головки (Ц1,Ц2,Ц3,Ц4), циліндру подачі (Ц5), затискного циліндру (Ц6). Всі розподільники керуються електромагнітами. Так як розподільники (Р1-Р6) пропорційні, є можливість зупинки в будь-якому положенні основних гідравлічних приводів та налаштування будь яких параметрів роботи пресу для різних деталей [24].

Рис. 2.1 – Загальний вид пресу HSF 500 Hidroliksan [24]

Насос Н1 має витрату 200 л/хв. Клапани тиску КТ1 та КТ2 налаштовані на максимальний тиск в 31,4 МПа. Зворотній клапан К31 запобігає поверненню рідини в насос. Також система має фільтри грубої очистки Ф1 , що стоїть перед насосом та фільтр Ф2 на зливній лінії.

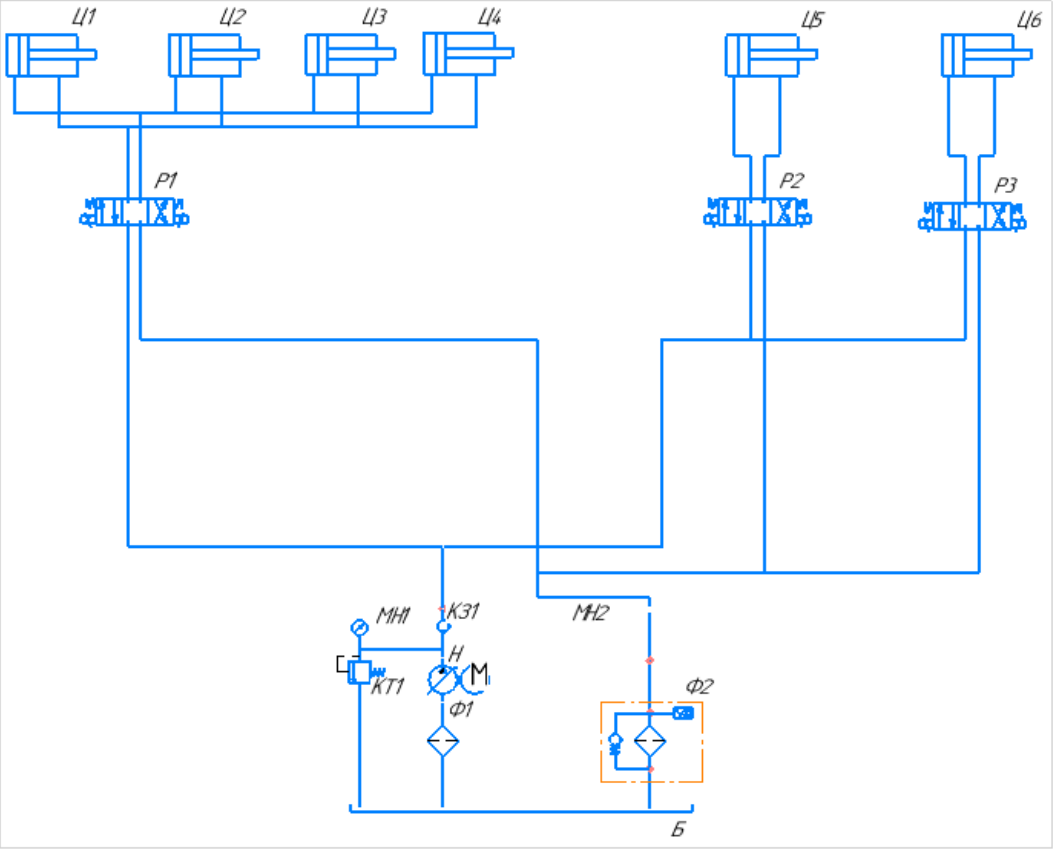

Рис. 2.2 – Схема гідравлічна принципова прес HSF 500 Hidroliksan

2.2. Модернізація гідравлічної схеми пресу додавання установки рекуперації

Для підвищення енергоефективності системи було використано схему рекуперації енергії на базі гідроакумулятора та розподільників керування потоком рідини в гідроакумулятор та з нього (рис. 2.3).

Модернізована система (рис. 2.3) складається з електромотора, гідронасоса, основних гідро розподільників, розподільників гідроакумулятора, робочих гідроциліндрів. Гідравлічний насос і акумулятор співпрацюють, щоб забезпечити

залежну від часу гідравлічну потужність системи гідроциліндрів. Система рекуперації енергії може відновлювати потенціальну енергію обладнання під час зниження та регенерувати відновлену енергію для ефективного зниження вихідної потужності двигуна та споживання електроенергії.

Система працює за таким алгоритмом: контролер автоматично перемикає режими роботи допоміжних гідроциліндрів в режимі рекуперації енергії, або роботи від насосу. При підйомі контролер автоматично перемикає на роботу в режимі регенерації енергії. Вихідний сигнал керує основним регулюючим клапаном. Тим часом масло під тиском гідроакумулятора надходить у поршневу порожнину циліндрів через енергозберігаючий клапан, так що гідравлічний насос підтримує роботу циліндрів тільки на початку роботи, а далі живлення циліндрів відбувається за рахунок роботи гідроакумулятора.

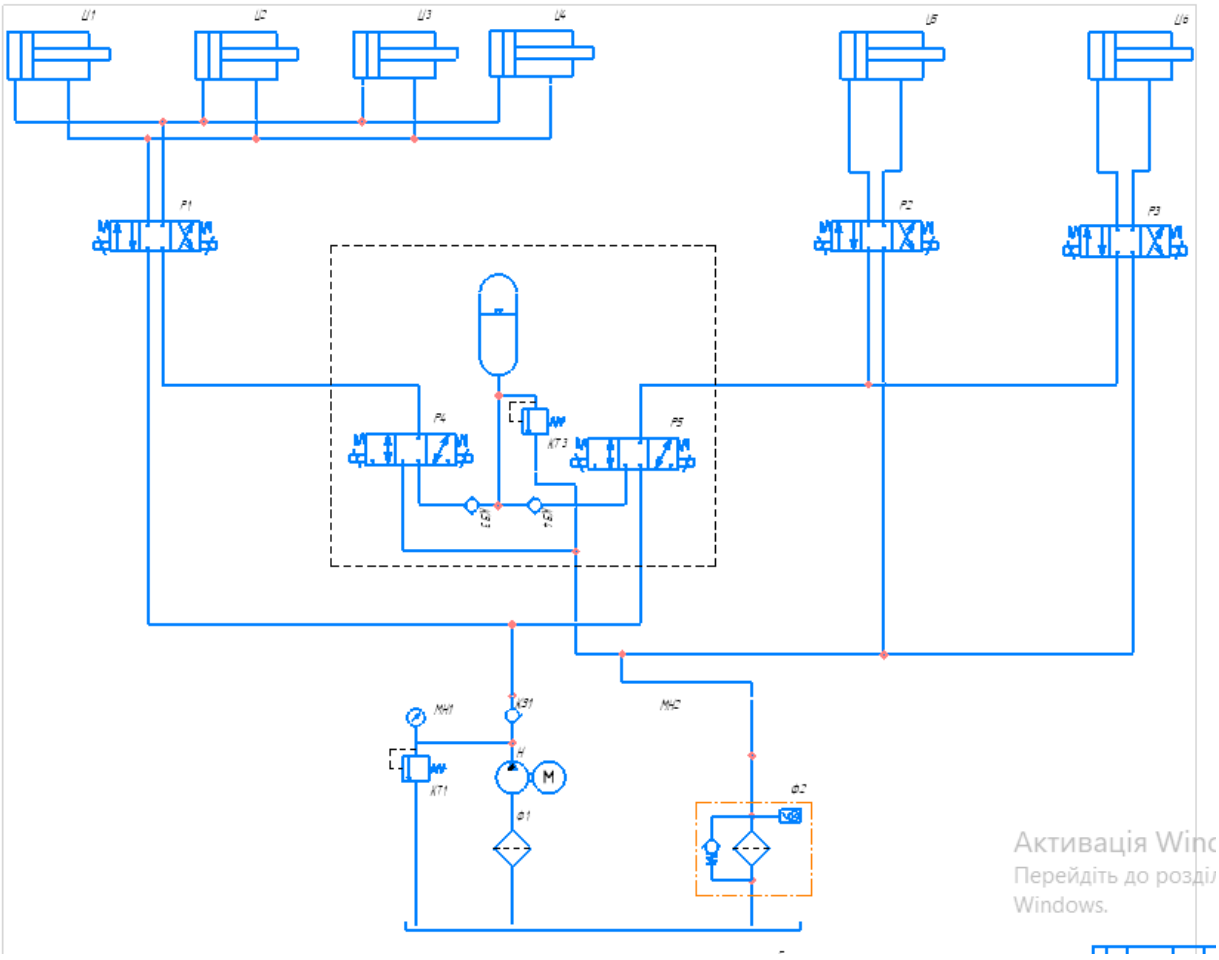

Рис. 2.3 – Гідравлічна схема з пресу рекуперацією енергії

2.2.1 Вибір розмірів трубопроводів

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

Розрахунок варто робити по ділянках, що мають однакову витрату. Ділянка являє собою трубопровід з установленими на ньому місцевими опорами (трійники, штуцера, коліна і т.і.) і гідроапаратами[10].

$$d_m = \sqrt{\frac{4Q_T}{\pi \cdot V_{cp}}},$$

де $Q_т$ - витрата рідини на ділянці що розраховується, $V_{ср}$ - середня швидкість рідини.

Середню швидкість рідини вибирають у залежності від призначення трубопроводу:

для всмоктувальних V=0,5…1,5 м/ с;

для зливальних V= 1,4…2,2 м/ с;

для напірних V= 3...6 м/ с.

Визначаємо діаметри трубопроводів:

- внутрішній діаметр всмоктувальної ділянки[10]:

$$d_{T\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 79 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 1}} = 31 \text{ мм}$$

Згідно ДЕРЖСТАНДАРТу 8732-78 приймаємо: $d_{Tвс}$ = 32 мм.

- внутрішній діаметр зливної ділянки[10]:

$$d_{T\text{нап}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.276 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 1.5}} = 28\text{мм}$$

Згідно ДЕРЖСТАНДАРТу 8732-78 приймаємо: $d_{Tнап}$ = 30 мм.

- внутрішній діаметр напірної ділянки[10]:

$$d_{T\text{зл}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.276 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 4.5}} = 47\text{мм}$$

Згідно ДЕРЖСТАНДАРТу 8732-78 приймаємо: $d_{Tзл}$ = 23 мм.

За прийнятим діаметром визначаємо дійсну швидкість руху рідини в трубопроводі[10]:

– на всмоктувальній ділянці:

$$V_{\text{ВС}} = \frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot d_T^2} = \frac{4 \cdot 3.276 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0.02^2} = 1.04 \text{ м/с};$$

– на зливній ділянці:

$$V_{\text{НАП}} = \frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot d_T^2} = \frac{4 \cdot 3.276 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0{,}016^2} = 1.6 \text{ м/с};$$

– на напірній ділянці:

$$V_{\text{ЗЛ}} = \frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot d_T^2} = \frac{4 \cdot 3.276 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0{,}01^2} = 4.17 \text{ м/с}.$$

2.2.2 Визначення втрат тиску на гідравлічне тертя

Гідравлічні втрати в гідролініях складаються із втрат на гідравлічне тертя Δp_T, втрат у місцевих опорах Δp_M і втрат у гідроапаратах Δp_∂.

Втрати тиску на тертя[10]

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

де λ - коефіцієнт тертя; l - довжина ділянки; ρ - щільність; V – середня швидкість рідини, $d_т$ - діаметр труби або шлангу.

Коефіцієнт тертя λ залежить від режиму плину рідини й визначається по числу Рейнольдса [10]:

$$\text{Re} = \frac{V \cdot d}{\upsilon},$$

де υ - кінематична в’язкість рідини.

При ламінарному русі рідини (Re < 2320).

Враховуючи можливість звуження і викривлення перерізу труби при практичних розрахунках приймають:

$$\lambda = 75 / \text{Re}.$$

При турбулентному русі (Re≥ 2320) коефіцієнт тертя λ залежить від числа Рейнольдса, й від відносної шорсткості стінок каналу. Сталеві труби мають шорсткість $\Delta = 0{,}03$мм, труби з кольорових металів уважаються практично гладкими[10].

– всмоктувальна лінія (l=0.5м)

коефіцієнт Рейнольдса: $Re = 1.04 \cdot \frac{0.02}{30 \cdot 10^{-6}} = 693$<2320-ламінарний режим

коефіцієнт Дарсі: $\lambda = \frac{75}{693} = 0.108$;

втрати на гідравлічне тертя[10]:

$$\Delta p_{\text{Т}} = \frac{0.5 \cdot 0.18 \cdot 0.5 \cdot 877 \cdot 1.04^2}{0.012} = 2134.2672 \text{ Па}$$

– зливна лінія (l=5.5м)

коефіцієнт Рейнольда: $Re = 1.6 \cdot \frac{0.016}{30 \cdot 10^{-6}} = 853$<2320-ламінарний режим

коефіцієнт Дарсі: $\lambda = \frac{75}{853} = 0.088$;

втрати на гідравлічне тертя[10]

$$\Delta p_{\text{Т}} = \frac{0.5 \cdot 0.088 \cdot 5.5 \cdot 877 \cdot 1.6^2}{0.016} = 33957.5 \text{ Па}$$

– напірна лінія (l=6)

коефіцієнт Рейнольда: $Re = 4.17 \cdot \frac{0.01}{30 \cdot 10^{-6}} = 1390$<2320-ламінарний режим

коефіцієнт Дарсі: $\lambda = \frac{75}{1390} = 0.054$;

втрати на гідравлічне тертя[10]:

$$\Delta p_{\text{Т}} = \frac{0.5 \cdot 0.054 \cdot 6 \cdot 877 \cdot 4.17^2}{0.01} = 247051.1 \text{ Па}$$

Сумарні втрати на гідравлічне тертя[10]:

$\Sigma\, \Delta p_{\text{Т}}$=2134.2672+33957.5+247051.1=283142.87Па=0.283 МПа

Результати розрахунків заносим у таблицю 4.2

Таблиця 4.2 Характеристики трубопроводів.

Номер ділянки	L, м	d, мм	Q, л/хв	V, м/с	Re	λ	Δp_T, Па
1(вс)	0,5	32	19.656	1.04	693	0.108	2134.2672
2(нап)	6	32	19.656	4.17	1390	0.054	247051.1
3(зл)	5.5	25	19.656	1.6	853	0.088	33957.5

4.4.3 Визначення втрат у місцевих опорах

При Re > 10^5 коефіцієнт тертя практично не залежить від Re і можна прийняти λ = 0,02. Втрати на місцевих опорах визначимо по формулі[10]:

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

де ξ - коефіцієнт місцевого опору.

- **напірна лінія**

  Трійник:

  $$\Delta p_{\text{м}} = 0.5 \cdot 877 \cdot 2.3 \cdot 4.17^2 = 17537.6 \text{ Па}$$

  Коліно

  $$\Delta p_{\text{м}} = 0.5 \cdot 877 \cdot 0.13 \cdot 4.17^2 = 991.3 \text{Па}$$

  Дросель

  $$\Delta p_{\text{м}} = 0.5 \cdot 877 \cdot 2.5 \cdot 4.17^2 = 19062.6 \text{ Па}$$

  Зворотній і захисний клапан:

  $$\Delta p_{\text{м}} = 0.5 \cdot 877 \cdot 2.3 \cdot 4.17^2 = 17537.6 \text{Па}$$

  Раптове розширення:

  $$\Delta p_{\text{м}} = 0.5 \cdot 877 \cdot 0.9 \cdot 4.17^2 = 6862.5 \text{Па}$$

- **зливна лінія**

  Трійник:

  $$\Delta p_{\text{м}} = 0.5 \cdot 877 \cdot 2.3 \cdot 1.6^2 = 2581.9 \text{ Па}$$

  Коліно

$$\Delta p_{\text{м}} = 0.5 \cdot 877 \cdot 0.13 \cdot 1.6^2 = 145.9 \text{ Па}$$

Раптове звуження:

$$\Delta p_{\text{м}} = 0.5 \cdot 877 \cdot 0.6 \cdot 1.6^2 = 673.5 \text{ МПа}$$

Результати розрахунків заносим у таблицю 4.3

Таблиця 4.3. Розрахунок втрат на місцевих опорах

Номер ділянки	Вид опору	Кількість	ξ	$\Delta p_{\text{м}}$, Па	$\Delta p_{\text{м}\Sigma}$, МПа
Напірна лінія	Трійник	8	2.3	17537.6	0.326
	Коліно	4	0.13	991.3	
	Дросель	2	2.5	19062.6	
	Редукційний клапан	1	2.25	17156.3	
	Зворотній і захисний клапан	3	2.3	17537.6	
	Раптове розширення	1	0.9	6862.5	
Зливна лінія	Трійник	5	2.3	2581.9	0.02
	Коліно	4	0.13	145.9	
	Дросель	1	2.5	2806.4	
	Раптове звуження	2	0.6	673.5	

$$\Delta p_{\text{М}} = 0.326 + 0.02 = 0.346 \text{ МПа}$$

2.2.3 Визначення втрат у гідроапаратах

Втрати в гідравлічних апаратах, встановлених на ділянці що розраховується, приведені в довідниках та каталогах на гідроапаратуру й

обираються для максимальної витрати через гідроапарат. Якщо для даного випадку витрата менше максимальної, табличні значення втрат потрібно перерахувати за формулою [10]:

$$\Delta p_{\partial} = \Delta p_{M} \left(\frac{Q_{\partial}}{Q_{H}} \right)^{2},$$

де $\Delta p_{ГА}$ - втрати тиску на гідроапараті при відповідній дійсності значення витрати $Q_д$; Δp_{M} - втрати тиску, взяті з каталогу при максимальному значенні витрати Q_{H} .

При послідовному з'єднанні загальні втрати тиску являють суму втрат тиску на всіх ділянках [10]:

$$\Delta p_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n_1} \Delta p_{Ti} + \sum_{i=1}^{n_2} \Delta p_{Mi} + \sum_{i=1}^{n_3} \Delta p_{\partial i} \ .$$

Виштовхування[10]:

- Фільтр Ф1: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.06 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.076\text{МПа}.$
- Клапан зворотній К3:

$$\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.25 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.1937\text{МПа}.$$

- Розподільник Р8: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.2 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.16\text{МПа}.$
- Розподільник Р8: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.2 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.16\text{МПа}.$
- Фільтр Ф2: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.1 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.07\text{МПа}.$

$\Sigma \Delta p_{\text{д}}$ =0.69 МПа.

Втягування[10]:

- Фільтр Ф1: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.06 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.046\text{МПа}.$
- Клапан зворотній К3:

$$\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.25 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.1936\text{МПа}.$$

- Розподільник Р8: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.2 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.15\text{МПа}.$
- Розподільник Р8: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.2 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.15\text{МПа}.$
- Фільтр Ф2: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.1 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.07\text{МПа}.$

$\Sigma \Delta p_{\text{д}}$ =0.60 МПа.

Виштовхування[10]:

- Фільтр Ф1: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.06 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.0\text{МПа}$
- Клапан зворотній К3:

$$\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.25 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.1936\text{МПа}.$$

- Розподільник Р8: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.2 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.16\text{МПа}.$
- Розподільник Р8: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.2 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.16\text{МПа}.$
- Фільтр Ф2: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.1 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.08\text{МПа}.$

$\Sigma \Delta p_{\text{д}}$ =0.60 МПа.

Втягування[10]:

- Фільтр Ф1: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.06 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.046\text{МПа}.$
- Клапан зворотній К3:

$$\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.25 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.1936\text{МПа}.$$

- Розподільник Р8: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.2 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.16\text{МПа}.$
- Розподільник Р8: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.2 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.16\text{МПа}.$
- Фільтр Ф2: $\Delta p_{\text{д}} = \Delta p_{\text{М}} \left(\frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{Н}}}\right)^2 = 0.1 \left(\frac{66}{75}\right)^2 = 0.08\text{МПа}.$

$\Sigma \Delta p_{\text{д}}$ =0.69 МПа.

$\Sigma \Delta p_{\text{д}}$ =2,76 МПа.

2.2.4 Розрахунок об’єму гідроакумулятора

Розрахунок акумулятора полягає у визначені його ємності ($V_к$) і корисного об'єму ($V_п$) рідини (об'єм рідини, що може видати гідроакумулятор , при зниженні тиску газу до встановленої норми в заданому діапазоні)[11].

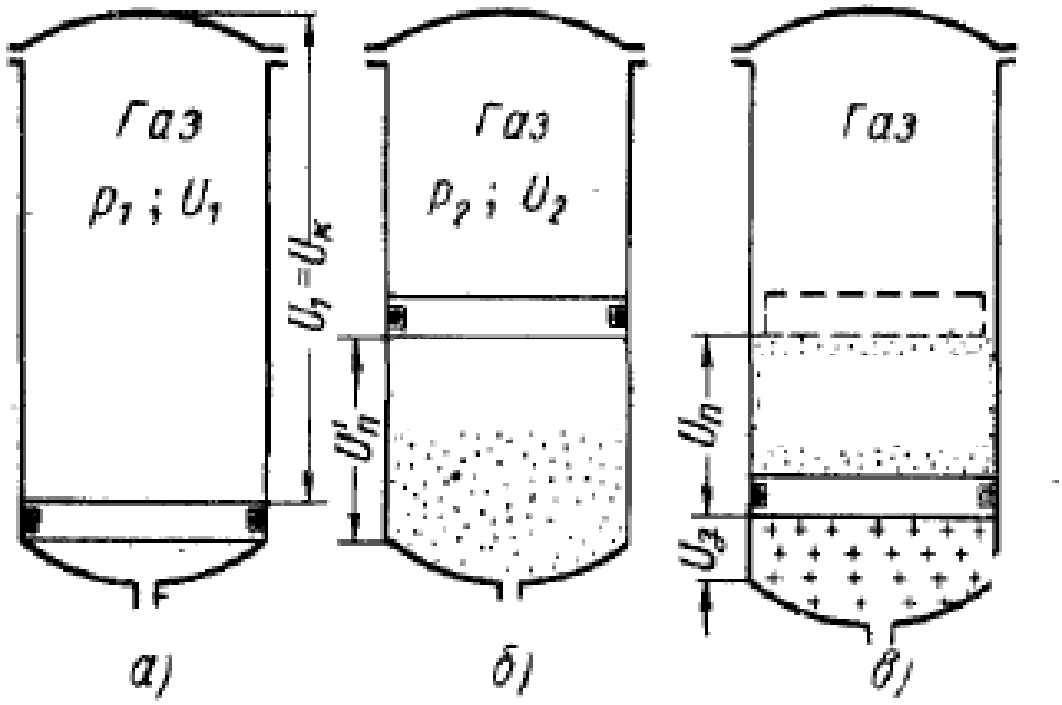

Рис. 2.4 – Розрахункова схема гідрогазового акумулятора[11]

При виборі конструкції і робочих параметрів акумулятора, намагаються отримати мінімальну вагу та об’єм, тобто робочі параметри акумулятора повинні буди такими, щоб при мінімальному конструктивному об’ємі та заданому мінімальному діапазоні тиску була досягнута максимальна корисна ємність акумулятора[11].

в нас ізотермічний процес : $\Delta V/V=\Delta p/p$,[11]

де ΔV – зміна об’єму газу;

V – об’єм газу в акумуляторі;

p та Δp – середнє значення тиску та зміна тиску газу.

Для ізотермічного процесу:

$$V_2=V_1p_1/p_2;\ p_2=p1V1/V2,[11]$$

де p1 та V1 – початкове значення тиску та об’єму газу до зарядки акумулятора рідиною;

p2 та V2 – кінцеве значення тиску та об’єму газу після зарядки акумулятора рідиною;

повний об'єм посудини Vк, акумулятора дорівнює початковому об'єму V1 газу (V1 = Vк) і корисний об'єм V`n дорівнює різниці обсягів[11]:

$$V`n = V1 – V2[11]$$

$$V`n = V1\ (1−p1p2) = Vк\ (1−p1p2)\ [11]$$

Друге рівняння має сенс, якщо рідина повністю витісняється з акумулятора під час розряду. На практиці тиск p_1 часто називають початковим зарядним тиском газової батареї і позначають як $p_н$, а тиск p_2 - максимальним робочим тиском в кінці заряду рідини і позначають як p_{max}. Відповідно до цього останній вираз набуде вигляду

$$V`n = Vк\ (1−p_нp_{max})[11]$$

На практиці акумулятор не розряджається до повного витікання рідини, але певна кількість рідини Vz зберігається в акумуляторі. Це в основному необхідно для забезпечення надійної роботи автоматики, яка вмикає насос для підзарядки акумулятора після падіння тиску до мінімального робочого значення pmin в результаті споживання рідини (розрядки акумулятора). У цьому випадку розрахунковий об'єм акумулятора використовується не повністю (акумулятор частково заповнюється рідиною шкідливого об'єму Vz і його корисна ємність зменшується). Цей шкідливий об'єм (резерв) повинен

бути мінімальним, якщо не вимагається інше, а тому повинна виконуватися умова $p_{min} > r_n$ і мінімальне значення цієї різниці повинно бути таким, щоб покривати можливі значення похибки при налаштуванні автоматичного включення системи зарядки. Однак у всіх випадках при виборі початкового тиску газу слід намагатися досягти мінімального робочого тиску p_{min}, якщо не вимагається інше[11].

Процес стиснення газу від початкового тиску $p_н$ до мінімального робочого тиску p_{min} відбувається за тими ж законами, що і в розглянутому випадку.

$$Vз = Vк\ (1-p_н p_{min})\ [11]$$

З урахуванням цього корисний об'єм зменшиться при всіх інших рівних умовах на об'єм запасу Vз, і буде дорівнювати

$$Vn = V`n - Vз\ [11]$$

Підставивши в цей вираз значення Vз, з виразу , знайдемо корисний об'єм (ємність) акумулятора за умови $p_{min} > p_н$ і n = 1:

$Vn = V`n - Vз = Vк\ (1-p_н p_{max}) - Vк\ (1-рнрmin) = Vк\ (p_н p_{min} - p_н p_{max})$

або $VnVk=(p_н p_{min} - p_н p_{max})$[11]/

Об'єм V2 газової частини акумулятора в кінці зарядки рідиною(при p_{max}), визначений з урахуванням заданого допустимого діапазону робочих тисків в акумуляторі і корисної його ємності, можна знайти для ізотермічного процесу стиснення газу з співвідношення[11].

$$VnVk=pmaxpmin-1.\ [11]$$

Для політропної зміни стану (n>1) вираз приймає вигляд

$$V2 = V1\ (p1p2)1n = Vk\ (p_н p_{max})1n$$

та

$$p2 = p1\ (V1V2)n = p_{max} = рн\ (VkV2)n. \text{ [11]}$$

Відповідно до цього маємо

$$VnV2=(p_н p_{min})1n− (p_н p_{max})1n \text{ [11]}$$

та

$$VnVk=(p_{max} p_{min})1n− 1, \text{ [11]}$$

де n – показник політропи.

Виходячи з даних проведених розрахунків випливає що корисна ємність гідроакумулятора для роботи даної схеми повинна становити 50 л у подальшому будуть розроблена технічна документація для виконання гідроакумулятора під даний об’єм рис.(2.5).

2.3 Розрахунок на міцність гідроакумулятора

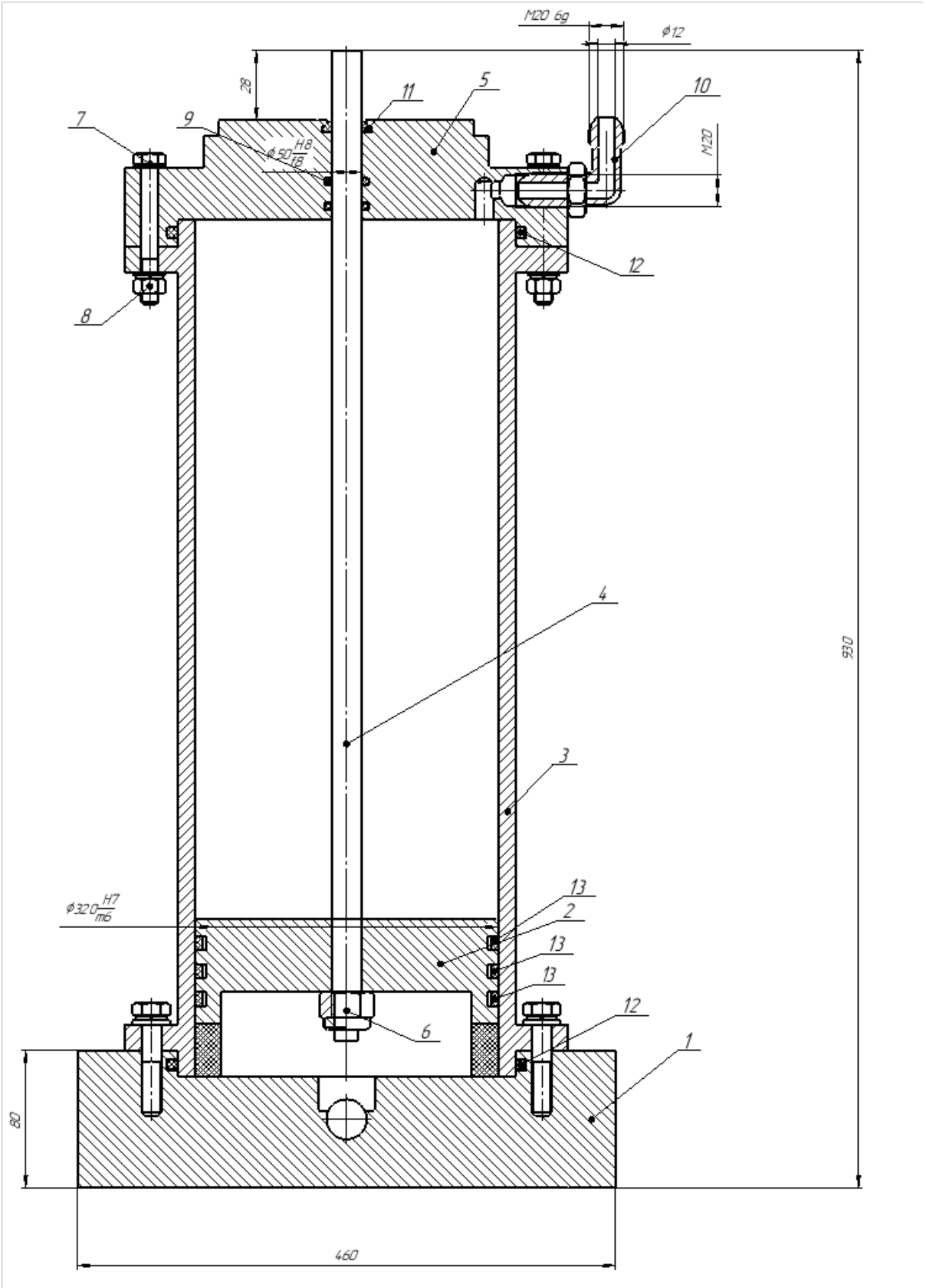

Рис 2.6. Складальне креслення гідроакумулятора.

Проведемо розрахунок для гідроакумулятора з наступними параметрами (рис. 2.5):

Vп = 60 л – корисний об’єм рідини;

pmax = 350 bar – максимальний тиск;

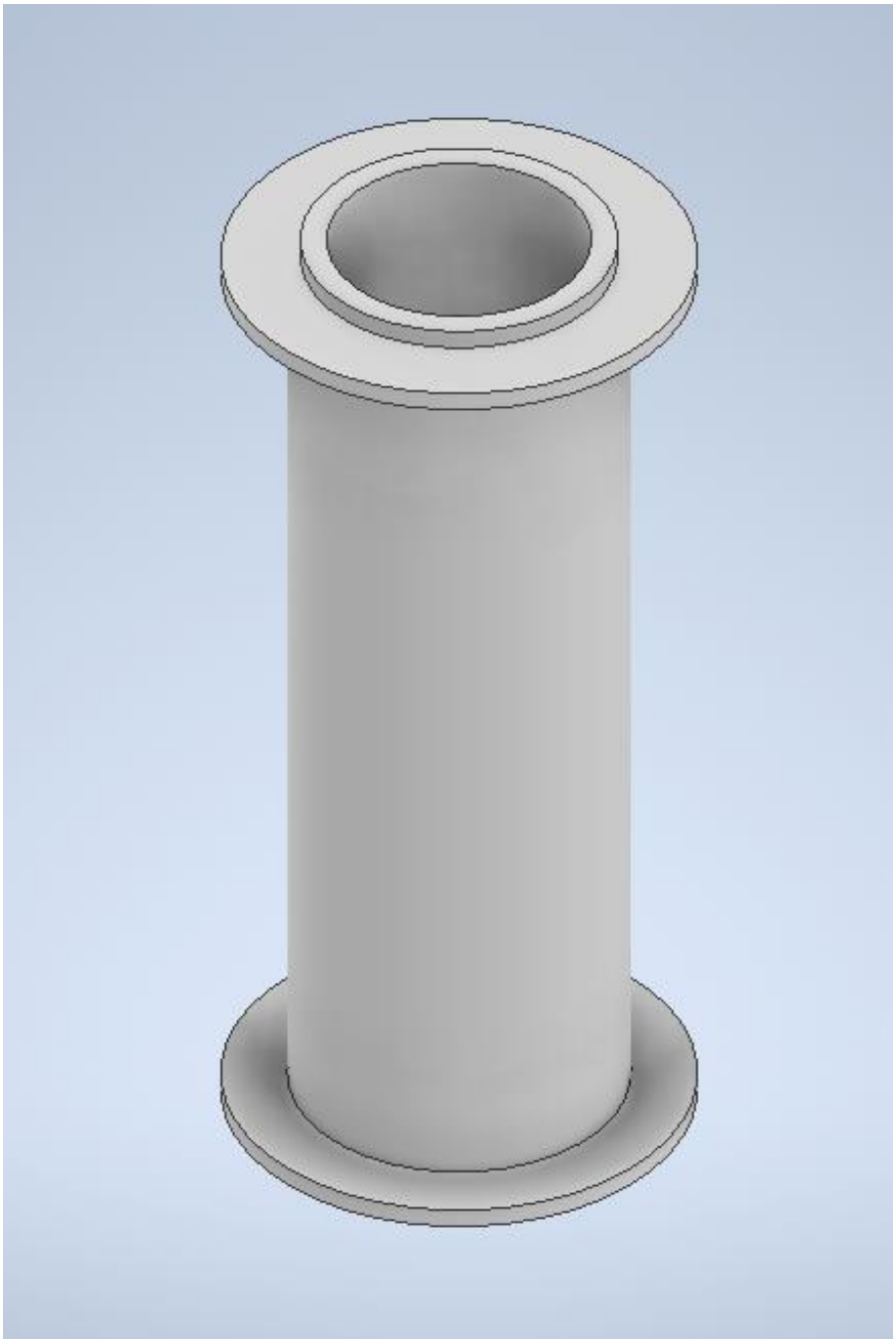

Рис. 2.5 – Модель гільзи для аналізу

Перевірку деталей гідроакумулятора проведемо за допомогою програми Autodesk Inventor.

Далі вибираємо матеріал для деталей:

Для гільзи візьмемо Сталь 25ХГСА, фізичні властивості зображено на рис. 2.16.

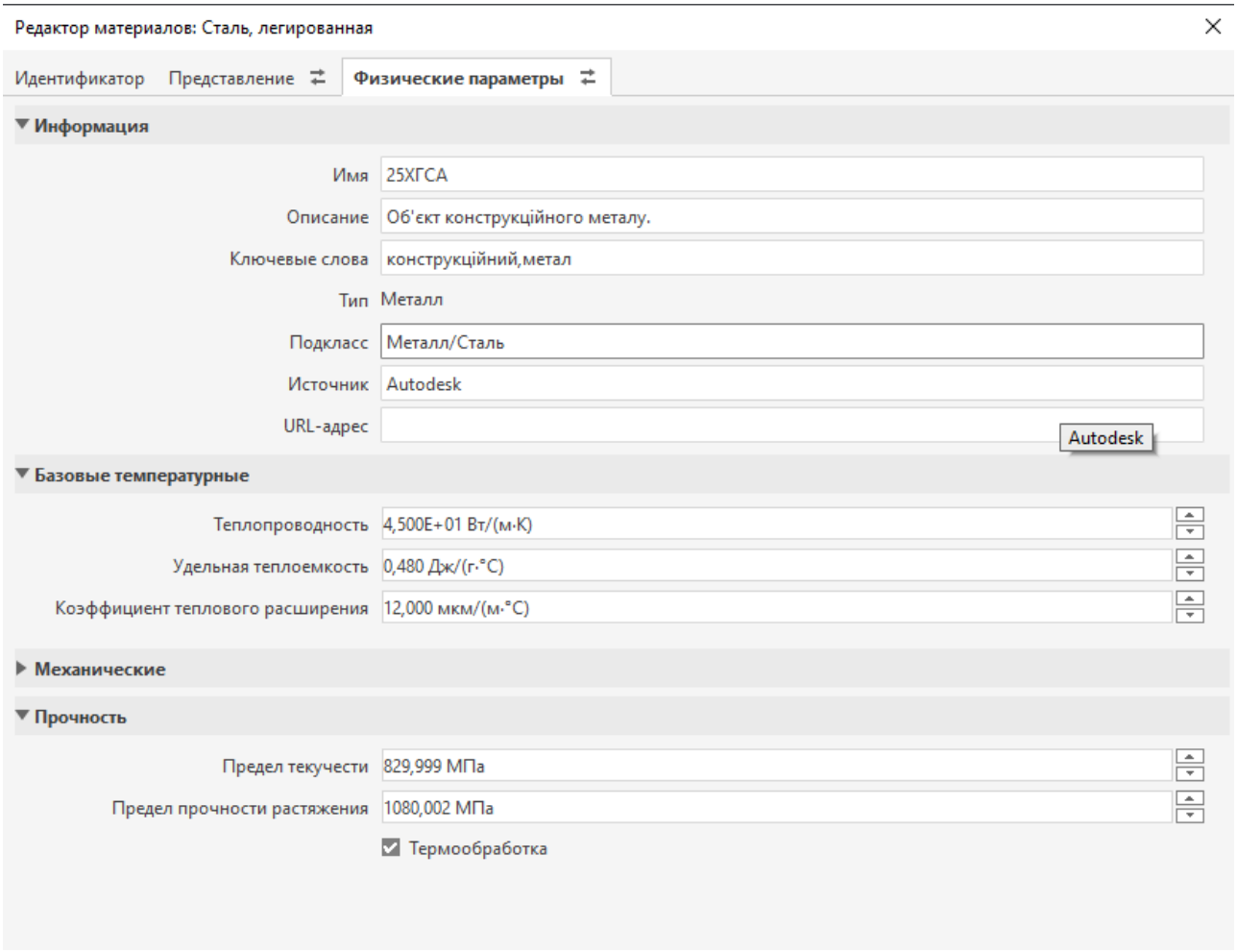

Рис. 2.6 – Матеріали деталі ГІЛЬЗА

Проаналізуємо деформації при тиску початкового заповнення p1 = 1 МПа. Вибираємо грані на які діятиме тиск та виставляємо значення (рис. 2.7).

Рис. 2.7 – Налаштування аналізу при початковому тиску

Коефіцієнт запасу міцності дуже високий, це видно з рис. 2.8.

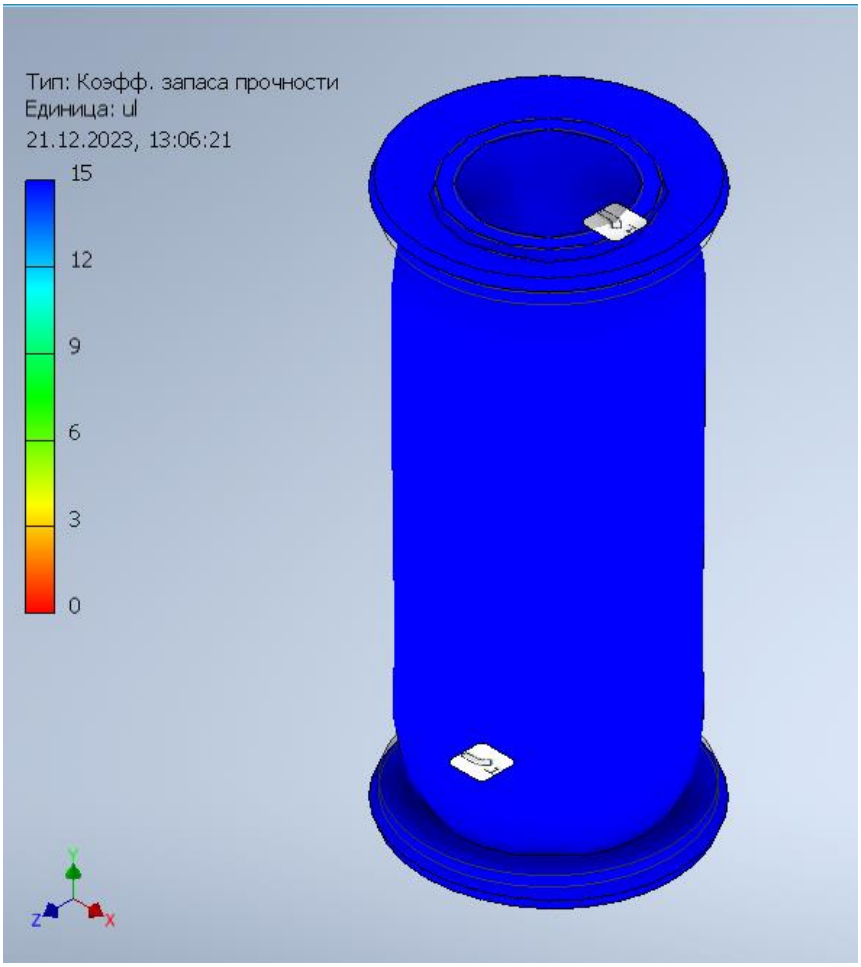

Рис. 2.8 – Результати аналізу коефіцієнту запасу міцності

За результатами дослідження (рис. 2.9) стає зрозумілим, що деталі витримують даний тиск без проблем, максимальна деформація дорівнює 0,0023 мм

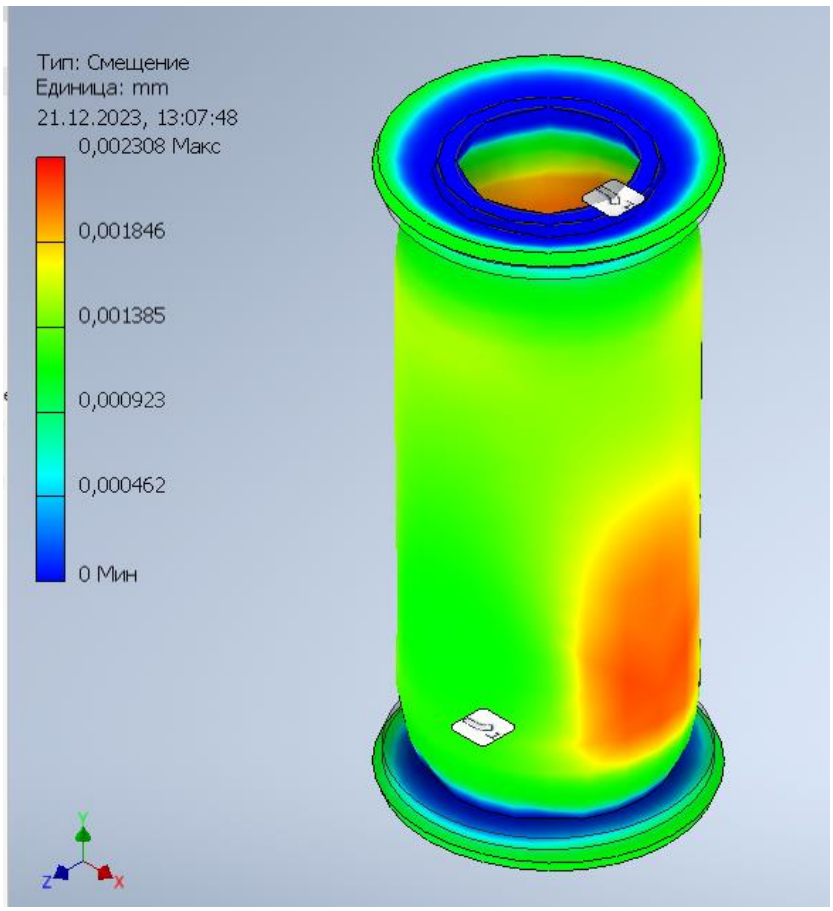

Рис. 2.9 – Результати аналізу зміщення

Наступним кроком проведемо аналіз при максимальному тиску рідини p_{max} = 35 МПа та при тиску газу після наповнення акумулятора рідиною p2.

Результати дослідження зображено на рис. 2.10 та рис. 2.11.

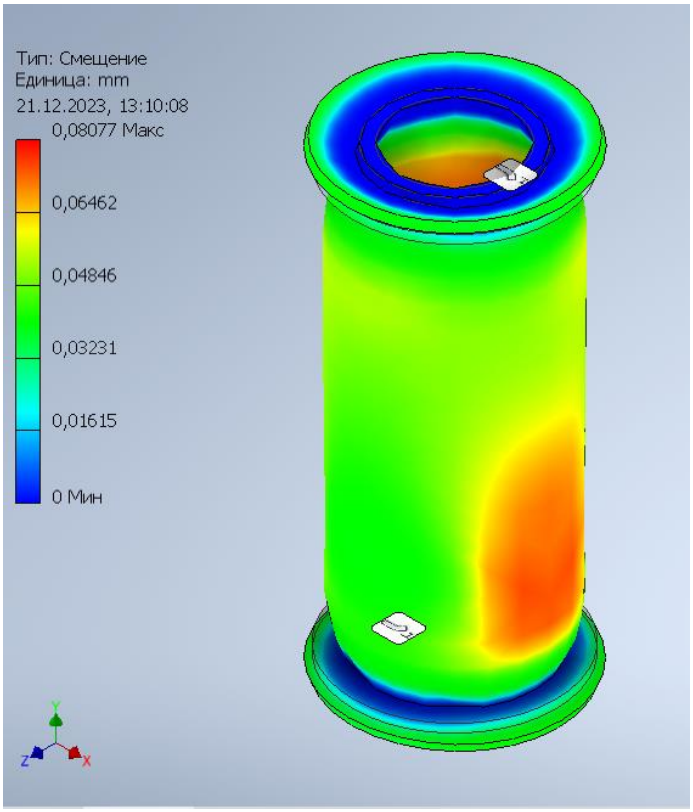

Рис. 2.10 – Результати аналізу зміщення при максимальному тиску

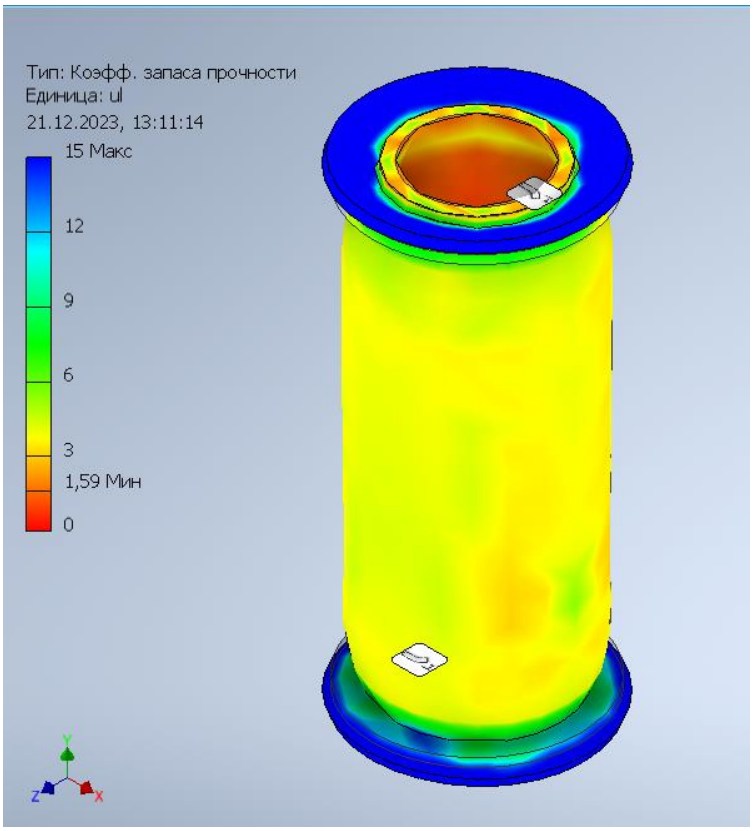

Рис. 2.1– Результати аналізу коефіцієнту запасу міцності

Після проведення досліджень можна зробити висновок що гільза буде витримувати задане навантаження.

Висновки до розділу 2

Було запропоновано рішення з покращення енергетично ефективності пресувального обладнання з використанням схеми з гідравлічним акумулятором енергії. Дана система дозволяє накопичувати енергію під час холостого ходу робочого органу опускання штампувальної матриці. З подальшим використанням накопиченої енергії для роботи системи подачі заготовок. Також було проведено гідравлічний розрахунок трубопроводів. Було проведено аналіз на міцність гільзи установки та виявлено, що гільза має достатній коефіцієнт міцності та витримує задане навантаження.

РОЗДІЛ 3. ПРОВЕДЕННЯ КОМПЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ГІДРАВЛІЧНИХ СХЕМ.

3.1 Підбір гідравлічних компонентів для проведення моделювання.

Рис. 3.1 Насос[13]

Переглянувши насоси різних виробників зупинився на такому який задовольняє мої параметри. Насос НАД174М-224/32 – регульований аксіально-поршневий насос із регулятором потужності. Призначений для створення постійного у напрямку потоку робочої рідини у промислових відповідно до ГОСТ 17411-91. Продуктивність поршневого НАД174М-224/32 - 200 літри в хвилину , тиск - 32 МПа.[13]

Таблиця 3.1 Характеристики насоса[13].

Технічні характеристики аксіального насосу	НАД174М-224/32	
	поршневого	шестеренного
Робочий об'єм, см³	224	28
Подача, л/хв (хв-ном)	20-200	22
Тиск на виході, МПа ном/макс	32/40	2,5/3
Тиск на вході, МПа (min/max)	-0,02/0,05	
Частота обертання, об/хв	500/1500	
Напрямок обертання	праве/ліве	
Механізм регулювання подачі	регулятор потужності	
Діапазон регулювання подачі	0,1-1,0	
Номінальна потужність, кВт	118,5	
ККД, %	≥0,89	
Коефіцієнт подачі	≥0,94	≥0,87
маса, кг	358	

Гідророзподільник ВЕ10.44.

Рис. 3.2 Розподільник[14]

Переглядаючи каталоги з розподільниками вибрав даний виробів принцип роботи ВЕ-10.44: Золотник фіксується пружиною у неробочому положенні. Електромагніт (соленоїд, котушка), порожнина якого заповнена олією, приводить у дію золотник. Толкатель передає зусилля від котушки на

золотник, переміщуючи їх у необхідну позицію, рухаючи потік рідини у потрібному напрямі (Р-А; В-Т; Р-В; А-Т). Золотник переміщається у вихідну позицію поворотною пружиною після відключення соленоїду з можливістю залучення ручного дублера ВЕ-1044. [14]

Таблиця 3.1 Характеристики розподільника[14].

Параметр		Технічні характеристики гідророзподільника ВЕ 10 44
d проходу, мм		10
Витрата, л/хв		До 120
nom. тиск на вході, МПа		32
max. тиск, МПа	на виході	16
	управління	0,6-6,0
вага, кг		1,6
Гідросхема		44
Встановлення золотника		Пружинне повернення
Хід золотника, мм		2,5
n електромагнітів		2
Тип електромагнітів		ЕМЛ-1203, ЕМ-25М
Напруга, В		12, 48, 24 постійного струму, 110, 220 – змінного струму
Час включення, хв		10
max. число включень за годину		7200 (змінний струм), 15000 (постійний струм)
клімат. Виконання Категорія розміщення		УХЛ4, О4, ХЛ1
t рідини, °С		-30 ... +80
В'язкість рідини, ст		10-380
Тонкість фільтрації, мкм		25

Під час моделювання будуть використовуватися параметри даного насоса та розподільників. Використовуючи пропускні параметри.

3.2 Побудова математичних моделей схем у застосунку Simulink програми Matlab.

Гідравлічна принципова схема. До модернізації.

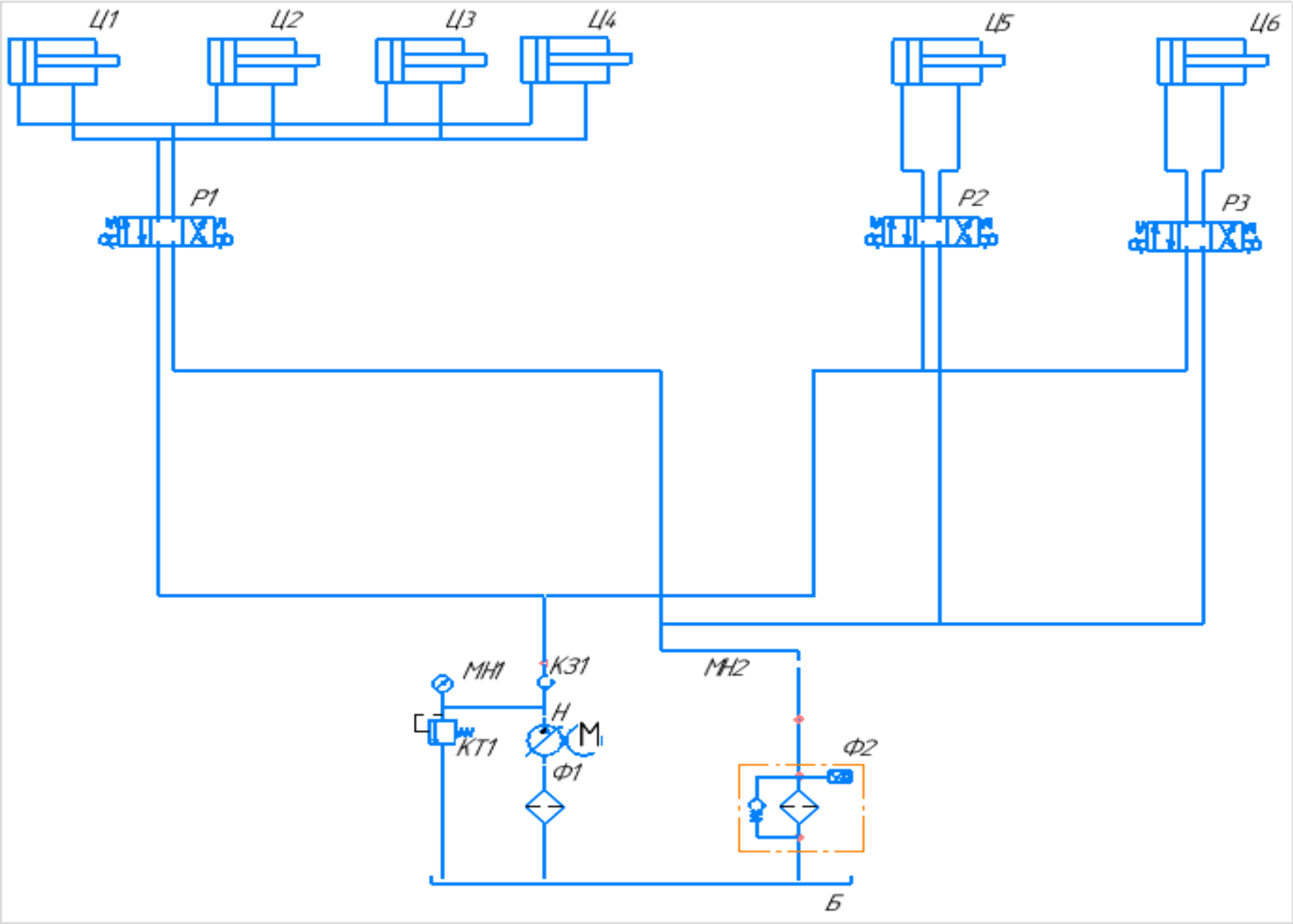

Рис. 3.3 Гідравлічна принципова схема. До модернізації.

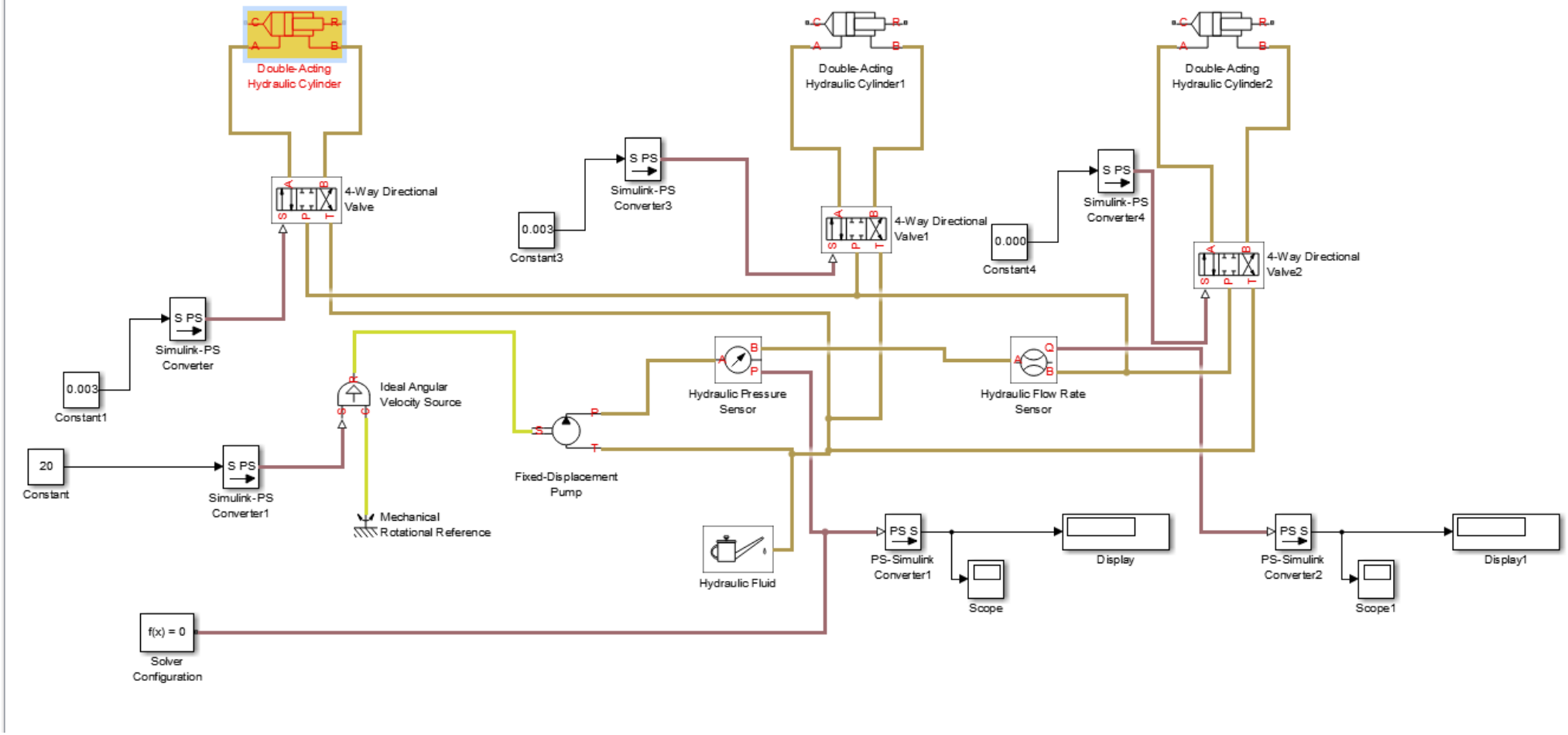

Рис. 3.4 Побудована математична модель в застосунку Simulink. Встановлені датчики для зняття інформації та побудови графіків.

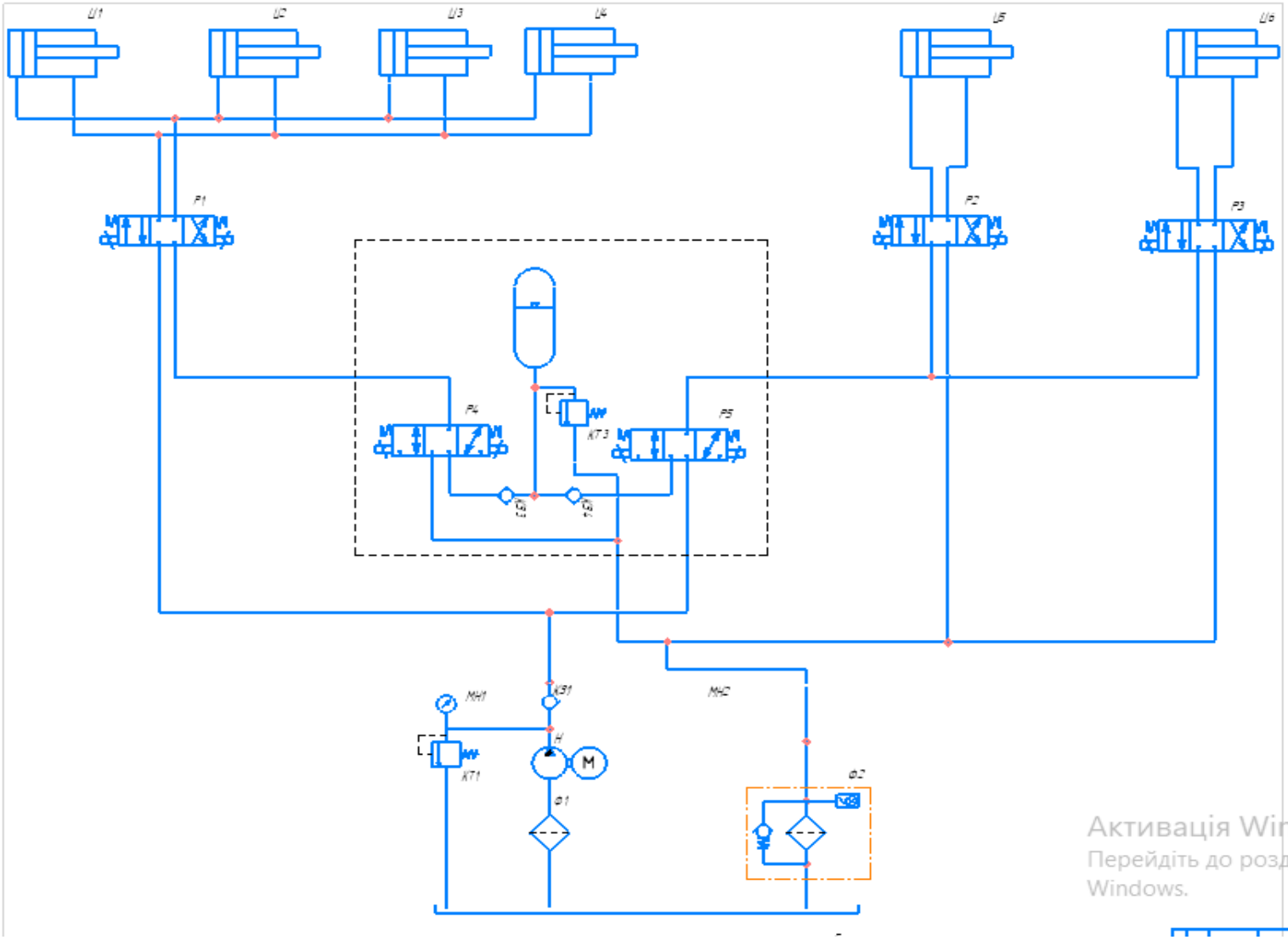

Рис. 3.5 Гідравлічна принципова схема. Після модернізації з встановленим гідроакумулятором.

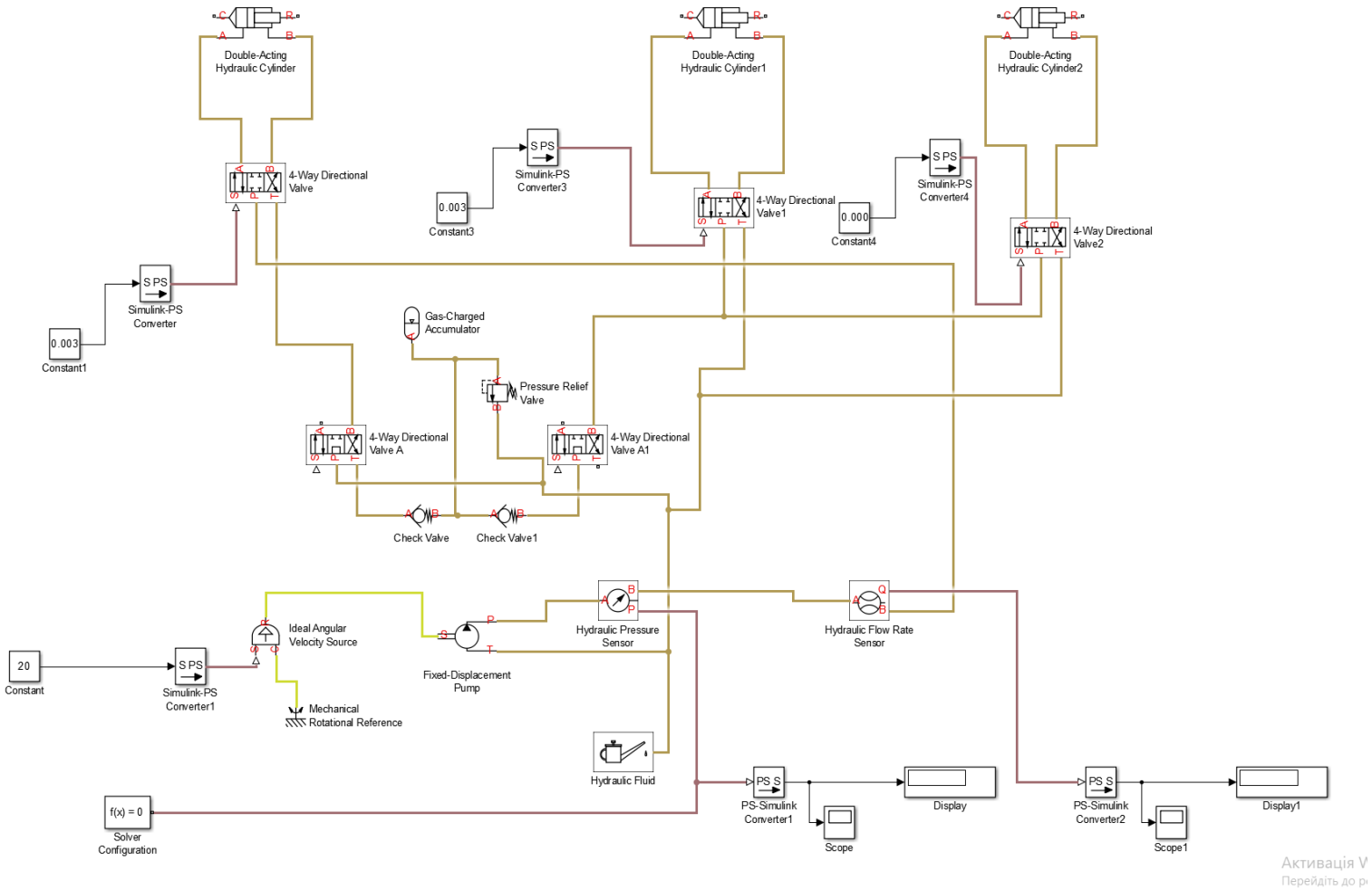

Рис. 3.6 Побудована математична модель в застосунку Simulink. Встановлені датчики для зняття інформації та побудови графіків.

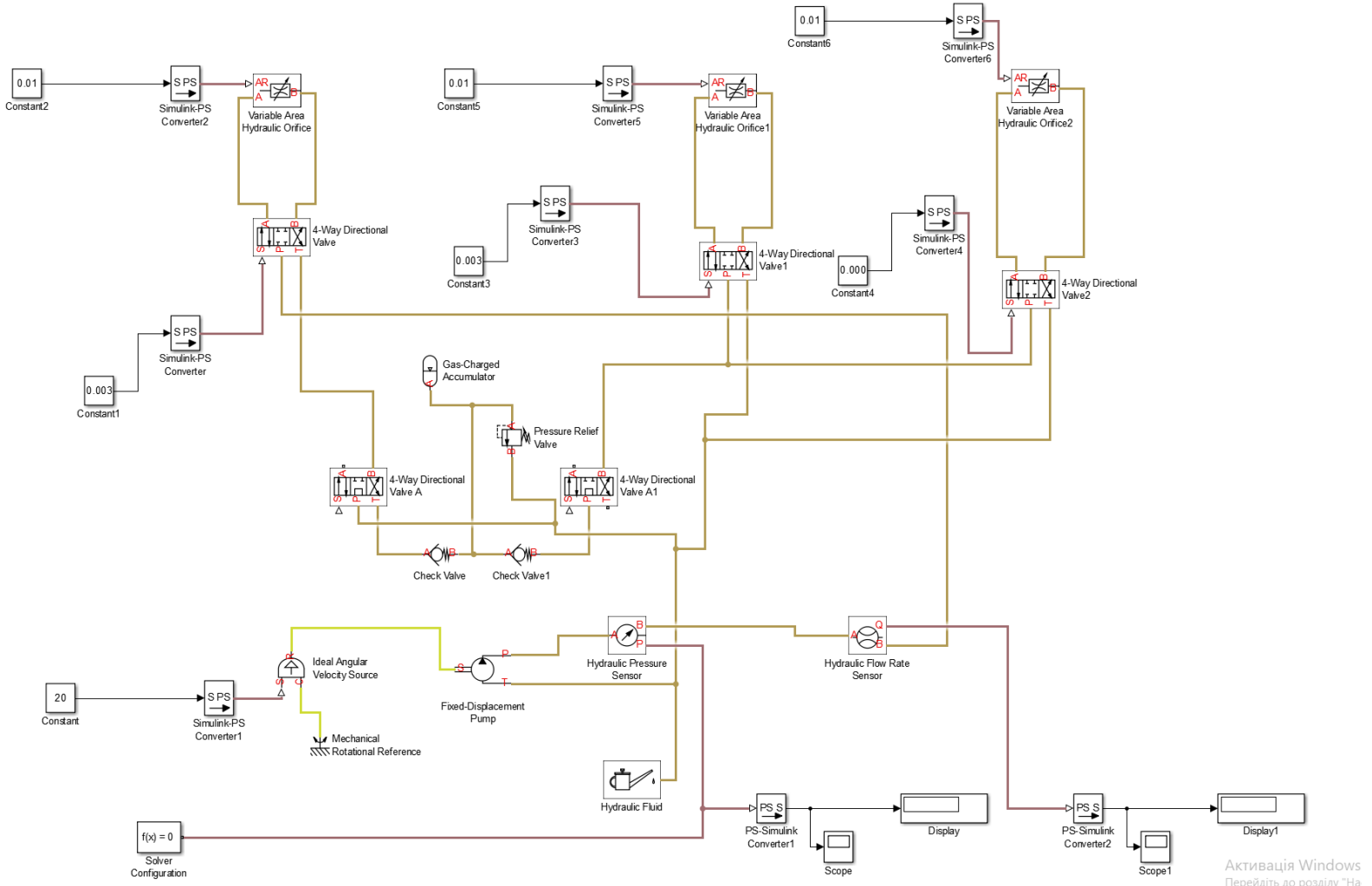

Рис. 3.7 Спрощена попередня схема гідравлічні циліндри замінено керованим гідравлічним опором для спрощення задання навантаження.

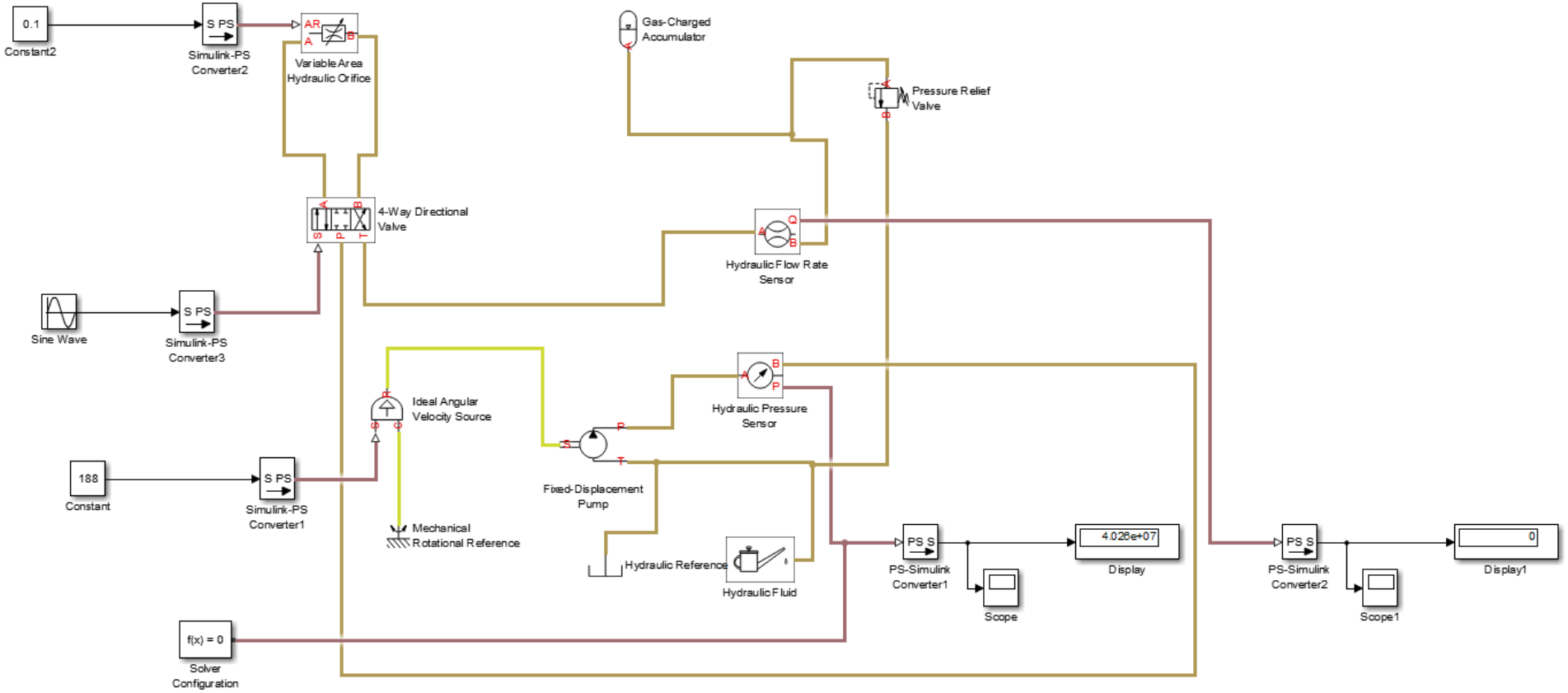

Рис. 3.8 Схема для розрахунку часу наповнення та тиску в гідроакумуляторі.

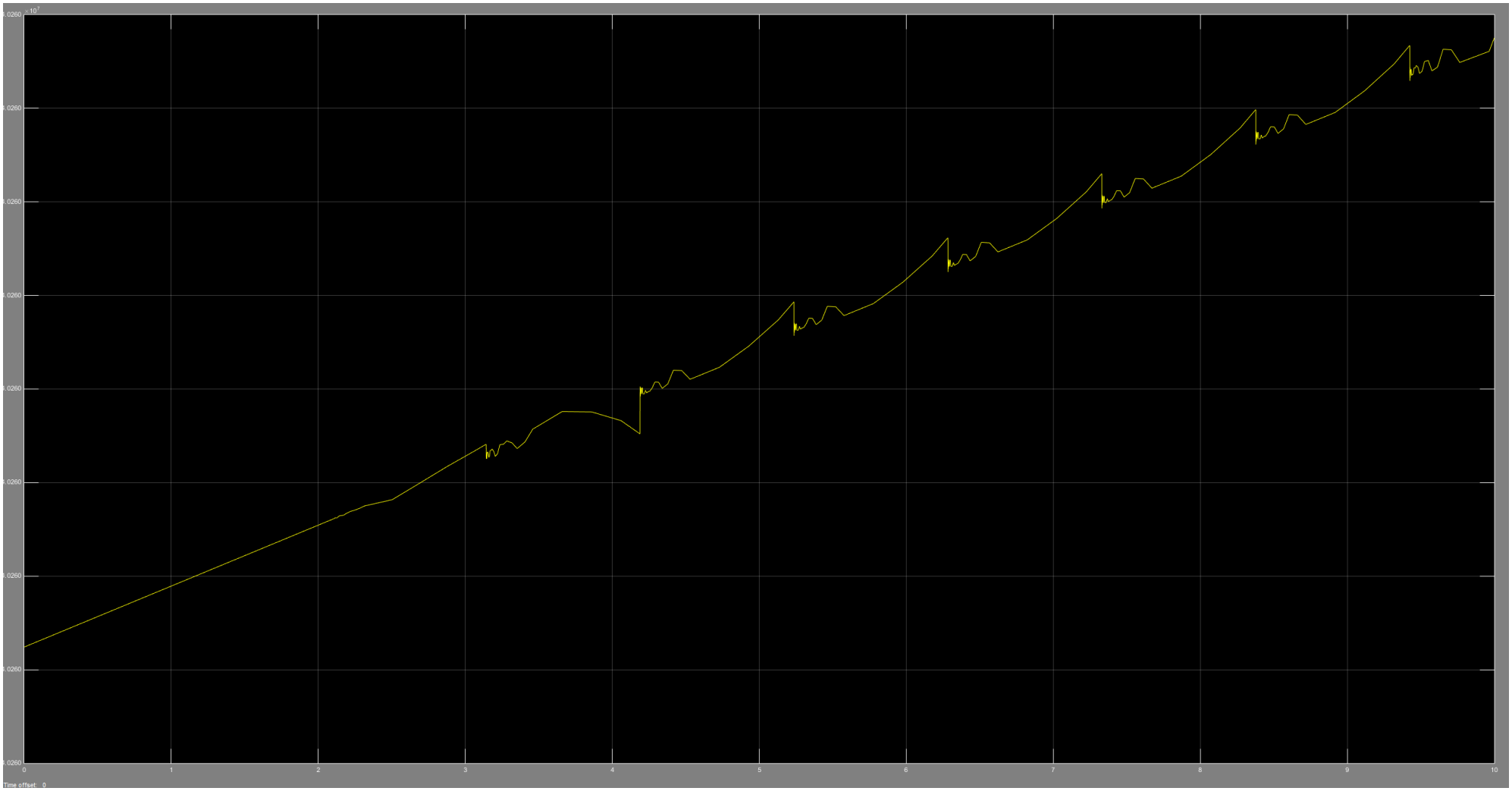

Рис. 3.9 Графік накопичення тиску в гідроакумуляторі.

Далі розіб’ємо схему на шматок для дослідження спадання тиску в гідроакумуляторі для роботи гідроциліндрів 5,6. Вхідні умови гідроакумулятор повністю наповнений рідиною після першого циклу.

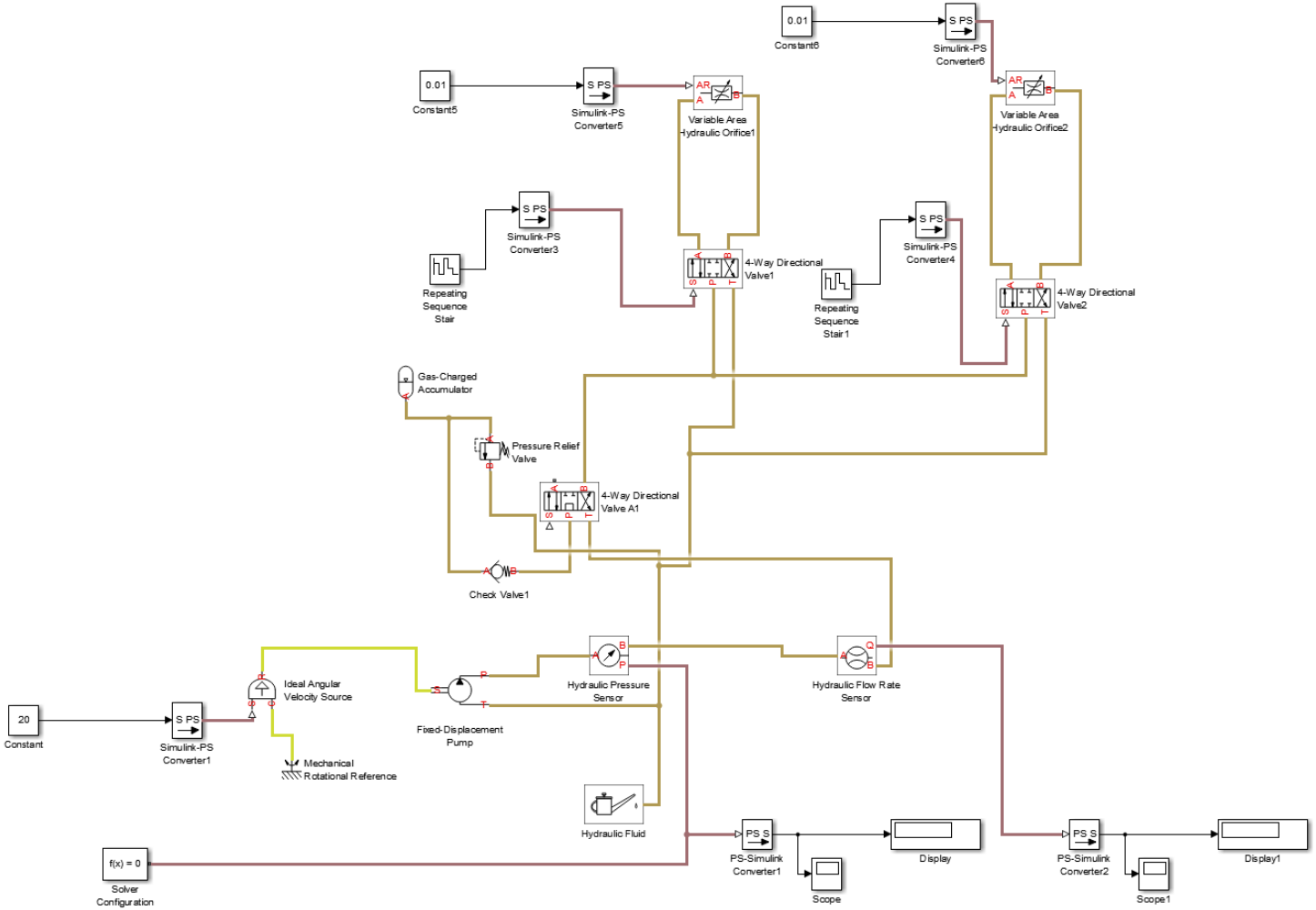

Рис. 3.10 Схема для дослідження спорожнення гідроакумулятора

На даному графіку зображено роботу додаткових приводів штампувального верстату від гідроакумулятора. З даного графіка видно що об’єму розробленого гідроакумулятора вистачає для одного циклу роботи приводів і ще залишається тиск.

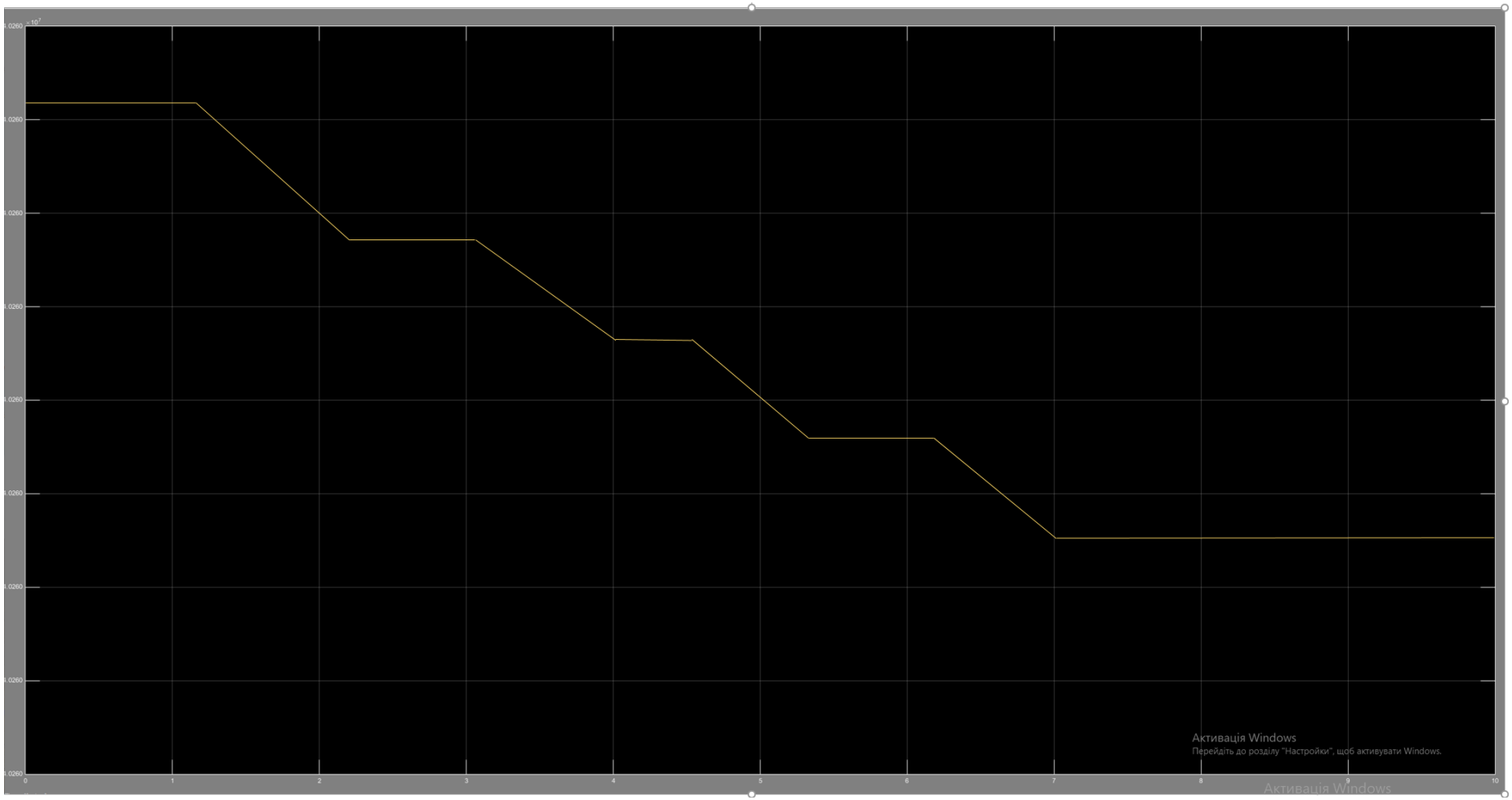

Рис. 3.11 Графік спорожнення гідроакумулятора.

Далі проведемо дослідження вихідної енергії гідравлічного насоса під час роботи циклу схеми до модернізації.

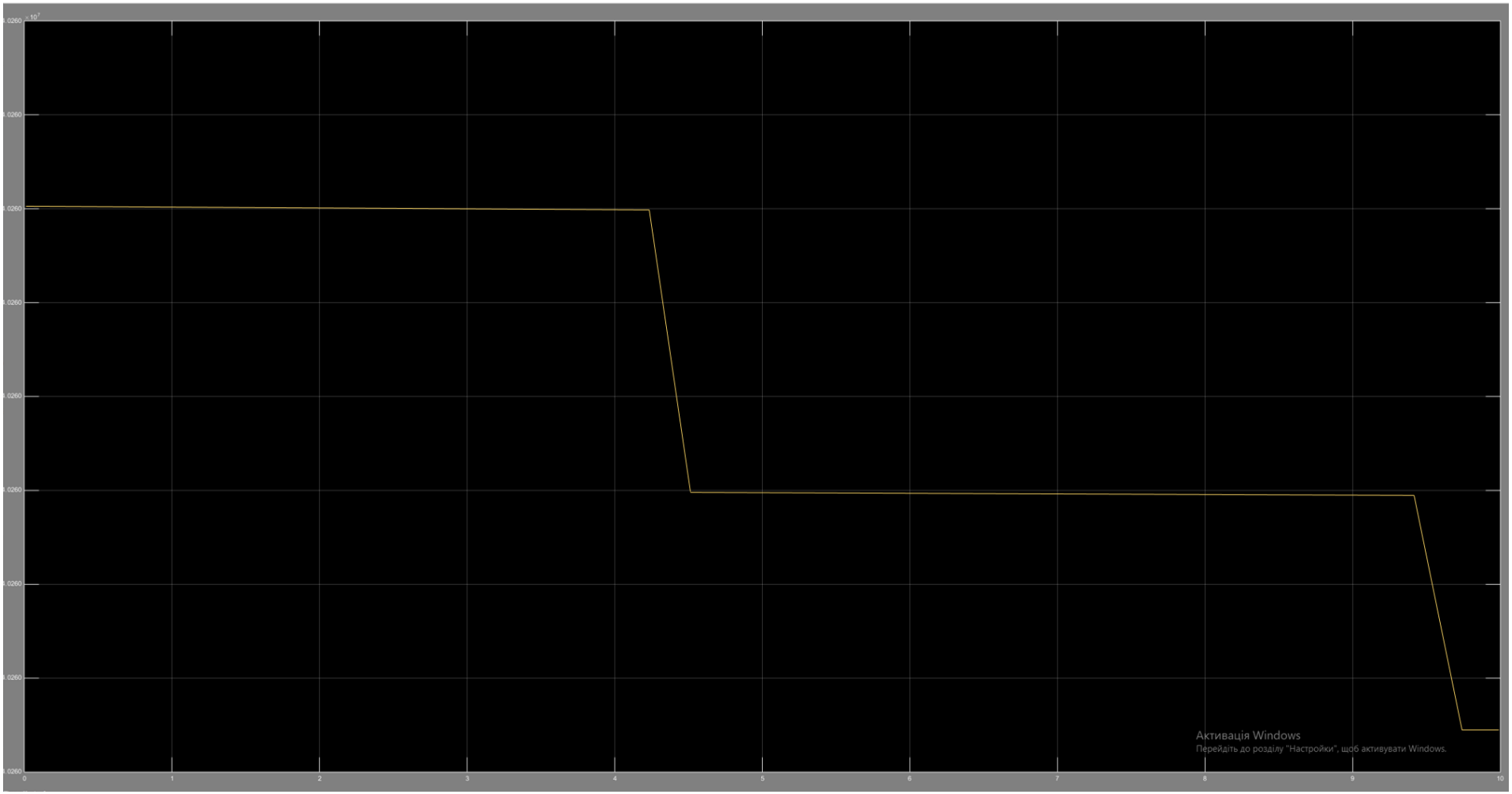

Рис. 3.11 Графік Вихідної енергії гідравлічного насоса без системи рекуперації

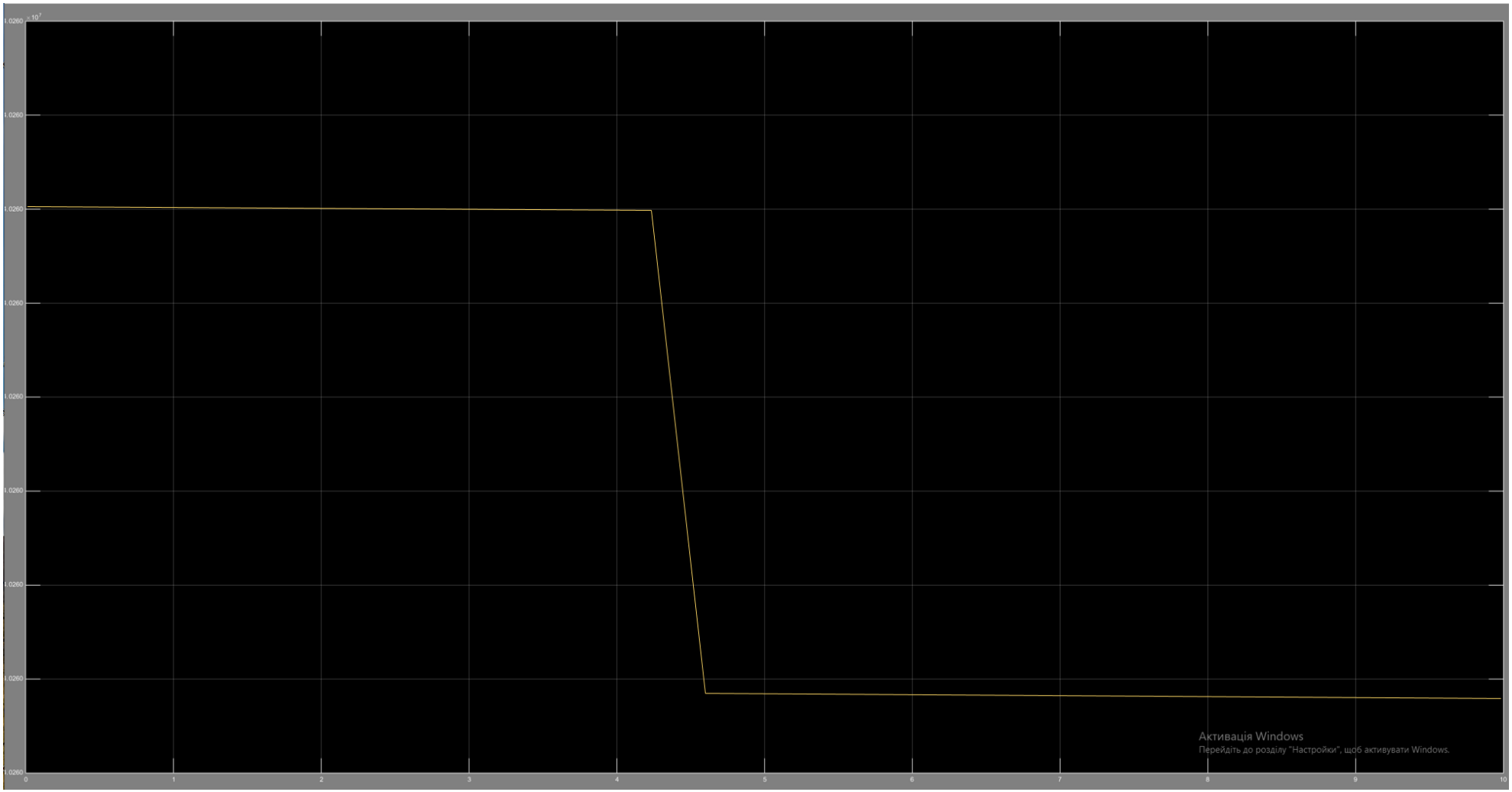

Рис. 3.11 Графік Вихідної енергії гідравлічного насоса з системою рекуперації

Після проведень дослідження модернізованої схеми вихідної енергії гідравлічного насоса бачимо що споживання енергії зменшилося за рахунок того що додаткові циліндри працюють від гідроакумулятора. А під час цієї роботи насос переводить у режим холостого ходу. Провівши розрахунки було з'ясовано що витрата енергії при роботі даних приводів падає на 40%.

Висновки до розділу 3

У даному розділі було проведено моделювання роботи системи у програмі Matlab Simulink, а саме були розроблені схеми для проведення моделювання. В деяких випадках для спрощення розрахунків схеми розбивалися на під схеми. Були побудовані графіки наповнення та спорожнення гідроакумулятора та з'ясовано що він підібраний і розроблений правильно а також розрахована потужність використовувана схемою під час роботи. І з'ясовано що гідроакумулятор працює у своєму режимі роботи.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.

1.1.Завдання на розробку технологічного процесу

Назва деталі - «Гільза»

Службове призначення - Деталь є циліндром для гідроакумулятора

Матеріал - СЧ10

Рис. 3.1. Поршень гідроакумулятора. Конструктивно-технологічні елементи: внутрішня циліндрична поверхня ; – канавка під манжетне ущільнення (3 шт.); – канавка під направляючі півкільця; – розточка; – фаски.

Поршень виготовляється із матеріалу Сталь 40Х. Сталь 40Х – це конструкційна легована сталь. Призначена для виробництва деталей підвищеної міцності. Продукція зі сталі 40Х виготовляється відповідно до вимог стандартів ДСТУ 7806 і ГОСТ 4543. Конструкційну леговану сталь марки 40Х використовують при виробництві деталей підвищеної міцності (осі, вали, валшестерні, плунжери, штоки, колінчаті і кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправлення, рейки, губчаті вінці, болти, півосі, втулки та інші).

1.2 Розробка маршрутного технологічного процесу

Конструкцію деталі можна розділити на сукупність типових геометричних фігур, які об’єднані загальним службовим призначенням деталі. Типовими елементами конструкції є: циліндричні внутрішні поверхні та сукупність площин. Практикою машинобудівного виробництва накопичено виробничий досвід технологічних послідовностей оброблення типових поверхонь для забезпечення заданої точності розмірів і параметрів шорсткості робочих поверхонь [21].

Загальні правила розробки процесу технології виготовлення[21]:

1. Спочатку проводиться обробка поверхні яка служить технічною основою для подальшої обробки.

2. Кожна наступна операція повинна покращувати якість обробленої поверхні.
3. Чорнову обробку слід враховувати в різних операціях.
4. Чистові роботи проводити в кінці технічного процесу.
5. Якщо він не служить основою для монтажу, то отвори необхідно просвердлити в кінці технологічного процесу.
6. Обробку поверхонь з точним взаємним положенням слід проводити за одну операцію.
7. Переходи слід розміщувати так, щоб мінімізувати шлях нестійких інструментів.

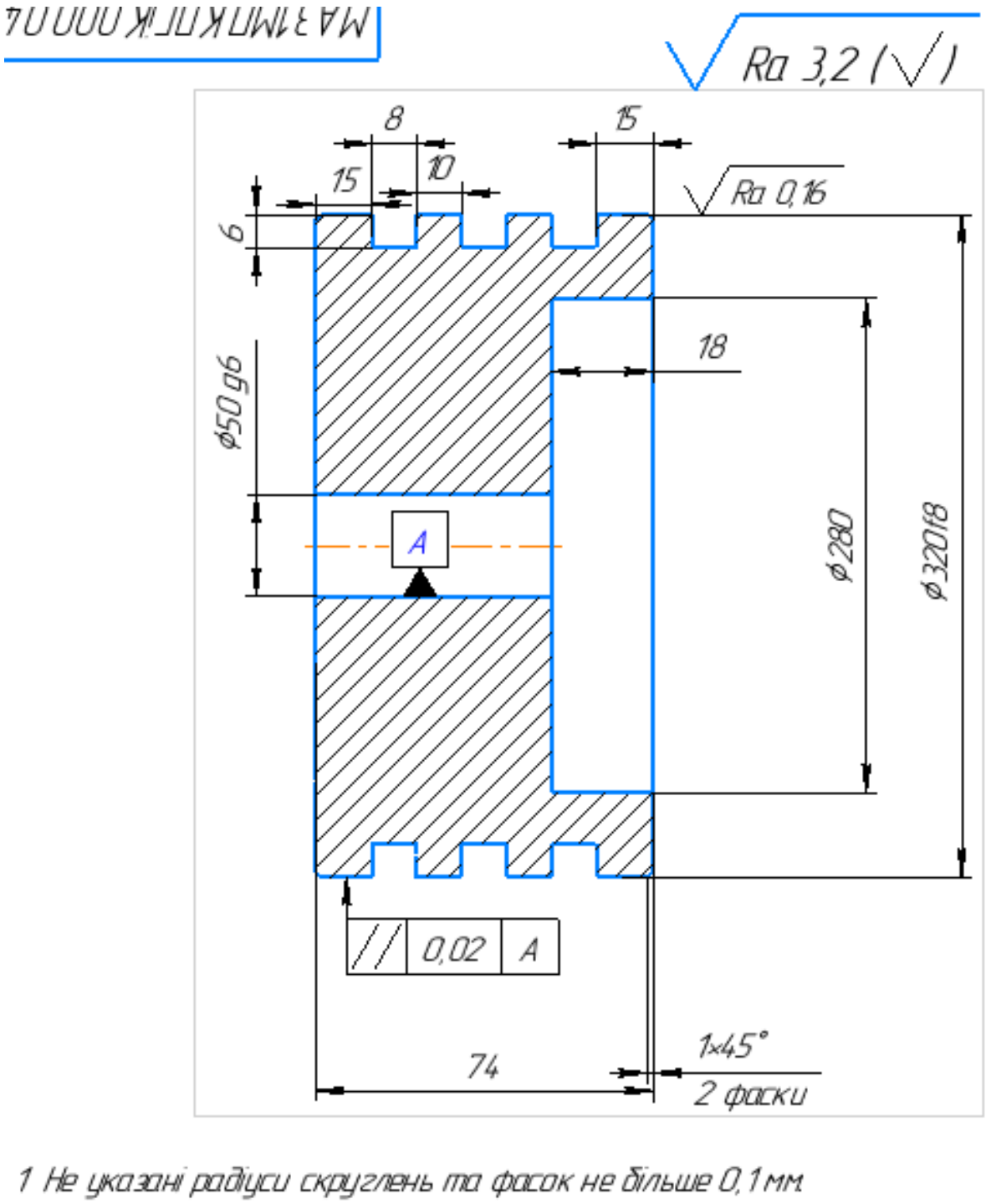

Рис.4.1. Креслення деталі.

При виборі методу отримання заготовки в першу чергу враховують матеріал деталі, тип виробництва, якість поверхонь заготовки та її точність, а також можливості наявного обладнання. В якості заготовки обираю кругляк Ø325 мм. ГОСТ 2590-2006. . Ширина різання 1-2,5 мм., точність різання 2 мм до 3мм. Відрізаємо частину довжиною 80 мм.

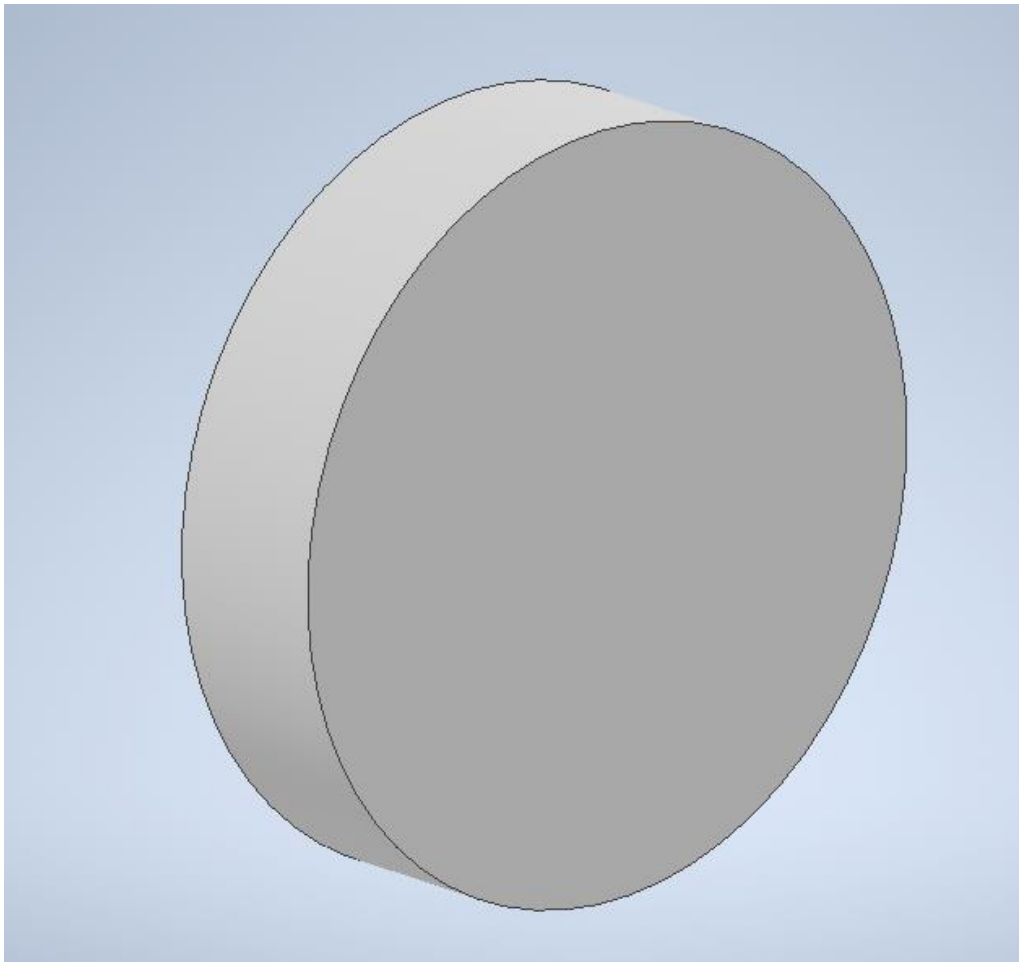

Рис.4.2. Відрізання необхідної частини.

Робимо центрувальні отвори з обох сторін, за допомогою свердла Ø 12 ГОСТ 14952-75 Р6М5

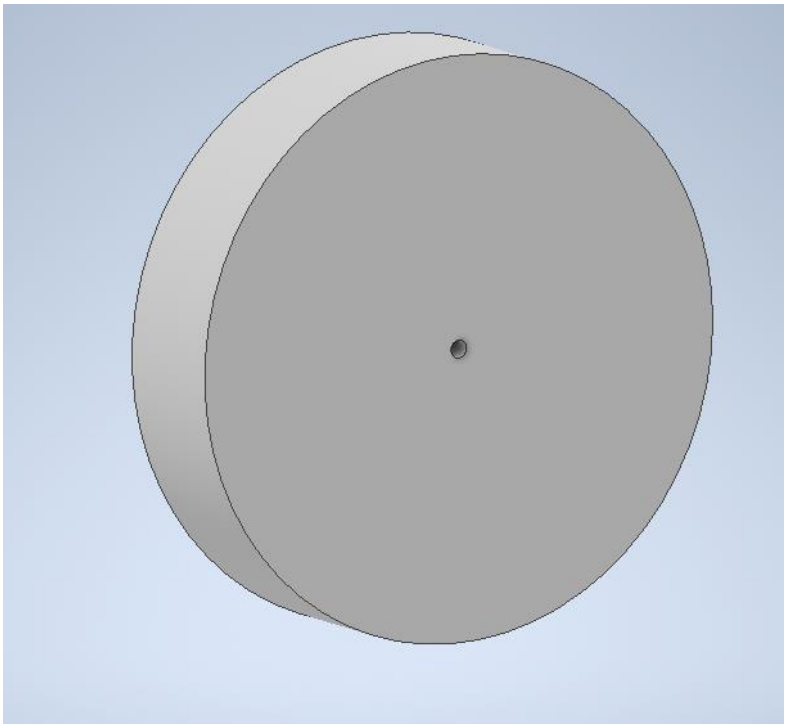

Рис.4.3. Центрувальні отвори.

005. Свердлильна операція.

Формується внутрішня циліндрична поверхня поршня. Обробка відбувається на токарно-гвинторізному верстаті. Робимо наскрізний отвір (Свердло спіральне 2301-0125 ГОСТ 10903 діаметром 50 мм)

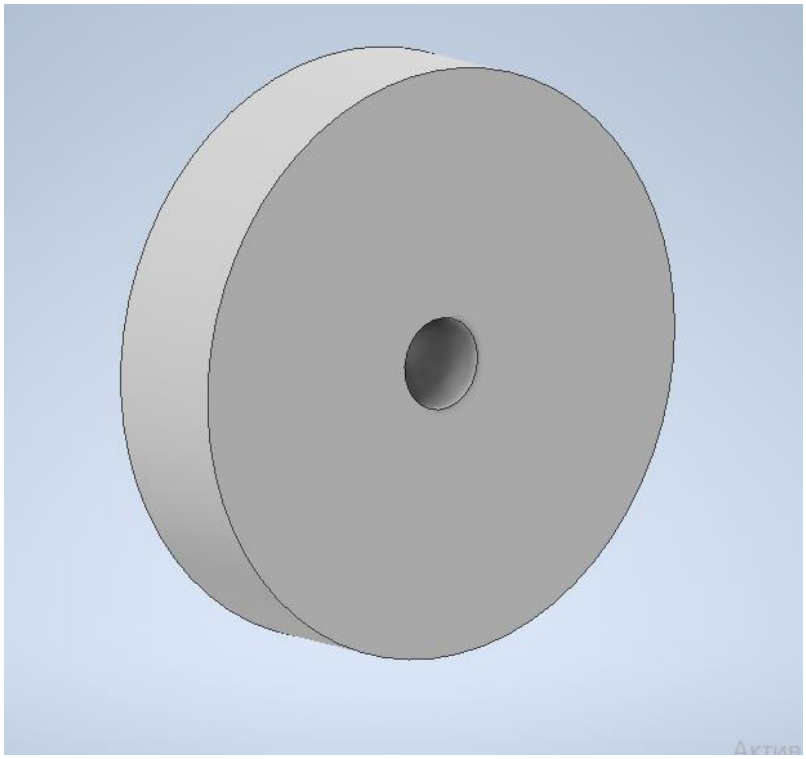

Рис. 4.3 – Операція свердління

010. Токарна операція

Розточування отвору діаметром 280мм на глибину 22 мм .

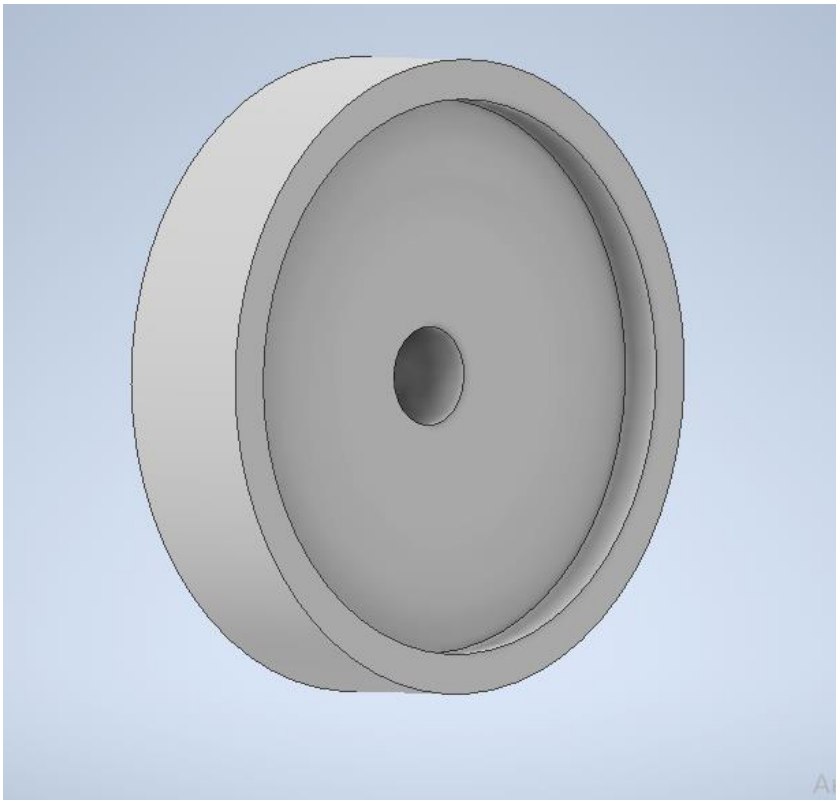

Рис.4.4 – Токарна операція розточування

015. Токарна операція.

Обробляється зовнішня циліндрична поверхня поршня та канавки під манжетні ущільнення і направляючі полукільця. Виточуємо канавки під кільця та ущільнення (канавочний різець ГОСТ 18885-73 25х25х240)

015.01. Обточити в розмір (рис. 4.5).

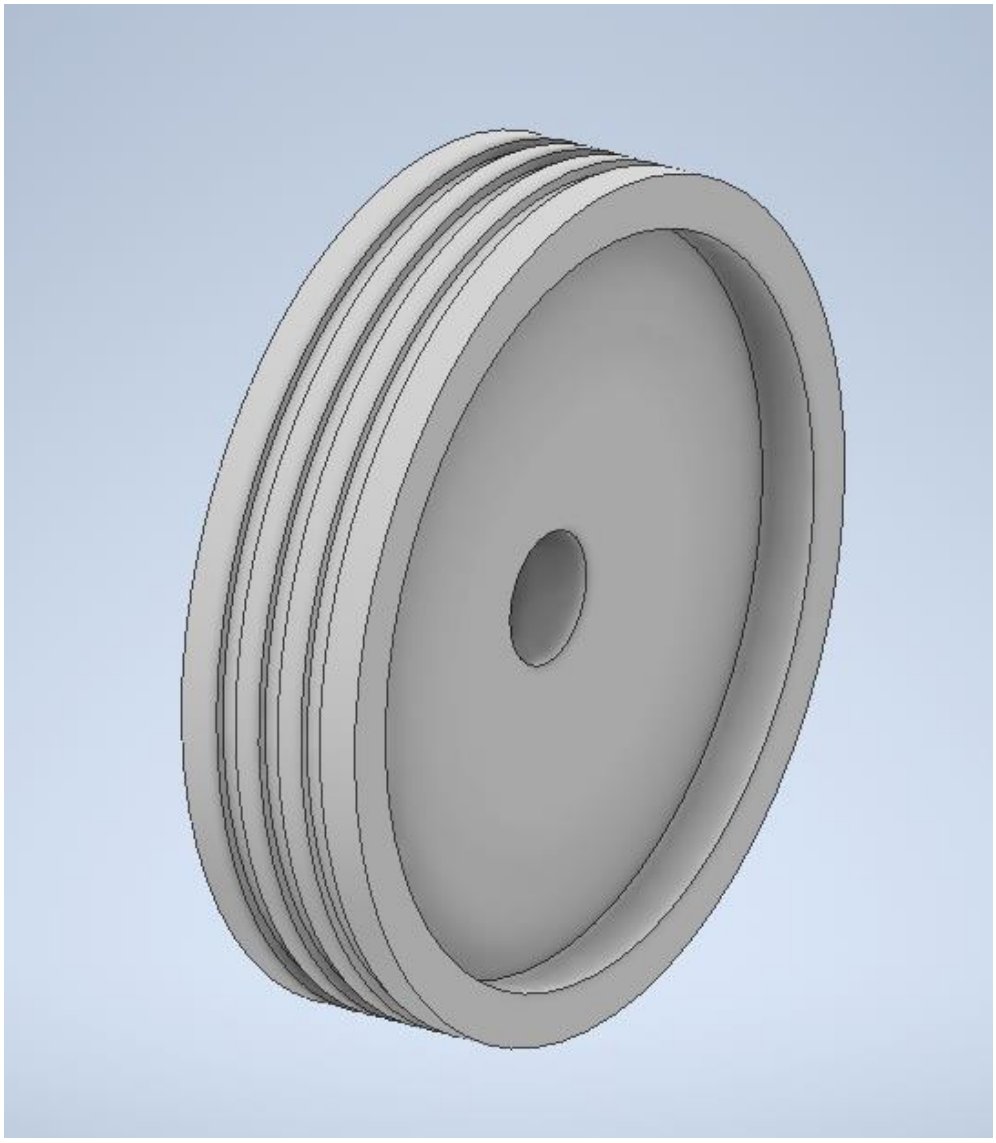

Рис.4.5 – Токарна операція розточування канавок

025. Контроль

Під час цієї операції проводиться контроль відповідності виготовленої деталі вимогам, що зазначені на кресленні. Інструмент:

- штангенциркуль ШЦ-І-400 0,001;

- нутромір НИ-18-50/150-0,01;
- мікрометр УТ-72305;
- індикатор годинникового типу ИЧ-12.

Висновки до розділу 4

У цьому розділі було розроблено технологію виготовлення деталей поршня, обрано інструмент, визначено наявність, форму та матеріали заготовок, а також розраховано допуски на виготовлення деталей.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СТАРТАП – ПРОЄКТУ

Зовнішній вигляд готової установки для проєкту.

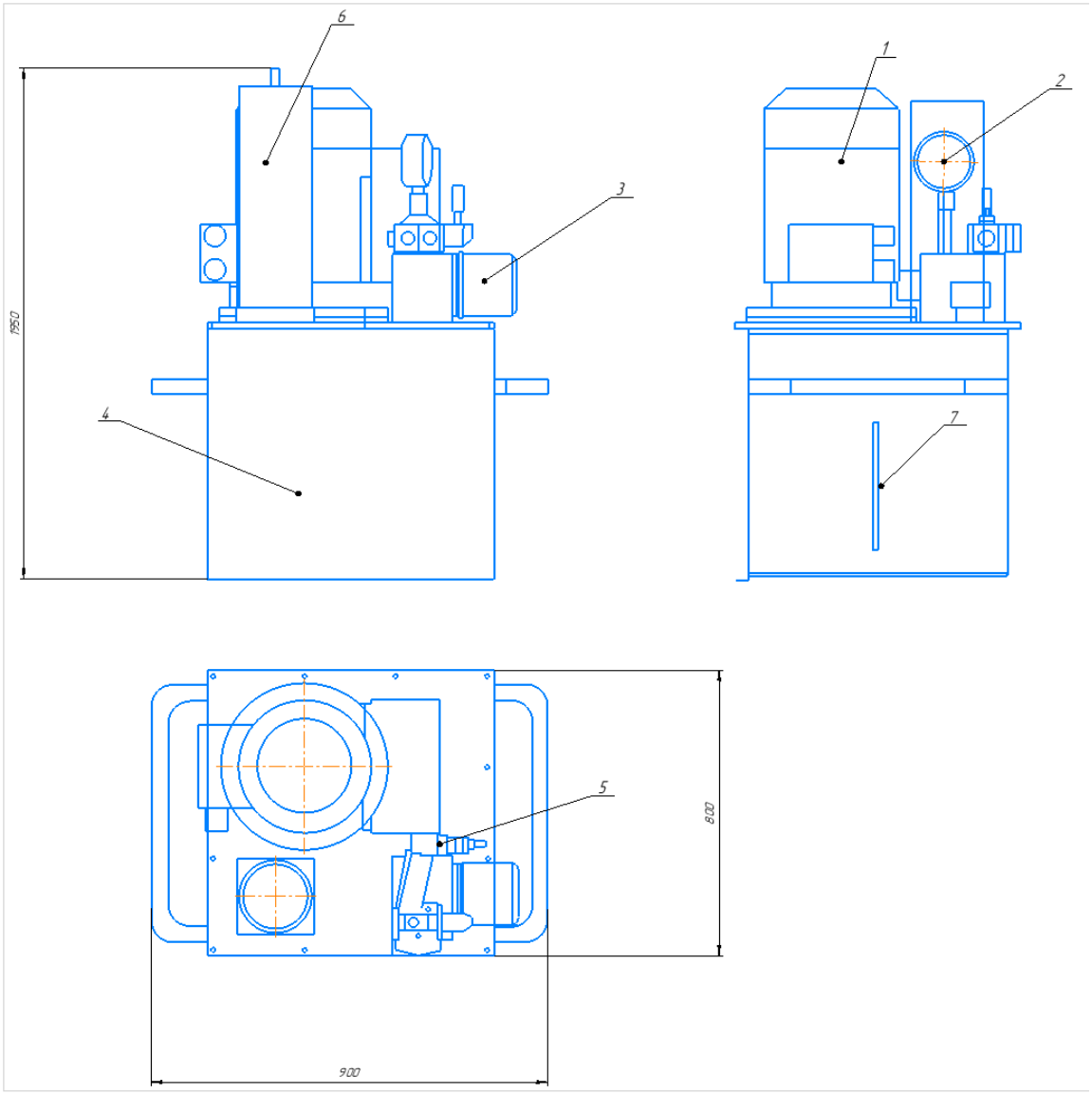

Рисунок 5.1 – Установка рекуперації енергії

Розділ має на меті проведення маркетингового аналізу стартап проекту установки для рекуперації для визначення можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження [21].

5.1. Опис ідеї проекту

Таблиця 5.1 Опис ідеї стартап-проекту[21]

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення установки регенерації енергії для модернізування застарілих апаратів.	1.Преси, верстати.	Економія ресурсів та збільшення ефективності системи
	2.Модернізація установок.	Можливість модернізувати установку а не купляти нову.

Таблиця 5.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту[21]

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент1	Конкурент 2			
1.	Збільшення енергоефективності.	За бажанням замовника	Невідома	Невідома			+
2.	Модернізація	За бажанням замовника	Невідома	Невідома			+
3.	Можливість переміщення установки.	За бажанням замовника	Невідома	Невідома		-	

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї установки для рекуперації є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

5.2. Технологічний аудит установки для рекуперації проекту

Таблиця 5.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту[21]

№ п/п	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
	Технологія 1 (технологія виготовлення товару, надання послуги)	Чи вони наявні, або ж необхідно їх розробити/доробити?	Чи вони доступні авторам проекту?
1	Гідроакумулятор	+	+
2	Програма керування	-	+
3	Апаратура для керування	+	+

На основі аналізу табл.5.3 можна розбити висновок, що технологічна реалізація проекту можлива.

5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

У даному розділі визначено ринкові можливості, 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.[21]

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту[21]

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	невідомо
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	-

5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Робота при великих зусиллях та тисках.
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	18-20

Таблиця 5.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту[21]

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Зменшеня витрати ресурсів.	Заводи,підприємства	1) Стандарт ISO/IEC17025; 2) Сертифікат безпеки компонентів MSDS;	Підвищення ККД
2	Можливість модернізації застарілого обладнання	Заводи,підприємства	1) Стандарт ISO/IEC17025; 2) Сертифікат безпеки компонентів MSDS;	Швидка модернізація та налаштування обладнання.

Після визначення потенційних груп клієнтів було проведено аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. №№ 6-7).[21]

Таблиця 5.6. Фактори загроз[21]

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії

1	Вартість обладнання	Вартість модернізації системи	Відмова від зміни внутрішньої будови
2	Вихід з ладу існуючого обладнання	Не сумісніть роботи установок.	Розрив угоди про співробітництво

Таблиця 5.7. Фактори можливостей[21]

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Можливість підняття ККД	Збільшення енергетичної ефективності	Нові клієнти
2	Модернізація установок різного класу	Розширення модельного ряд	Збільшення обсягу виробництва компанією

Надалі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 5.8).

Таблиця 5.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку[21]

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
монополія	Нові продавці часто мають труднощі з торговими марками та послугами для покупців.	Повернення до існуючого модельного ряду
локальний	перерозподіл капіталів і товарів між різними регіонами держави, збалансований розвиток національного ринку	Відсутність міжнародного ліцензування
міжгалузева	Впровадження наукових рішень	Укладання договорів з підприємствами, які виробляють матеріали
товарно-видова		

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі і занесемо результати до таблиці. (табл. 5.9)

Таблиця 5.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером[21]

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Фірм з даною продукцією мало	Знаходження клієнтів для початку випробувань	Утворення ціни	гарантія	Не існують
Висновки:	Інтенсивність конкуренції маловірогідна	Є можливість для входу	Диктують, впливають на кінечну товару	Клієнти мають право на гарантію через ціну продукту.	Ціни на виробу будуть майже однакові.

За результатами аналізу таблиці можна зробити висновок що можливо вийти на ринок з огляду на конкурентну ситуацію.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в п. 3.5 (табл. 5.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 5.2), вимог споживачів до товару (табл. 5.5) та факторів маркетингового середовища (табл. №№ 6-7) визначаємо перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюємо до табл. 5.10[21]

Таблиця 5.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності[21]

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Гарантійне обслуговування	Важливим є створення та підтримання унікальної співпраці з клієнтами, це збереже довіру до виробника.
2	Ціна	Обладнання є досить специфічним тому ціна є важлим показником.

3	Репутація	Оскільки ми тільки виходимо на ринок потрібно показати свої відповідальність перед клієнтами
4	Маркетинг	Участь у технічних виставках для реклами своєї продукції.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 5.10) проводимо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 5.11).

Таблиця 5.11.Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін[21]

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з моїм товаром						
		–3	–2	–1	0	+1	+2	+3
1	Гарантійне обслуговування					+		
2	Ціна							+
3	Репутація				+			
4	Маркетинг					+		

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту проведемо SWOT-аналіз (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 5.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 5.11).[21]

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. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).[21]

Таблиця 5.12-SWOT- аналіз стартап-проекту[21]

Сильні сторони: Унікальність розробки.	Слабкі сторони:

Співпраця з компаніями по всьому світу.	Мала розвиненість ринку у даному напрямку.
Можливості: Можливість залучення інвесторів.	Загрози: Не стійка ціна(залежить від ціни комплектуючих)

На основі SWOT-аналізу було розроблено 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 з урахуванням даних. табл. 9, аналіз потенційних конкурентів).[21]

Визначені альтернативи проаналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів та занесені до таблиці(табл. 5.13).

Таблиця 5.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту[21]

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Проведення презентації товару для кожного ймовірного покупця, участь у всіх технічних виставка.	Збільшить шанси на продаж та заключення контрактів на обслуговування.	6 місяців
2	Розробка аккційних пропозицій на обслуговування проданої техніки.	Потреба в капітало вкладеннях але висока можливіть зацікавлення нових клієнтів.	1 рік

Після проведення аналізу було вибрано таку альтернативу отримання ресурсів є більш простим та ймовірним.

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Для розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 5.14).[21]

Таблиця 5.14.-Вибір цільових груп потенційних споживачів[21]

№ 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	Заводи	+	високий	середня	середня
2	Машинобудівна промисловість	+-	середній	середня	висока
Які цільові групи обрано: промисловість яка використовує гідравлічні приводи для роботи.					

За результатами проведеного аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) було вибрано цільову групу, для яких будуть запропонуваний товар, та визначено стратегію охоплення ринку: компанія зосереджується на одному сегменті тому обираємо стратегію концентрованого маркетингу.[21]

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 5.15 - Визначення базової стратегії розвитку[21]

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Розвиток ринкових можливостей	Диференційований маркетинг	Унікальна пропозиція дає можливість	Стратегія лідерства по витратах

			успішного входу на ринок	
2	Удосконалення та розвиток товару	Концентрована маркетинг	Можливість модернізації	Стратегія диференціації

На основі таблиці 5.15 обрана базова стратегія диференціації.

Наступним кроком проведено вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16).

Таблиця 5.16-Визначення базової стратегії конкурентної поведінки[21]

№ 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 товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	+	+	-	Стратегія лідера
2	-	+	-	Стратегія виклику лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (табл. 5.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 5.15) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16) розробляється стратегія позиціонування (табл. 5.17). Що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.[21]

Таблиця 5.17-Визначення стратегії позиціонування[21]

№ п/п	Вимоги до товару	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію

	цільової аудиторії		власного стартап-проекту	власного проекту (три ключових)
1	Розумна ціна	Стратегія лідерства по витратах	Використання методу ціноутворення на основі аналізу беззбитковості	Доступність
2	Задоволення потреб клієнта в даному спектрі послуг	Стратегія диференц іації	Заклик до придбання товарів	Відмінність, незамінність, новації

Результатом виконання даного підрозділу є створення узгодженої системи рішень щодо ринкової поведінки стартап-компанії, яка визначатиме напрями роботи стартап-компанії.

5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 5.18 буде підсумовано результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.[21]

Таблиця 5.18-Визначення ключових переваг концепції потенційного товару[21]

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити
1	Модернізація верстатів	Скорочення витрат при роботі	Зниження платежів за електроенергію
2	Надання інструкцій по використанню приладу та гарантійна підтримка	Зменшення кількості поломок апарату.	Якісний ремонт та вчасне сервісне обслуговування

Далі розроблена трирівнева маркетингова модель товару: в якій уточнюється ідея установки для рекуперації енергії, її фізичні складові, особливості процесу(табл. 5.19).

Таблиця 5.19 - Опис трьох рівнів моделі товару[21]

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	МПА	л/хв
	1. Тиск в системі 2. Витрата	31,5	200
	Якість: стандарт ISO 10567 ДСТУ EN ISO 12100:2014		
	Пакування є		
III. Товар із підкріпленням	До продажу. Є Знижки для покупки 2+ станцій		
	Після продажу. Знижка на перше ТО.		

Після формування маркетингової моделі товару було обрано що товар захищено від копіювання за допомогою створення патенту.

Наступним кроком було проведено визначення цінових меж, якими будемо керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 5.20). Аналіз проводиться експертним методом.[21]

Таблиця 5.20 - Визначення меж встановлення ціни[21]

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	Невідомі	Невідомі	Невідомі	Невідомі

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 5.21):

Таблиця 5.21 - Формування системи збуту[21]

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Потреба в модернізації	Хто потребує даного товару	Канал нульового рівняння	Відділ продажів

В останньою складової маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 5.22).

Таблиця 5.22 - Концепція маркетингових комунікацій[21]

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Енергомісткі верстати з гідравлічним приводом	Електрона пошта, зустрічі, відео зв’язок.	Конкурентна праця, показ свого обладнання.	Ознайомлення споживача про можливість отримати енергоефективне обладнання.	Проведення показів участь у виставках.

У результатом проведення дій пункту 5 ми отримали ринкову програму, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

Висновки до розділу 5

1. Провівши аналіз ринкової комерціалізації, було визначено що проект можливо реалізувати технічно, було визначено його сильні та слабкі сторони.
2. З досліджень ринку випливає що на ньому є можливості для входу через невелику кількість конкурентів та кількість потенційних клієнтів які б придбали установку для рекуперації енергії.
3. Також було розроблено стратегію глибшого входу на ринок. Що дозволяє збільшити кількість замовників. Тому вважаю що проект доцільний для реалізації.

РОЗДІЛ 6.ОХОРОНА ПРАЦІ

Темою магістерської дисертації – «Адаптивна система гідроприводу з системою рекуперації». У даній роботі я проводжу огляд систем керування та математичне моделювання роботи систем, роботу проводжу за персональним комп’ютером в домашніх умовах. Основними несприятливими чинниками є:

- пожежонебезпека
- електробезпека
- освітлення
- мікрокліматичні умови

6.1 Характеристика робочого місця

Розміри моєї кімнати де проводиться дослідження, в якій встановлений комп'ютер та інша необхідна техніка: площа 20 кв.м, об’єм $V = S = 20*2,9 = 58$ m^3 . У приміщенні даного типу для даних робіт передбачені відповідні параметри температури, чистоти та вологості повітря, але не забезпечена ізоляція від сторонніх шумів так як приміщення розташоване в житловому будинку.

Відповідно санітарним нормах площа на одне робоче місце з ПК для дорослих користувачів повинна складати не менше 6.0 м ^{2}, а відведений об'єм – не менше 20 m^3. Отже, зазначені розміри приміщення повністю відповідають санітарним нормам[15].

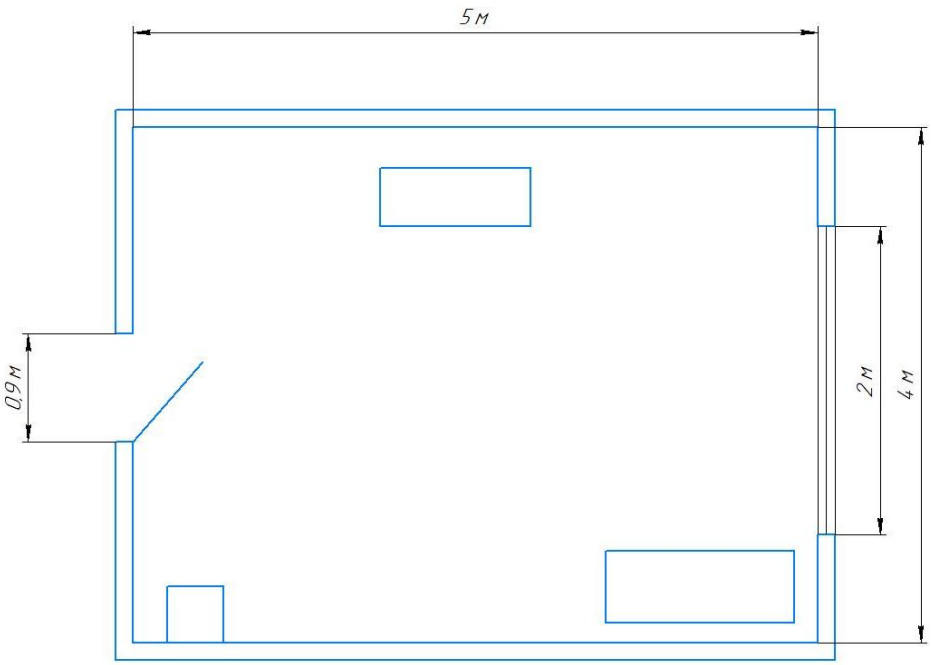

Рис.6.1. Схематичний план кімнати, у якій проводиться роботанад магістерською дисертацією

6.2 Мікрокліматичні умови

В даному приміщенні основним типом робіт що проводяться безпосереднім чином пов’язані з комп’ютером , тому воно повинне забезпечуватися оптимальними параметрами мікроклімату.

Для створення необхідних параметрів мікроклімату у приміщенні моєї кімнати встановлені рекуператор та кондиціонер, проводиться регулярне провітрювання приміщення двічі в день, з ранку і ввечері.

Вентиляцією приміщення досягається ефект видаленням з нього нагрітогоабо забрудненого (застоялого) повітря і подачею чистого ззовні.

Основні параметри мікроклімату (температура повітря, вологість і швидкість руху повітря на робочому місці) повинні відповідати зазначеним вимогам. Крім того, необхідно забезпечити відповідні концентрації позитивних і негативних іонів в повітрі робочої зони. Позитивні іони у

великій кількості негативно впливають на розумову і фізичну працездатність (проявляються симптоми стомленості), на діяльність серцево- судинної системи і системи кровотворення, а негативні іони здійснюють позитивний вплив на здоров'ї людини. В моїй кімнаті встановлено термометр та рекуперативна проточно-витяжна вентиляція. За своєю складністю роботи над магістерською дисертацією відносяться до легкої категорії та класифікуються як 1а. Робота за персональним комп'ютеромне більше ніж 4 години на день, у сидячому положенні за робочим місцем та не потребують фізичних навантажень, не викликають фізичного напруження, при яких витрати енергії людським організмом складають 105-140 Вт[16].

Таблиця 6.1

Період року	Температура, ºС			Відносна вологість, %	
	Оптимальна	Дійсна		Оптимальна	Дійсна
		Верхня межа	Нижня межа		
Холодний	22 - 24	24	22	40 - 60	55
Теплий	23 - 25	25	224	40 - 60	43

Середня температура приміщення в теплий період року становить 25 градусів відносна вологість повітря 43%. У холодний період року, середня температура складає 23 градуси. Значення відносної вологості дорівнює 55%[16].

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 всі параметри мікроклімату кімнати в теплий та холодний період року знаходяться в діапазоні оптимальних значень, тому можна зробити висновок, що мікроклімат приміщення не впливає на продуктивність та комфорт і є сприятливим для роботи над дипломним проектом[16].

6.3 Освітлення

Недостатність освітлення призводить до надмірного напруження зорових м’язів, зниження уваги, прискорює настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає засліплення, роздратування і різь в очах. Неправильний напрям світла на робочому місці може створювати різні тіні, відблиски, дезорієнтувати користувача ПК що працює. Всі ці причини можуть привести до виникнення профзахворювань, тому немало важливим є правильний розрахунок освітлення[16].

Штучне освітлення в приміщеннях для експлуатації ПК повинне здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У випадках переважної роботи з документами, слід застосовувати системи комбінованого освітлення (до загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення, призначені для освітлення зони розташування документів) [16].

Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення робочого документа повинна бути 300-500 Лм. Освітлення не повинне створювати відблисків на поверхні екрану. Освітленість поверхні екрану не повинна бути більше 300 Лм[16].

Як джерела світла при штучному освітленні слід застосовувати переважно енергоощадні лампи або світлодіодні.

У світильниках місцевого освітлення допускається застосування ламп розжарювання, зокрема галогенних. В приміщенні застосовується штучне освітлення комбіноване(місцеве і загальне) і природне освітлення бокове. Штучне освітлення виконується за допомогою електричних джерел світла - ламп розжарювання. Виходячи з цього, проведемо розрахунки освітленості нашого приміщення.

Розрахунок освітлення проводиться для кімнати площею 20м ^{2,} ширина якої 5 м, висота – 2.9 м. Скористаємося методом світлового потоку.

Визначимо світловий потік в приміщенні і порівняємо його з допустимим, за формулою:

$$E_{\text{еф}} = \frac{F_{\text{с}} * n}{S * z}$$

Де

Ееф - розраховується світловий потік, Лк;

Е - нормована мінімальна освітленість, Лк (визначається за таблицею). Роботу програміста, відповідно до цієї таблиці, можна віднести до розряду точних робіт, отже, мінімальна освітленість буде **Е** = 300лк;

S - площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку **S** = 20м [2);]

z - відношення середньої освітленості до мінімальної (звичайно приймається рівним 1,1 ... 1,2, нехай **Z** = 1,1);

kз - коефіцієнт запасу, враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників у процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення й характеру проведених у ньому робіт і в нашому випадку ***К*** = 1,5);

N - кількість світильників;

n - кількість ламп у світильнику.

η - коефіцієнт використання, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп і обчислюється в частках одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, фарбування стін і стелі, які характеризуються коефіцієнтами відображення від стін (Р $_{С)}$ і стелі (Р $_{П)),}$ Стеля приміщення свіжопобілена ρсл = 70%, стіни мають світлосірий колір Рсн = 50%, підлога з паркету ρп=30%.. Значення визначимо по таблиці коефіцієнтів використання різних світильників. Для цього обчислимо індекс приміщення по формулі[16]:

$$\mathrm{I} = \mathrm{S}/(\mathrm{hA} + \mathrm{B}) = 20/(25 * 9) = 0.9$$

де:

S - площа приміщення, **S** = 20м $^{2;}$

h - розрахункова висота підвісу, **h** = 2,9-0,4=2,5 м;

A - ширина приміщення, **A** = 5 м;

B - довжина приміщення, **B** = 4 м.

Знаючи індекс приміщення ***I,*** за таблицею знаходимо η = 0,48.

Для освітлення використовується світлодіодні лампи , світловий потік яких **F** = 3100Лм.

Підставимо всі значення у формулу для визначення світловогопотоку $E_{еф}$[13]**:**

$$E = \frac{3100 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 0{,}48}{20 \cdot 1{,}5 \cdot 1} = 324.7\ Лm$$

Отже, згідно ДБН В.2.5-28:2018 та з проведених мною розрахунків можна зробити висновки, що освітленість приміщення повністю відповідає необхідним нормам освітлення приміщення для роботи за ПК, так само і освітленість екрану задовольняє нормам.

6.4 Пожежна безпека

Приміщення, в яких встановлений ПК, по пожежній небезпеці відносяться до категорії В, і повинні задовольняти вимогам по запобіганню і гасінню пожежі.

Меблі в приміщенні мого будинку та кімнати виконані із МДФ, дверні та віконні переплети із металопластика, корпуса ЕОМ і приладів із металу та полімерних матеріалів. По вибуху і пожежо-небезпечності приміщення відноситься до категорії В[15].

На основі ДБН В.1.1-7:2016 будівля відповідає II степені вогнестійкості. Приміщення відноситься до категорії В – горючі та важко горючі тверді речовини і матеріали. Площа мого будинку 120 м^2 для такої площі будинку

буде достатньо два порошкових вогнегасник ВП-9 (площа гасіння 50 м^2) [15].

Проаналізувавши пожежну безпеку в приміщенні, дійшли висновку, що вона цілком задовольняє і відповідає вимогам стосовно.

6.5 Електробезпека

З кожним роком зростає кількість людей, які в процесі своєї життєдіяльності використовують (експлуатують) електричні пристрої та установки, а відтак і кількість споживання електроенергії, що веде за собою необхідність виробництва більшої її кількості. Тому питання електробезпеки набувають особливої значущості.

Електробезпека – це сукупність організаційних та технічних заходів та засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики[17].

В приміщенні експлуатується персональних комп’ютер. У доступному місці будинку встановлюється аварійний резервний вимикач та електричний щит з запобіжником, що може повністю виключити електричний струм кімнати, разом з освітленням. Заземлення електричного щита виконано із заземленою нейтралі, а розетки моєї кімнати виконані з захисним зануленням.

Крім того ПК в кімнаті підключений до розетки (подовжувача) з індивідуальним запобіжником, що вимикається на випадок перевантаження мережі. Для підключення інших портативних електроприладів використовуються гнучкі дроти з надійною ізоляцією.

Проведений аналіз електробезпеки показав, що об’єкт відповідає всім нормам електробезпеки ПУЕ 2017 та є повністю придатним та безпечним для роботи[17].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Згідно проведених досліджень та ознайомлень з літературою по темі адаптивної системи гідроприводу з рекуперацією енергії були розглянуті різні способи підвищення енергетичної ефективності. Проведено порівняння роботи цих систем і вибрано на мою думку найбільш ефективний та перспективний спосіб, а саме застосування гідроакумулятора в системах стаціонарних гідромашин які працюють за певним циклом.

Дослідивши машини які працюють за певним циклом для модернізації було обрано штампувальний прес з системою автоматичної подачі та відводу заготовок.

Гідроакумулятор та систему керування було включено у систему на зливній лінії головного циліндра коли він опускається до низу під своєю вагою то частина потенціальної енергії накопичується в гідроакумуляторі, а потім використовується для роботи системи подачі заготовок.

Розрахувавши всі дані для стабільної роботи системи було проведено розробку гідроакумулятора та системи керування ним для пресу. Після була створена насосна станція з даною установкою та побудовані необхідні креслення проекту. Після проведення аналізу роботи системи було проведено аналіз міцності гільзи гідроакумулятора. В результаті чого з’ясовано що гільза проходить випробування. Також було розроблено технологічний процес виготовлення деталі поршень.

З метою перевірки доцільності даного проекту було проведено маркетинговий аналіз стартап-проєту який показав що дана розробка є перспективним рішенням на ринку і може конкурувати з іншими виробниками.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Rydberg K.E.: Газозаряджені акумулятори як пристрої накопичення енергії в гідростатичних приводах, Міжнародна конференція IASTED з енергетичних і екологічних систем EES'84, Ніцца, Франція, червень 1984 р.
2. K.-J. Yi, “Modelling of on-site energy consumption profile in construction sites and a case study of Earth moving,” J. Construct. Eng. Project Manage.,vol. 3, no. 3, pp. 10–16, Sep. 2013.
3. Rydberg K-E.: Концепції та тенденції розвитку для підвищення ефективності гідростатики в мобільних додатках. Технічний документ SAE – 2002-01-1422
4. О.В. Омельченко, Л.О. Цвіркун ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ Навчальний посібник Кривий Ріг 2020.
5. 1. Бондарь В.А. Система Load-Sensing в сільськогосподарській техніці / В.А. Бондарь //Вібрація в техніці. – Вінниця: ВДАУ, 2003. – №4 (30). – С.19
6. PowerFactory Applications for Power System Analysis Book© 2014 Editors:Francisco M. Gonzalez-Longatt, José Luis Rueda.
7. Energy recovery schemes using hydraulic accumulator. (a) SMIMO... | Download Scientific Diagram
8. https://www.rkr-hydraulika.cz/epoll-vakove%20akumulatory.htm
9. . Y.-H. Hung and C.-H. Wu, ‘An integrated optimization approach for a hybrid energy system in electric vehicles’, Applied Energy, vol. 98, pp. 479–490, Oct. 2012.
10. Методичні вказівки до курсового проекту за курсом проектування об’ємних гідроприводів з фаху з фаху Гідравлічні і Пневматичні машини(Київ НТУУ КПІ 2008-80с).
11. Башта Т. М. Гідропривід і гідропневмоавтоматика / Трифон Максимович Башта. : "Машинобудування", 1971. – 432 с.
12. Нестеренко В. П., Машинобудування (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне) ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОПРИВОДІВ

13. Насос НАД174М-224/32 регульований ⋙ ціна в Україні та характеристики

14. Гідророзподільник ВЕ10.44 ⋙ характеристики ⋙ ціна

15. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування

16. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення

17. ПУЕ Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 21.08.2017)

18. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги

19. Русаловський А. В., Кошуков О.В., Петренко Т.В., Завдання та методичні матеріали для самостійної роботи студентів з нормативної «Основи охорони праці»

20. Під редакцією А.Ф. Горбацевина, Курсове проектування по технології машинобудування, Вища школа 2010

21. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

22. Каталог обладнання. Китай. https://www.dlyyjx.com/product/longhai_222.html

23. Working principle of hydraulic hammer. Catalog of construction equipment aftermarket parts. https://buyaftermarketparts.com/handbook/76_working_principle_of_hydraulic_hammer

24. Каталог продукції. Преси / https://hydrolider.com.ua/ua/p1064916916-gidravlicheskij-shtampovochnyj-press.html?srsltid=AfmBOoopArwvTehdMRyZFHmroC0OuPMyio7E8JurwF_27y4CvoIYhamq