

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис) О.Ф. Луговський  
(ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проект**  
на здобуття ступеня бакалавра

з спеціальності **131 Прикладна механіка**

\_\_\_\_\_  
(код і назва)

на тему: Високошвидкісний штампувальний прес \_\_\_\_\_

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-72

\_\_\_\_\_  
(шифр групи)

Ягодка Борис Олександрович

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник

ст.викл., к.т.н., Костюк Д. В.

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

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант з охорони праці

\_\_\_\_\_  
(назва розділу)

ст.викладач Ковтун А.І.

\_\_\_\_\_  
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н. доц. Кореньков В.М.

\_\_\_\_\_  
(назва розділу)

\_\_\_\_\_  
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент

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

\_\_\_\_\_  
(підпис)

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

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 рік

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

Інститут механіко-машинобудівний  
( повна назва )

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки  
( повна назва )

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський )

Спеціальність 131 Прикладна механіка  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

(підпис) \_\_\_\_\_ О.Ф. Луговський  
( прізвище ініціали)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ  
на дипломний проект студенту**

\_\_\_\_\_ Ягодка Борис Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту\_\_ Високошвидкісний штампувальний прес \_\_

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

затверджена наказом по університету від “ 18” травня 2021 року № 1203-с

2. Термін подання студентом проекту 11.06.2021

Вихідні дані до проекту Зусилля преса -24 кН , швидкодія преса – 0,083 м/с.

4.Зміст пояснювальної записки Вступ, огляд інформаційних джерел розрахунків на міцність гідроциліндра, гідравлічний розрахунок схеми, технологія виготовлення деталі, питання охорони праці.

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

Схема гідравлічна принципова, складальне креслення, креслення деталей силового гідроциліндра

## 6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 01.03.2021

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|--|---|----------|
| 1.    | Отримання завдання                                 | 01.03.2021                              | виконано |
| 2.    | Аналіз існуючих конструкцій                        | 06.04.2021                              | виконано |
| 3.    | Розробка гідравлічної схеми                        | 20.04.2021                              | виконано |
| 4.    | Розрахунок основних параметрів                     | 11.05.2021                              | виконано |
| 5.    | Розрахунок основних вузлів                         | 15.05.2021                              | виконано |
| 6.    | Розробка креслень деталей                          | 20.05.2021                              | виконано |
| 7.    | Оформлення аркушів                                 | 01.06.2021                              | виконано |
| 8.    | Оформлення пояснювальної записки                   | 09.06.2021                              | виконано |
|       |  |   |          |
|       |  |   |          |
|       |  |   |          |
|       |  |   |          |
|       |  |   |          |
|       |  |   |          |

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ВИСОКОШВИДКІСНИЙ ШТАМПУВАЛЬНИЙ ПРЕС

**ДП7210.МА00.00.00 ПЗ**

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проект присвячений розробці схеми високошвидкісного штампувального преса

Структура записки проекту має ввідну частину, теоретичні відомості, а також розрахункову частину.

Проведення доопрацювання конструкції схеми пресової установки дозволить ефективно використовувати швидкість циклу штампувального преса що позитивно вплине на загальні показники ефективності роботи в цілому всієї установки.

Для досягнення зазначеного результату дана дипломна робота ставить перед собою наступні задачі:

Розробити гідравлічну схему пресової установки яка буде включати в себе наявність гідравлічного акумулятора.

- Провести розрахунки гідравлічної системи.
- Здійснити підбір необхідного гідравлічного обладнання.

## ANNOTATION

The diploma project is devoted to the development of the scheme of high-speed stamping press

The structure of the project note has an introductory part, theoretical information, as well as a calculation part.

Carrying out of finishing of a design of the scheme of the press installation will allow to use effectively speed of a cycle of a stamping press that will positively influence the general indicators of efficiency of work as a whole of all installation.

To achieve this result, this thesis has the following objectives:

Develop a hydraulic scheme of the press installation which will include the presence of a hydraulic accumulator.

- Carry out calculations of the hydraulic system.
- Select the necessary hydraulic equipment. that requires further testing before mass production.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| Вступ   | 9  |
| РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ПРЕСОВОГО ОБЛАДНАННЯ                                     | 10 |
| 1.1 Преси кувальні  | 12 |
| 1.1 Горизонтально кувальні машини                                       | 14 |
| 1.2 Пресування  | 15 |
| 1.3 Штампувальні преси  | 16 |
| РОЗДІЛ 2 ВАРІАНТИ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ ПРЕСІВ                           | 17 |
| 2.1 Гідросхема з двома насосами   | 17 |
| 2.2 Гідросхема з акумулятором   | 19 |
| 2.3 Гідросхема з мультиплікатором                                       | 20 |
| 2.4 Гідросхема з диференціальним циліндром                              | 21 |
| РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО ШВИДКОДІЮЧОГО ПРЕСУ                 | 23 |
| 3.1 Розробка гідравлічної схеми пресу                                   | 23 |
| 3.2 Гідравлічний розрахунок схеми                                       | 24 |
| 3.3 Розрахунок гідроприводу   | 28 |
| 3.4 Визначення розмірів основного гідроциліндра                         | 28 |
| 3.5 Визначення розмірів допоміжного гідроциліндра                       | 30 |
| 3.6 Визначення витрат споживаних гідроприводом                          | 32 |
| 3.7 Вибір насосу і схеми насосної установки.                            | 36 |
| 3.8 Визначення втрат на гідравлічних апаратах                           | 43 |
| 3.9 Визначення втрат тиску.   | 45 |
| 3.10. Розрахунок циліндра на тривкість.                                 | 46 |
| РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА  | 48 |
| 4.1. Опис деталі  | 48 |
| 4.2. Вибір методу виготовлення заготовки.                               | 51 |
| 4.3. Розробка технологічного процесу                                    | 53 |
| 4.4 Проектування маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі | 54 |

|  |    |
|--|----|
| РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ  | 57 |
| 5.1. Електробезпека  | 57 |
| 5.2 Пожежна безпека.   | 58 |
| 5.3 Загальна характеристика робочої зони   | 61 |
| 5.4 Освітлення приміщень.  | 63 |
| 5.5 Визначення відповідності освітленості приміщення нормативним значенням штучного освітлення робочої зони. | 64 |
| ВИСНОВОК   | 67 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ   | 68 |



## ВСТУП

Гідравлічний привід (гідропривід) - сукупність пристроїв, призначених для приведення в рух машин і механізмів за допомогою гідравлічної енергії. Об'ємний гідропривід - це гідропривід, в якому використовуються об'ємні гідромашини (насоси і гідродвигуни). Основна функція гідроприводу, як і механічної передачі, - перетворення механічної характеристики приводного двигуна відповідно до вимог навантаження (перетворення виду руху вихідної ланки двигуна, його параметрів, а також регулювання, захист від перевантажень і ін.). Інша функція гідроприводу - це передача потужності від приводного двигуна до робочих органів машини.

Можливість передачі великих зусиль і широкий діапазон передавальних відносин. Зусилля розвивається гідравлічним пропорційно тиску і квадрату діаметра поршня, що дозволяє розвивати величезні зусилля. Це пояснює широке застосування гідроприводу на пресах, прокатних станах в різних галузях машинобудування (в металургії, ковальсько-пресовим виробництві, лісозаготівельної та целюлозно-паперової промисловості, автомобілебудуванні тощо).

Класифікація гідравлічних пресів для пресування металів і сплавів залежить від технологічного призначення, а також методу закінчення металу при пресуванні, його конструктивного оформлення і типу приводу.

В дипломному проекті розглянуто класифікація та принципу роботи гідравлічних пресів а також проведено розрахунки та розробка принципової схеми гідравлічного швидкодіючого преса.

## РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ПРЕСОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Завдяки пластичності металів, що виявляється при деформації в холодному або гарячому стані, можна змінювати форму вихідної заготовки, отриманої, природно, будь-яким іншим методом. Щодо легка обробка металів тиском багато в чому визначає їх широке застосування.

Обробка металів тиском технологічне властивість настільки істотно, що колись навіть було основою визначення металу

Гідравлічні преси - це основне обладнання цеху, що існує в наш час, за пресуванням металів та сплавів.

Основні параметри гідравлічних пресів, в обсягах, що визначають їх технологічні можливості та конструктивні особливості, що представляють собою номінальне підсилення, робочий ход і швидкість руху прессуючої траверси та в кінці, на розмірах контейнера [1]. Виробництво максимального робочого тиску на суму площі плунжерів робочих циліндрів відбувається в цьому номінальному підсиленні преса. Номінальне посилення - це умовна характеристика самого гідравлічного преса. Однак тоді він не вчинить виникаючі втрати на передодолування сил тренії, гідравлічні втрати та пр. Ефективне робоче посилення преси, яке він розвиває в процесі попереднього вироблення, становить частину номінального зусилля. Це означає, що найбільше сприятиме перепроводженню, яке розроблено по всьому прийнятому для повідомлення пресі виробу, повинні складати в межах 70—90% номінальних зусиль [3].

Класифікація гідравлічних пресів для пресування металів і сплавів залежить від технологічного призначення, а також методу істекування металу при пресуванні, його конструктивного оформлення та типу приводу.

Відповідно до особливостей попереднього вироблення прес-виробів, що мають розроблену формулу поперечного сечення, гідравлічні преси відкладаються на прутково-профільні та трубопрофільні. Прутково-профільні преси мають лише один самостійний привод інструментів при робочому ході

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 10   |

- приведення пресс-штемпеля (робочий циліндр) і призначені для отримання прутків, профілів загальнодоступних сечень і польових профілів, що пред'являються на підвісний огляд (жорстко пов'язаних з прес-штемпелем) або з кожного через мовні матриці [3]. Обробка металів тиском може здійснюватися над сплавами, що володіють високою пластичністю такими як: низьковуглецеві сталі, сплави алюмінію, міді (латуні), багато леговані сталі.

Гідравлічні преси широко використовуються для отримання формованих, витягнутих і гнутих деталей з листа, для холодного об'ємного штампування, редагування різноманітних виробів, пакетування і брикетування відходів. Дія гідравлічного преса засноване на ряді фізичних законів, зокрема на законі Паскаля, який визначав би, що тиск на рідину передається в усі боки з однаковою силою. Якщо помістити в кожен з сполучених посудин різного діаметру (рис. 1) по плунжеру, то, на підставі цього закону, а також виходячи з умов рівноваги, можна написати:  $p = P_1 / F_1 = P_2 / F_2$ , звідки  $P_2 = P_1 (F_2 / F_1)$ , де  $p$  - тиск рідини в системі сполучених посудин, Па (кгс / см<sup>2</sup>);  $P_1$  і  $P_2$  - зусилля, прикладені відповідно до малого і великого плунжера, Н (кгс);  $F_1$ ,  $F_2$  - відповідно площі малого і великого плунжерів, м<sup>2</sup> (см<sup>2</sup>). Таким чином, в даній системі можна отримати вииграш в силі в стільки разів, у скільки площа великого плунжера перевищує площу малого.

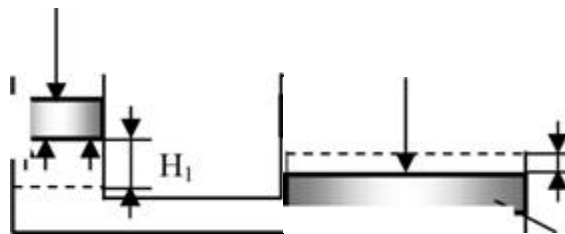


Рис. 1 Принципиальна схема гідравлічного преса

Елементи цієї принципової схеми можна знайти в тому чи іншому вигляді в будь-якому гідравлічному пресі: роль малого плунжера виконує

поршень гідравлічного насоса, що подає рідину, а роль великого плунжера - робочий плунжер преса. Зусилля, що розвивається пресом, визначається твором тиску рідини на суму площ робочих плунжерів

По-перше, що розвиваються зусилля гідравлічних пресів в принципі не обмежені. При цьому конструкція гідравлічних пресів великих зусиль простіше, ніж, наприклад, механічних пресів, розвиваючих ті ж зусилля.

По-друге, якщо в гідравлічну систему насос-прес помістити клапан, роз'єднує їх в певні моменти, якомога більшою кількістю малих ходів Н1 плунжера насоса отримати навіть дуже великий хід Н2 плунжера преса. Таким чином, в принципі на гідравлічному пресі можна отримати необмежено великі робочі ходи. При цьому конструкція гідравлічного преса з великим робочим ходом простіше будь-який інший машини, розвиваючої такий же хід.

Великою перевагою гідравлічних пресів є і те, що швидкості руху плунжера можуть бути різними. Крім того, гідравлічні преси можуть забезпечити плавне або ступеневу зміну зусилля, витримку під дією постійного або змінної сили, подовження або вкорочення всього циклу. У гідравлічному пресі-машині статичного дії робота відбувається в основному за рахунок енергії тиску рідини. Статичний характер додатка зусилля в гідравлічних пресах обумовлює дуже важливу особливість їх роботи: сили, що виникають в пресі, замикаються всередині нього і не передаються на фундамент. Останній сприймає лише власну вагу преса і повинен бути розрахований тільки на його масу, в той час як фундаменти молотів, наприклад, повинні розраховуватися на енергію удару молота

### 1.1 Преси кувальні

Серед гідравлічних пресів для обробки металів найпоширеніші кувальні преси, застосовувані для кування під гладкими або вирізними

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 12   |

бойками найпростішої форми великих кувань. Для виготовлення більших кувань потрібні досить великі молоти з масивними фундаментами й важкими шаботами. Так, для обробки злитків з поперечними розмірами 1...1,5 м потрібні молоти з масою падаючих частин в 20...80 т. Тому великі злитки (від 0,5 т і вище) обробляють під пресами. При куванні на пресах деформації поширюються по перетину виробу більш рівномірно, ніж при куванні під молотами. Це забезпечує одержання дрібнозернистої будови кування по всьому перетину [3]/

Схема гідравлічного преса для кування показана на рис. 2. Основні його вузли: станина колонного типу, рухома поперечина 7, головний (робочий) 9 і поворотні 4 циліндри. У конструкціях потужних пресів передбачений гідравлічний циліндр, який врівноважує рухливу поперечину. Станина складається з нерухомих верхньої 1 і нижньої (стіл преса) 3 поперечок, з'єднаних в жорстку раму колонами 2, і призначена для розташування всіх вузлів преса. На рухомій поперечини 7, пов'язаної з плунжерами плавного і зворотних циліндрів 6, і нерухомою нижньою (стіл преса) 3 встановлюють і прикріплюють до них робочий інструмент (бойки плоскі або вирізні, плити для опади тощо.) [2].

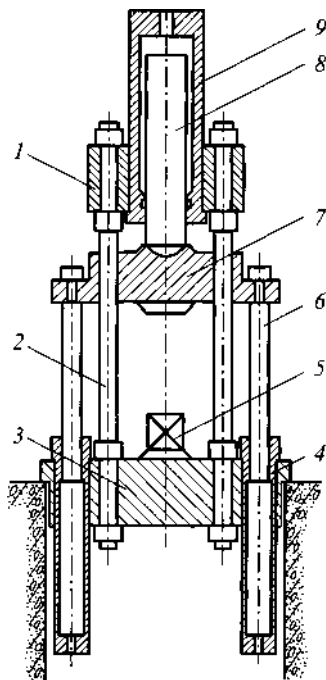


Рисунок 2 -Схема гідравлічного преса

Принцип дії гідравлічного преса полягає в тому, що під тиском рідини, що є носієм енергії (робочим тілом), плунжер 8 виштовхується з головного циліндра 9, переміщує рухома поперечину 7 з встановленим на ній бойком і після упору в заготовку 5, розташовану на столі 3, пластично деформує її.

Щоб подолати опір з боку заготовки 5 при її деформації, в робочі циліндри гідравлічних пресів подають рідину високого тиску (до 32 МПа і більше). Швидкість переміщення рухомий поперечини рідко перевищує 30 см / с, тому кінетична енергія поступального руху рухомих частин преса дуже мала в порівнянні з накопичуваної рідиною потенційною енергією і нею зазвичай нехтують.

Устаткування для гарячого об'ємного штампування молоти штампувальні, горячештамповочніс кривошипні преси, горизонтально-кувальні машини. Процеси штампування на цих машинах мають свої особливості, обумовлені пристроєм і принципом їх дії.

## 1.2 Горизонтально кувальні машини

Горизонтально кувальні машини (гкр) виготовляють із зусиллям по повзуна до 3150 тс. Кінематична схема цієї машини зображена на (рис. 3).

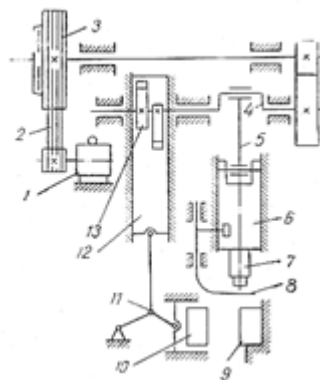


Рис.3. Кінематична схема горизонтальнокувальної машини: 1 - мотор, 2 - кліноременніє передача, 3 - маховик, 4 - кривошипний вал, 5 - шатун, 6 -

головний повзун, 7 - несучий пуансон, 9 - нерухома матриця, 10 - рухома матриця, 11 - системні важелі, 12 - бічний повзун, 13 - кулачки.

Горизонтально кувальна машина являє собою горизонтальний кривошипний прес, який доповнюється бічним механізмом, які отримують рух від кулачків 13. Головний повзун 6 машини, що несе пуансон 7, наводиться рух від кривошипного вала 4 через шатун 5. Рух рухомої щопи разом з рухливою матрицею 10 здійснюється від бокового повзуна 12 системою важелів 11. Сам бічний повзун приводиться в рух за допомогою кулачків 13, що сидять на кривошипному валу 4. рух на привід передає мотор 1 через клиноременну передачу 2 і маховик 3.

Штампи горизонтально-кувальних машин складаються не з двох частин, а з трьох: нерухомою матриці 9, рухомий 10 і пуансона 7, що розкриваються в двох взаємно перпендикулярних площинах, що дозволяє штампувати складні поковки. Матриці 9 і 10 мають вертикальну площину роз'єму. Головний повзун 6 і бічний 12 горизонтально-кувальної машини на відміну від кривошипних прес здійснюють рух в горизонтальному напрямку [4]

В даний час застосовуються горизонтально-кувальні машини (невеликих розмірів) з горизонтальною площиною роз'єму (рухома матриця вгорі), цим полегшується можливість автоматизації технологічного процесу.

### 1.3 Пресування

Пресуванням називають видавлювання металу з замкнутого обсягу через отвір. Широко використовують пресування для отримання прутків, труб та профілів з алюмінієвих і мідних сплавів, сталей, титану та інших тугоплавких металів. Закінчення металу при пресуванні може бути прямим і зворотним.

Основним обладнанням цеху прес-виробів є гідравлічні преси. Найбільш поширені преси номінальним зусиллям 10-50 МН, хоча є установки зусиллям 200 МН. Пресова установка включає пристрій для

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 15   |

нагрівання та подачі зливків до пресу, власне прес, вихідну сторону преса (холодильник, механізм правки, різання і змотування виробів), а також пристрій гідроприводу - насосні або насосно-акумуляторні станції.

Повітряно-гідравлічний акумулятор - це кілька високоміцних судин, заповнених частково повітрям або азотом. Акумулятор дозволяє вибрати меншу потужність насосів. Гідравлічні преси застосовуються не тільки при пресуванні, але і в ін. Процесах ОМТ.

Гідравлічні преси дозволяють отримувати вироби вельми складної форми, цей метод забезпечує отримання найбільш складних профілів, таких як оребрені труби для теплообмінних апаратів, будівельні профілі (профілі рам з легких сплавів).

Гідравлічні преси дозволяють отримати досить високі точність і якість поверхні, так як практично вони визначаються якістю матриці, точність і шорсткість поверхонь якої може бути досягнута в процесі виготовлення. Звичайно, в процесі роботи матриця зношується, що погіршує вищевказані параметри виробу.

#### 1.4 Штампувальні преси

Штампування на пресах забезпечує одержання високоміцних деталей різноманітних розмірів і форм. Необхідність одержання точних штампованих кувань висуває певні вимоги до конструкції штампувального преса. Рухлива й нерухлива поперечини преса повинні мати більшу жорсткість, оскільки їх деформації під час навантаження негативно позначаються на точності штампування. Введення між столом і нижнім штампом, а також між рухливою поперечкою й верхнім штампом набору підштампових плит знизить тиск передане на стіл і поперечку. Відстань між поверхнями стола й рухливою поперечкою вибирають із урахуванням розміщення між ними підштампових плит; це одне з умов, що визначає розміри преса. Перекіс рухливої поперечки, викликаний ексцентриситетом, приводить до викривлення форми виробу. Звідси виникає необхідність створення таких

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 16   |



механізмів або обладнань, які вирівнювали б рухливу поперечку, усували перекіс. Штампувальні преси невеликих зусиль виготовляють двостоечними з насосним приводом, установлюваним на верхній поперечці. Преси зусиллям понад 150 МН (15000 тс) виготовляють багатоклонними. Преси обладнають гідромеханічної або іншою системою вирівнювання рухливої поперечини [3]

## РОЗДІЛ 2 ВАРІАНТИ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ ПРЕСІВ

За конструкцією установок для перетворення первинної (електричної, теплової) енергії в енергію тиску рідини та її акумулювання гідроприводи поділяють на насосні, насосно-акумуляторні, гідропульсуючі та мультиплікаторні. Для гідравлічних КШМ застосовують насосні та акумуляторні приводи, гідропульсуючі – для спеціальних машин, а мультиплікаторні – у випадку, коли потрібне швидке збільшення тиску рідини.

В залежності від призначення гідроприводи поділяють на індивідуальні та групові. Індивідуальні використовують для окремого пресу, групові – для декількох пресів. В якості групового гідроприводу зазвичай використовують насосно-акумуляторні станції. Акумулятор запасє рідину високого тиску та віддає її в гідросистему, коли витрати рідини перевищують подачу насосів.

Силові гідроциліндри лінійного руху застосовують в якості робочих та зворотних гідроциліндрів, а диференціально-плунжерні – зазвичай в якості зворотних чи зрівноважуючих. Диференціально-плунжерні циліндри, в якості робочих, часто використовують в прутково-профільних гідропресах, коли в отворі плунжеру необхідно розміщувати профільну голку, для формування отвору у виробі [5]

### 2.1 Гідросхема з двома насосами

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 17   |

Насосний гідропривід зі ступінчастою подачею дозволяє покращити використання встановленої потужності електродвигуна. Це досягається почерговим включенням та відключенням насосів в гідросистемі пресу.

Найчастіше застосовують схему привода з насосами, що мають дві ступені подачі і тиску (рис. 3). Використовують два насоси, один з яких розрахований на менші тиски, ніж другий. Насоси можуть приводитись одним електродвигуном.

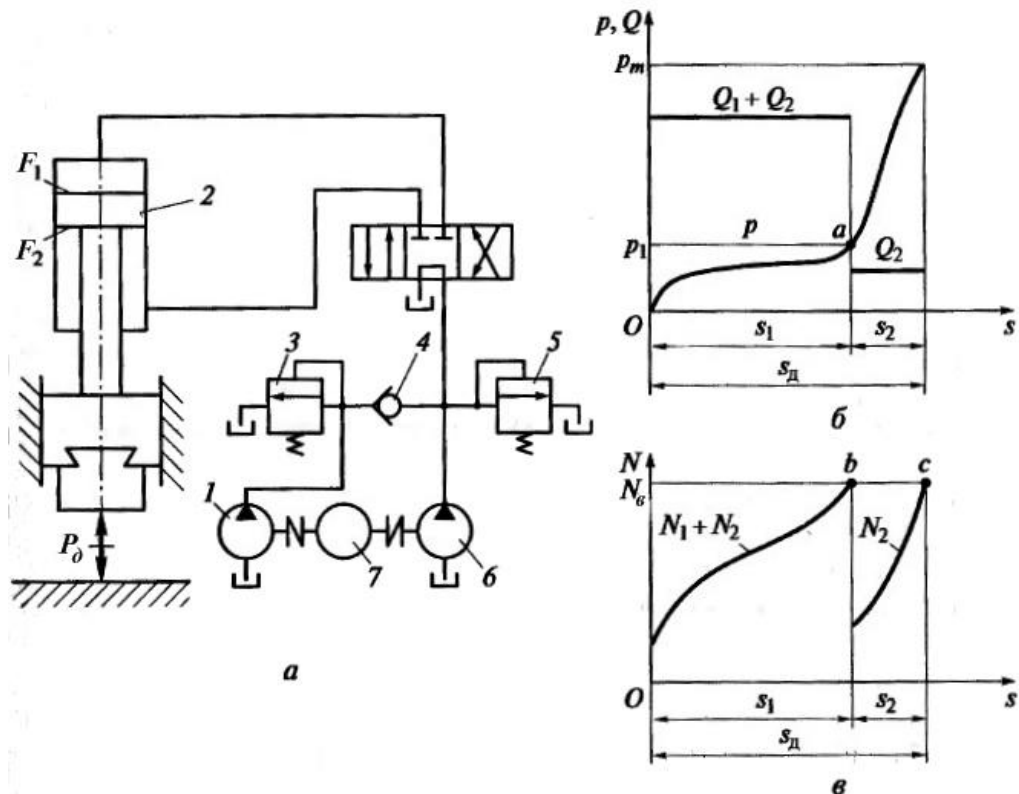


Рис. 3 – Принцип дії насосного гідроприводу ступінчастої подачі.

а – схема; б – діаграма тиску та подачі насосу; в – діаграма потужності приводу під час робочого ходу  $s_d$ . 1 – насос низького тиску; 2 – робочий циліндр; 3 – розвантажувально-запобіжний клапан першої ступені;

4 – зворотний клапан; 5 – розвантажувально-запобіжний клапан другої ступені; 6 – насос високого тиску; 7 – електродвигун

Спочатку, на ділянці  $s_1$ , обидва насоси 1 та 6 працюють спільно, забезпечуючи подачу  $Q = Q_1 + Q_2$  (рис. 10.3, б). Потім насос 1, досягнувши в точці  $a$  тиску  $p_1$ , за допомогою розвантажувально-запобіжного

клапану 3 перемикається на злив. Насос 6, напорна лінія якого відділена зворотним клапаном 4, продовжує працювати, завершуючи деформування на ділянці  $s_2$  з пониженою швидкістю, яка відповідає подачі  $Q_2$  цього насоса. Розвантажувально-запобіжний клапан 5 має бути налаштований на тиск, дещо більший, ніж  $p_m$ . [ 5]

## 2.2 Гідросхема з акумулятором

В насосно-акумуляторному гідроприводі (рис. 4) в напірну магістраль гідропресу підключений акумулятор – резервуар для накопичення рідиною високого тиску.

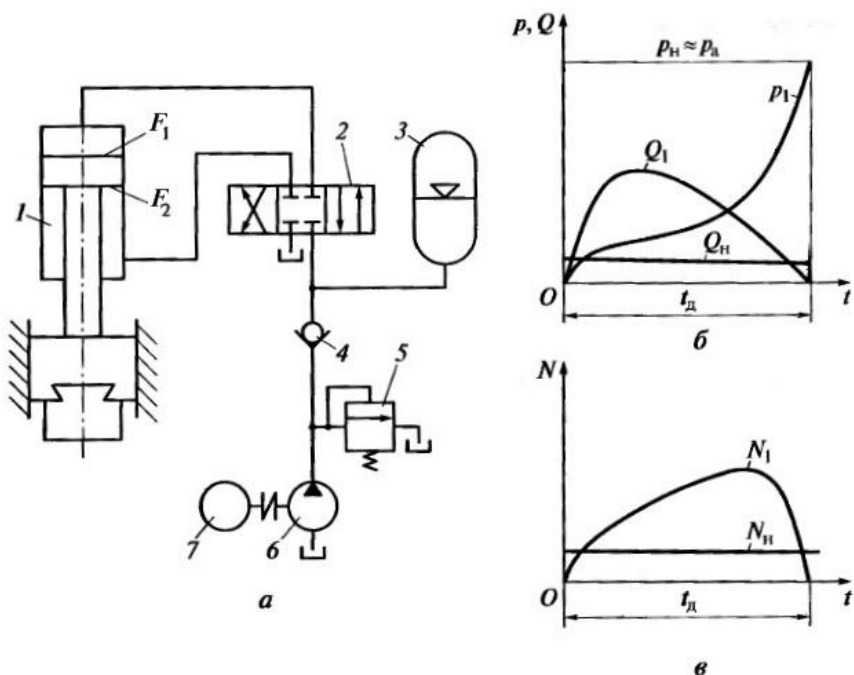


Рис. 4 – Принцип дії насосно-акумуляторного гідроприводу.

а – схема; б – діаграма тиску та подачі; в – діаграма потужності. 1 – робочий циліндр; 2 – розподільчий пристрій; 3 – акумулятор; 4 – зворотний клапан; 5 – розвантажувально-запобіжний клапан; 6 – насос; 7 – електродвигун

Електродвигун 7 приводить в дію насос 6. Акумулятор 3 розташований між насосом та робочим циліндром 1 пресу.

|     |      |          |       |      |
|-----|------|----------|-------|------|
|     |      |          |       |      |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ДП7210.МА00.00.00 ПЗ

Лист

19

Рідина високого тиску накопичується під час пауз та під час тих етапів циклу пресу, коли витрати рідини менші за подачу насосу.

Під час етапів роботи, коли необхідна підвищена витрата рідини високого тиску, в робочий циліндр здійснюється одночасна подача рідини від насосу та акумулятора. При цьому подача рідини від акумулятора значно перевищує подачу насосу  $Q_n$ . Для пресу такими періодами є робочий та зворотний хід.

Для керування потоком рідини використовується золотниковий чи клапанний розподільчий пристрій 2. Між насосом та акумулятором розміщений зворотний клапан 4. Він попереджує можливе розрядження акумулятора через розвантажувально-запобіжний клапан 5 та захищає насос від дії зворотного потоку рідини з акумулятора. [5]

### 2.3 Гідросхема з мультиплікатором

Один із шляхів скорочення розмірів - підвищення тиску рідини. Для цього в насосно-акумуляторний привід включають гідравлічний мультиплікатор тиску (рис. 5).

У вихідному положенні II рукоятки управління головним розподільником робочий 2 і поворотні 1 циліндри ізольовані, рухлива поперечка преса нерухома. Щоб зробити прямий холостий хід, необхідно рукоятку пересунути в положення III. Для здійснення робочого ходу - перша ступінь навантажування - рукоятку потрібно пересунути в положення IV. В цьому випадку робочий циліндр 2 буде з'єднаний з акумулятором 7. Для створення максимальної сили - другий ступінь навантаження - рукоятка повинна знаходитися в крайньому положенні V. В цьому випадку рідина з акумулятора 7 надходить в циліндр низького тиску мультиплікатора 5. В результаті плунжер мкльтіплікатора переміщається, і рідина надвисокого тиску нагнітається в робочий циліндр 2 преса. Зворотний клапан 8 відключає акумулятор 7.

Для здійснення зворотного холостого ходу необхідно рукоятку

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
|     |      |          |       |      |                      | 20   |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      |      |

головного розподільника 6 пересунути в крайнє положення I. При цьому рідина з ак-кумулятора надходить в поворотні циліндри, а з мультиплікатора - на злив [6].

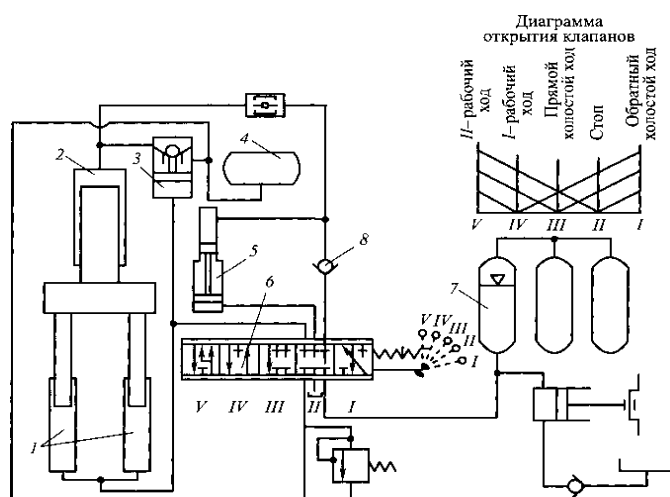


Рис 5. Типова схема гідравлічного одноплунжерного преса з мультиплікатором

## 2.4 Гідросхема з диференціальним циліндром

Широко поширена так звана диференціальна схема. Особливість цієї схеми є те, що в порожнині штока 1 гідроциліндра постійно знаходиться стиснута робоча рідина, а порожнину поршня 2 через триходовий розподільник 3 навантажується або розвантажується в напрямку бака.

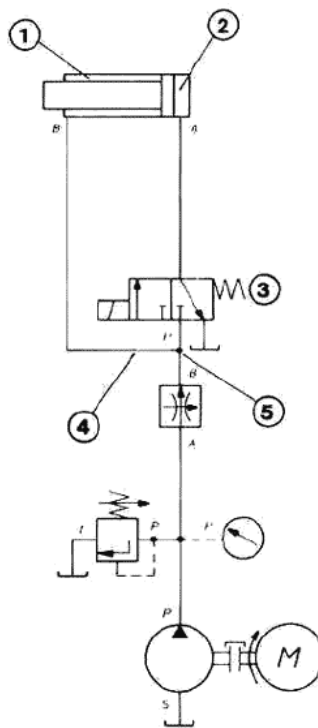


Рис.6 - Диференціальна схема.

Ставлення діючих на шток поршня сил відповідає відношенню площ сторін поршня і штока. Звідси і назва «диференціальна схема».

Ця схема застосовується в гідравлічних затискачах з малогабаритними насосами.

При висуванні штока поршня робоча рідина 4 витісняється з порожнини штока і разом з робочою рідиною насоса 5 подається на протилежну сторону в порожнину поршня.

Зрозуміло, при застосуванні подібної схеми слід пам'ятати, що зусилля штока поршня відповідає різниці площ поверхні поршня і кільцевої поверхні поршня, іншими словами, це зусилля відповідає площі штока поршня.

Якщо обраний нами відношення площ кільцевої поверхні поршня і поверхні поршня складає 1: 2, то швидкість висування і швидкість повернення штока поршня диференціального циліндра однакові.

У цьому полягає перевага даної схеми [7].

### РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО ШВИДКОДІЮЧОГО ПРЕСУ

Гідравлічний високошвидкісний штампувальний прес зазвичай використовує головний регулюючий клапан, щоб поршень циліндри переміщувався зворотно-поступально лінійним чином

Дослідження завжди зосереджені на підвищення продуктивності штампового преса, наприклад, на збільшення швидкості преса, зменшення потужності вібрацій та шуму. Brahmer3 запропонував метод з контрольними точками положення навколо верхньої та нижньої мертвих точок. Таким чином, відкриття головного регулюючого клапана буде порівняно більшими, а переміщення порції буде відбуватися, особливо в областях, розташованих на верхніх і нижчих мірних точках, що призводить до високої швидкості попередження. Для зменшення шуму та кавітації, викликаного зворотного впливу ріжучого удару, Brahmer4 використовував дросельну заслінку з регульованим тиском в прямому трубопроводі. Компанія Schaber5 розробила принцип роботи з декількома тиском для управління давлнням масел на

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 23   |

основі ступеневого попередження, що може значно зменшити потребу в енергії. Більше того, був запропонований головний регулюючий клапан нового типу, який представляє собою золотистий клапан з механічною зворотною зв'язкою при переміщенні та розміщений всередині поршні. Ostini6 виробила електрогідравличну гібридну систему для високошвидкісних пробивних пресів. Основна регулююча клапанна система представляє собою золотниковий клапан із золотником, що приводить у дію тиском масел, який керує невеликим порцією, приводить у дію систематичного сервомотора та кулачки. Ця система поєднує в собі потужне посилення попереднього опрацювання гідравліки та точність електронного управління одночасно. За суті, зазначені вище регулюючі клапани, представляють собою сервоклапани і завжди працюють у середньому положенні, що призводить до відносно високих втрат потужності на дроселювання та швидке підвищення температури масла. Наступні, сервоклапани не підходять для розробки високошвидкісного штампувального преса з великою потужністю, що виділяє серйозну проблему високих температур масла. Щоб вирішити проблеми, викликані і сервоклапанами, Tang7 запропонував двоступеневий пілотний

картриджний клапан для головного регулюючого клапана. У цьому клапані два високошвидкісних двопозиційних клапана почала керувати направляючим клапаном, а потім зробив клапан, що управляє клапаном картриджа. Передбачається об'єднати переваги високошвидкісного двохпозиційного клапана и картриджного клапана, щоб задовольнити потреби в високошвидкісному у штамповому пресі з великою потужністю. Однак строк служби клапана картриджа буде недостатньо у такому високочастотному двопозиційному робочому стані. І до сих пор немає повідомлення про успішне використання клапанів. У цей час інші дослідження 8–12 передбачають вирішити проблеми, пов'язані з потужністю дроселювання за допомогою системи управління переміщенням..

### 3.1 Розробка гідравлічної схеми пресу

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 24   |



1. Розробтан контур з подвійним тиском. Високе тиснення  $P_s$  забезпечує насос, а низьке тиснення,  $P_a$ , забезпечує гідроаккумулятор. Тут, під час тиснення  $P_s$  набагато вище, ніж тиснення  $P_a$ , ми передбачаємо, що збільшення рідини в аккумуляторі залишається постійним як  $P_a$  у час процесу штамповки.

2. Розроблений диференціальний циліндр із трем'ям напорних камер. Три напорні камери обозначені як CV1, CV2 та CV3. Тут CV3 пов'язаний з насосом.

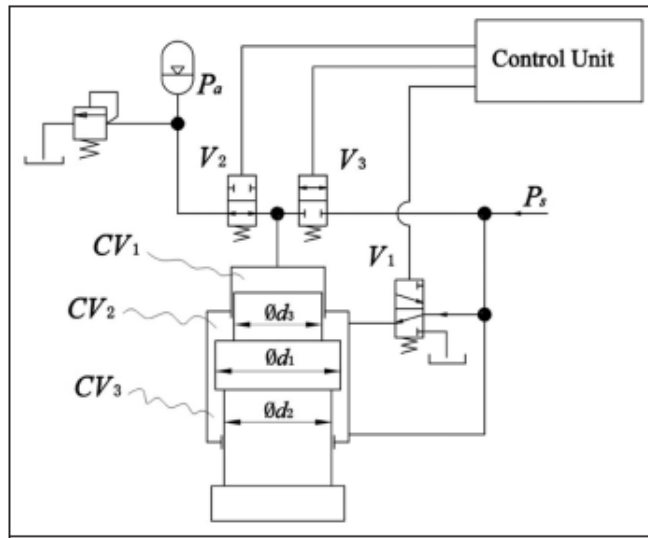


Рисунок 7. Принцип роботи високошвидкісного пробивного преса.

3. Використовуються три регулюючі клапани. Клапан V1 управляє потоком рідини з насоса в CV2 або з CV2 в резервуар, клапан V2 регулює потік рідини між гідроаккумулятором і CV1, а клапан V3 регулює потік рідини з насоса в CV1. Щоб отримати заранеє спроектоване рух штамповок, три регулюючі клапани повинні працювати відповідно до визначеної тимчасової послідовності, яка виконується блоком управління.

Цикл штамповки можна розробити на три етапи: висування, штампування та втягування. Тут рівень вивільнення заставляє поршень швидко переміщатися з верхніх мертвих точок у положення, дуже близьке до підготовки, етап штамповки завершує дію штамповок, а рівень підтвердження заставок поршень швидко повертається з нижньої мертвої точки в верхню мертву точку. І гідравлічні принципові схеми трьох вище

переглянутих ступені можуть бути детально продемонстровані на рисунку 8:

Продовження стадії. Клапани V1, V2 і V3 працюють у нижньому положенні. Таким чином, CV1 підключений до акумулятора, а CV2 підключений до насоса. Тут циліндр працює як диференціальний циліндр. Завдяки високому даванню, діючому на CV2 і CV3, і силі тяжіння поршня,

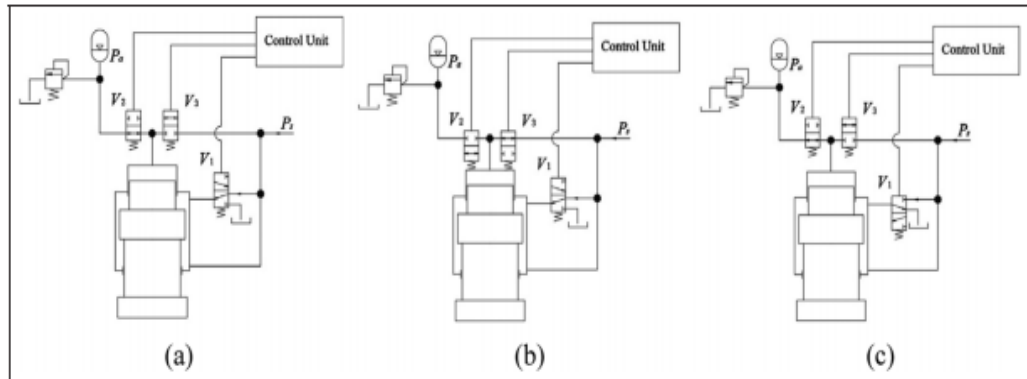


Рисунок 8 Цикл штамповки преса

Поршень швидко висувається до підготовки. Акумулятор повинен подавати в CV1 достатньо рідини щоб запобігти кавітації.

Стадія штамповки. Клапан V1 працює в нижньому положенні, а клапани V2 і V3 - у верхньому положенні. Засоби CV1 та CV2 підключаються до насоса, завдяки чому поршень надає максимальне посилення притиснути для штамповки заготовок.

Відвідний етап. Клапан V1 працює у верхньому положенні, а клапани V2 та V3 працюють у нижньому положенні. Затем CV1 підключається до акумулятора, а CV2 підключається до резервуару, який перемикає конструкцію руху поршня під високим тиском у CV3.

Очевидно, що система могла швидко завершити стадію розширення з досить невеликою потужністю за рахунок правильного проектування рознімок площі між CV2 та CV3. Зокрема, для випуску стадій вимагається, щоб клапан V2 мав достатньо пропускну здатність для зменшення або усунення кавітації, що рухається в CV1, що викликає швидкий рух порції. Між тим, запобіжним клапан, підключений до акумулятора, також відрізняється від звичайного.

На стадії розширення передбачається, що рідина Об'єму в CV1 рівна Vol1 з тиском Па. Далі, на стадії штамповки, підвищення рідини в CV1 збільшується з Па до Ps під дією стискаючої дії рідини високого тиску з насоса через клапан V3, що дає значущу економію енергії за порівнянням з традиційним методом, коли рідина під високим тиском працює на стадіях виведення та штамповки

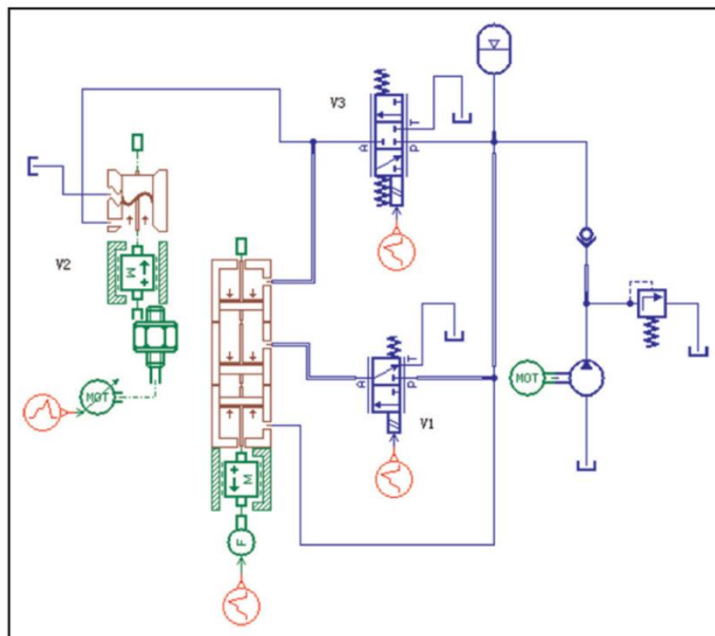


Рисунок 4 Схема дії високошвидкісного преса

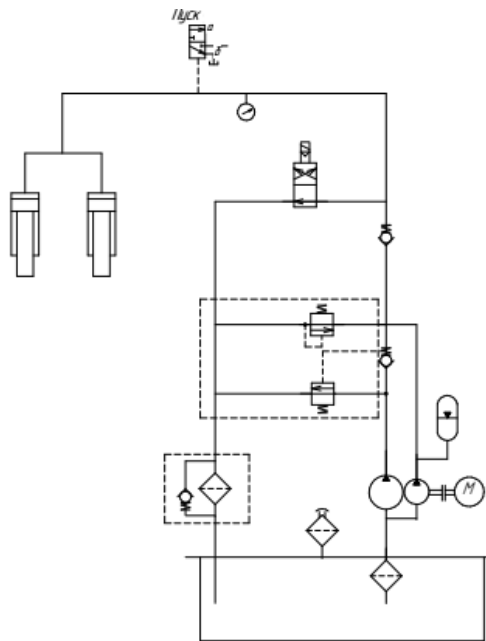
|     |      |          |       |      |
|-----|------|----------|-------|------|
|     |      |          |       |      |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |

ДП7210.МА00.00.00 ПЗ

Лист

27

### 3.2 Гідравлічний розрахунок схеми



### 3.3 Розрахунок гідроприводу

#### Вибір робочої рідини

Робоча рідина поруч із функцією робочого середовища змазує поверхні, які труться, охороняє їх від корозії, охолоджує гідравлічну систему, видаляє із системи продукти зношування пар, які труться.

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

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 28   |

Підберемо індустріальне мінеральне масло І-20А. Характеристики  $\nu=20\text{мм/с}$ ,  $\rho=900\text{ кг/м}^3$ ,  $T_{\text{сп}}=190^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{заст}}=-15^\circ\text{C}$ .

Використають у гідросистемах з легкими навантажувальними характеристиками при температурі масла до  $60^\circ\text{C}$ .

1. Визначення розмірів основного гідроциліндра

Внутрішній діаметр гідроциліндра визначається залежно від значення й напрямку діючого навантаження.

Рівняння рівноваги сил, які діють на поршень, має вигляд:

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

де  $p_1$ ,  $p_2$  - тиски в порожнинах циліндра, з'єднаних відповідно з напірною й зливальною гідролініями;

$F_1$ ,  $F_2$  - площі поршня з боку відповідно напірної й зливальної гідроліній;

$P'$  - повне навантаження,

$$P' = P + P_{\text{тр}},$$

де  $P$  - повне зусилля, створюване на штоку;

$P_{\text{тр}}$  - сила тертя в ущільненнях і направляючих поршня й штока.

Враховуючи механічний ККД гідроциліндра

$$P' = P / \eta_m$$

Шток циліндра працює на стиск при виштовхуванні поршня, штокова порожнина з'єднана зі зливальною гідролінією, а поршнева - з напірною. Діаметр гідроциліндра в цьому випадку, мм:

$$D' = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi(p_1/\psi - p_2)\eta_m}};$$

Протитиск  $p_2$  визначається гідравлічними втратами, які рівняються сумі втрат на лінійних і місцевих опорах трубопроводів і гідроапаратів, установлених на зливальній гідролінії. При розрахунку попередньо приймемо  $p_1 = p_n = 3,5\text{МПа.}$ ,  $p_2 = 0,4\text{ МПа.}$

Коефіцієнт відношення площ із нормальним діаметром штока  $\psi = 1,33$ .

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 29   |

$$\eta_M = 0,95 \div 0,97.$$

Для гідроциліндра

$$P' = \frac{P}{\eta_M} = \frac{19 \cdot 10^3}{0,95} = 2 \cdot 10^4 \text{ Н};$$

$$D' = \sqrt{\frac{P}{\pi \left( \frac{p_1}{\Psi} - p_2 \right) \eta_M}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 19 \cdot 10^3}{\pi \left( \frac{3 \cdot 10^6}{1,33} - 0,4 \right) 0,95}} = 116 \text{ мм.}$$

Розрахунковий діаметр гідроциліндра округляють до найближчого по ДСТУ 12447-80. Вибираємо 125мм.

Діаметр штока  $d$  визначають зі співвідношення:

$$d = D \sqrt{1 - 1/\psi} = 125 \sqrt{1 - \frac{1}{1,33}} = 62,7 \text{ мм.}$$

Округливши, одержимо  $d = 63 \text{ мм.}$

Діаметр отворів, що підводять, мм:

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v_p}},$$

де  $Q$  - витрата рідини через прохідний отвір,  $\text{м}^3/\text{с.}$ ;

$v_p$  - середня швидкість руху рідини,  $\text{м/с.}$

Середню швидкість руху рідини приймаємо рівною 5  $\text{м/с.}$

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,7 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 5}} = 12,5 \text{ мм.}$$

Отримане значення округляємо по ДСТУ 8732-78 і ДСТУ 8734-75:

$$d_n = 12 \text{ мм.}$$

### 3.5. Визначення розмірів допоміжного гідроциліндра

Діаметр поршня визначаємо в залежності від значення і напрямку чинного навантаження.

Рівняння рівноваги сил, які діють на поршень, має вигляд:

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

де  $p_1, p_2$  - тиски в порожнинах циліндра, з'єднаних відповідно з напірною й зливальною гідролініями;

$F_1, F_2$  - площі поршня з боку відповідно напірної й зливальної гідроліній;

$P'$  - повне навантаження,

$$P' = P + P_{\text{тр}},$$

де  $P$  - повне зусилля, створюване на штоку;

$P_{\text{тр}}$  - сила тертя в ущільненнях і направляючих поршня й штока.

Враховуючи механічний ККД гідроциліндра

$$P' = P / \eta_M$$

Шток циліндра працює на стиск при виштовхуванні поршня, штокова порожнина з'єднана зі зливальною гідролінією, а поршнева - з напірною. Діаметр гідроциліндра в цьому випадку, мм:

$$D' = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{(p_1 - p_2 / \psi) \eta_M}};$$

Протитиск  $p_2$  визначається гідравлічними втратами, які рівняються сумі втрат на лінійних і місцевих опорах трубопроводів і гідроапаратів, установлених на зливальній гідролінії. При розрахунку попередньо приймемо  $p_1 = p_n = 3,0 \text{ МПа.}$ ,  $p_2 = 0,3 \div 0,5 \text{ МПа.}$

Коефіцієнт відношення площ із нормальним діаметром штока  $\psi = 1,33$ .

Механічний ККД гідроциліндра з гумовими ущільненнями  $\eta_M = 0,95 \div 0,97$ .

Для гідроциліндра

$$P' = \frac{P}{\eta_M} = \frac{3 \cdot 10^3}{0,95} = 3,16 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

$$D' = \sqrt{\frac{P}{\pi \left( \frac{p_1}{\psi} - p_2 \right) \eta_M}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3 \cdot 10^3}{\pi \left( \frac{3 \cdot 10^6}{1,33} - 0,4 \right) 0,95}} = 46,231 \text{ мм.}$$

Розрахунковий діаметр гідроциліндра округляють до найближчого по ДСТУ 12447-80. Вибираємо  $D' = 50$  мм.

Діаметр штока  $d$  визначають зі співвідношення:

$$d = D \sqrt{1 - 1/\psi} = 50 \sqrt{1 - \frac{1}{1,33}} = 24,906 \text{ мм.}$$

Округливши, одержимо  $d = 25$  мм.

Діаметр отворів, що підводять, мм:

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v_p}},$$

де  $Q$  - витрата рідини через прохідний отвір,  $\text{м}^3/\text{с.}$ ;

$v_p$  - середня швидкість руху рідини,  $\text{м/с.}$

Середню швидкість руху рідини приймаємо рівною  $5 \text{ м/с.}$

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,3 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 5}} = 27,6 \text{ мм.}$$

Отримане значення округляємо по ДСТУ 8732-78 і ДСТУ 8734-75:

$$d_n = 25 \text{ мм.}$$

### 3.6. Визначення витрат споживаних гідроприводом

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

Для гідроциліндра споживана витрата при роботі штока на виштовхування

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

при роботі штока на втягування

$$Q_{ui} = F_{2i} V_{2i},$$

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 32   |



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

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

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

Об'ємними втратами в гідроциліндрах можна зневажити,  $\eta_o = 1$ .

Витрата, споживана гідродвигуном,

$$Q_{mi} = \frac{q_i n_i}{\eta_{oi}},$$

де  $q_i$  - паспортне значення робочого обсягу гідродвигуна;  $n_i$  - частота обертання вала гідродвигуна;  $\eta_i$  - об'ємний ККД гідродвигуна, який варто приймати на підставі паспортних даних.

Визначемо витрати приводу, що працює по циклу  $1-\bar{1}-\bar{2}-BЧ-2$ . Причому, Ц1 працює за таким циклом ШП - 1РП - ШВ - 1РП- ШВ - 2РП.

Параметри циліндрів такі:

циліндр Ц1 - діаметр поршня  $D_1$  і штока  $d_1$ , довжина ходу повна  $L_1$ , робочої подачі  $L_{1РП}$ , швидкість швидкого переміщення  $V_{1.1ШП}$ , швидкість робочої подачі  $V_{1.1РП}$ , швидкість оберненого ходу  $V_{2.1}$  визначається з умови рівності витрат при прямому й оберненому ході;

циліндр Ц2 - діаметр поршня  $D_2$  і штока  $d_2$ , довжина ходу  $S_2$ , час спрацьовування при втягуванні і виштовхуванні не більше  $t_i$ .

З'ясуємо робочі площі гідроциліндра:

$$F_{1.1} = \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0.125^2}{4} = 0.0123 \text{ м}^2;$$

$$F_{2.1} = \frac{\pi(D_1^2 - d_1^2)}{4} = \frac{\pi(0.125^2 - 0.063^2)}{4} = 0.0091 \text{ м}^2;$$

$$F_{1.2} = \frac{\pi D_2^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0.05^2}{4} = 0.00196 \text{ м}^2;$$

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 33   |

$$F_{2.2} = \frac{\pi(D_2^2 - d_2^2)}{4} = \frac{\pi(0.05^2 - 0.025^2)}{4} = 0.0014718 \text{ м}^2.$$

Час  $t_i$  кожного такту можна дістати з:

$$t_i = S_i / V_i,$$

де  $S_i$  - довжина ходу приводу;  $V_i$  - швидкість переміщення поршня.

Визначимо витрати для кожного такту.

Такт I. Працює циліндр Ц1 на втягування.

Витрата при ШП

$$Q_{шп} = F_{1.1} V_{шп} = 3 \cdot 0.0123 = 0.0369 \text{ м}^3 / c(36,9 \text{ л/хв});$$

$$t_{1.1} = \frac{0,1}{3} = 2c;$$

Витрата при 1РП

$$Q_{1рп} = F_{1.1} V_1 = 0,0123 \cdot 0,65 = 0,00799 \text{ м}^3 / c(7,99 \text{ л/хв});$$

$$t_{1.2} = \frac{0,2}{0,65} = 18,5c;$$

$$t_1 = t_{1.1} + t_{1.2} = 2 + 18,5 = 20,5c.$$

Такт II. Працює циліндр Ц1 на виштовхування.

Витрата при ШВ

$$Q_{шв} = F_{2.1} V_{шв} = 0.0091 \cdot 3 = 0.0273 \text{ м}^3 / c(27,3 \text{ л/хв});$$

$$t_{2.1} = \frac{0,05}{3} = 1c;$$

Витрата при 1РП

$$Q_{1рп2} = F_{2.1} V_1 = 0.0091 \cdot 0,65 = 0,0059 \text{ м}^3 / c(5,9 \text{ л/хв});$$

$$t_{2.2} = \frac{0,1}{0,65} = 9c;$$

Витрата при 2 РП

$$Q_{2рп} = F_{2.1} V_2 = 0.0091 \cdot 0,8 = 0,0073 \text{ м}^3 / c(7,3 \text{ л/хв});$$

$$t_{2.3} = \frac{0,1}{0,8} = 7,5c;$$

$$t_{II} = t_{2.1} + t_{2.2} + t_{2.3} + t_{2.4} = 2 \cdot 1 + 9 + 7,5 = 18,5c.$$

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 34   |

Такт III. Працює циліндр Ц2 на втягування.

Витрата при ШВ

$$Q_{ШВ} = F_{2,2} V_{11D} = 0.00147 \cdot 1.2 = 0.001764 \text{ м}^3 / c(2.352 \frac{\text{л}}{\text{хв}});$$

$$t_{III} = 8c;$$

Такт IV. Працює циліндр Ц2 на втягування.

Витрата при ШП

$$Q_{ШП} = F_{1,2} V_{ШП} = 0.00196 \cdot 1.2 = 0.002353 \text{ м}^3 / c(1.372 \frac{\text{л}}{\text{хв}});$$

$$t_{II} = 8c;$$

$$t_{II} = t_I + t_{II} + t_{III} + t_{IV} = 20.5 + 18.5 + 5 + 5 = 49c.$$

Перепад тисків в порожнинах гідро двигунів  $\Delta p_{II}$  визначається навантаженням на шток і механічними втратами.

$$\Delta p_{II} = p - p_{зл}$$

тиск в робочій порожнині при виштовхуванні штока:

$$p = \frac{P_H}{F \cdot \eta} + \frac{p_{зл}}{\Psi};$$

при втягуванні:

$$p = \left( \frac{P_H}{F \cdot \eta} + p_{зл} \right) \Psi,$$

де  $P_H$  - корисне навантаження;  $F = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$  - площа поршня;  $p_{зл}$  - тиск в

зливній порожнині;  $\eta_M$  - механічний ККД,  $\eta_M = 0.93 - 0.97$ ;  $\Psi_M = \frac{D^2}{D^2 - d^2}$ ;  $D$  і  $d$  - діаметр поршня і штока.

При холостому ході корисне навантаження на шток визначається механічними втратами

$$P'_H = P_H (1 - \eta_M)$$

Визначити тиски в робочій порожнині гідроциліндрів в кожному такті.

Такт I. Працює циліндр Ц1 на виштовхування.

$$\text{ШП: } p_{1,1} = \frac{P_{H1}(1 - \eta_M)}{F_{1,1} \cdot \eta_M} + \frac{p_{зл}}{\Psi} = \frac{19 \cdot 10^3 (1 - 0.95)}{0.013 \cdot 0.95} + \frac{0.4 \cdot 10^6}{1.33} = 0.37 \text{ МПа}$$

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 35   |

$$1PP: p_{1.2} = \frac{P_{H1}}{F_{2.1} \cdot \eta_M} + \frac{p_{3л.}}{\Psi} = \frac{1,9 \cdot 10^4}{0,0123 \cdot 0,95} + \frac{0,4 \cdot 10^6}{1,33} = 1,91 MPa;$$

Такт II. Працює Ц1 на втягування.

$$ШВ: p_{2.1} = \frac{P_{H1}(1 - \eta_M)}{F_{2.1} \cdot \eta_M} + \frac{p_{3л.}}{\Psi} = \frac{1,9 \cdot 10^4(1 - 0,95)}{0,0091 \cdot 0,95} + \frac{0,4 \cdot 10^6}{1,33} = 0,39 MPa;$$

$$1PP: p_{2.2} = \frac{P_{H1}}{F_{2.1} \cdot \eta_M} + \frac{p_{3л.}}{\Psi} = \frac{1,9 \cdot 10^4}{0,0091 \cdot 0,95} + \frac{0,4 \cdot 10^6}{1,33} = 2,5 MPa.$$

$$p_{2.1} = p_{2.3} = 0,39 MPa$$

$$p_{2.2} = p_{2.4} = 2,5 MPa$$

Такт III. Працює циліндр Ц2 на виштовхування.

$$p_3 = \frac{P_{H2}}{F_{1.2} \cdot \eta_M} + \frac{p_{3л.}}{\Psi} = \frac{3 \cdot 10^3}{0,00196 \cdot 0,95} + \frac{0,4 \cdot 10^6}{1,33} = 1,9 MPa.$$

Такт IV. Працює циліндр Ц2 на втягування.

$$p'_1 = \left( \frac{P_H}{F_{2.2} \cdot \eta_M} + p_{3л.} \right) \Psi = \left( \frac{3 \cdot 10^3(1 - 0,95)}{0,001472 \cdot 0,95} + 0,4 \cdot 10^6 \right) 1,33 = 0,6731 MPa.$$

Отримані значення зводимо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 Витрати

| Розмір     | 1    |      | 2    |     |      |     | 3    | 4    |
|------------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|
|            | 1,1  | 1,2  | 2,1  | 2,2 | 2,3  | 2,4 | 3.1  | 4,1  |
| Витрата Ц1 | 36,9 | 7,99 | 27,3 | 5,9 | 27,3 | 7,3 | -    | -    |
| Витрата Ц2 | -    | -    | -    | -   | -    | -   | 2,35 | 1,37 |
| Тиск       | 0,37 | 1,91 | 0,39 | 2,5 | 0,39 | 2,5 | 1,9  | 0,67 |
| Час (t)с.  | 2    | 18,5 | 1    | 9   | 1    | 7,5 | 5    | 5    |
|            | 20,5 |      | 18,5 |     |      |     | 5    | 5    |

### 3.7. Вибір насосу і схеми насосної установки.

Для нормальної роботи гідроприводу необхідно, щоб у кожному такті виконувалась умова:

$$Q_H \geq \sum Q_i,$$

де  $Q_H$  – витрата насоса;

$Q_i$  – витрата споживана  $i$  - гідродвигуном.

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

$$V_{\text{ц}} = Q_H \cdot t_{\text{ц}} = 36,9 \cdot 49 / 60 = 30,135 \text{ л};$$

Обсяг рідини  $V_{\text{цп}}$ , споживаний гідросистемою за час циклу:

$$\begin{aligned} V_{\text{ц.с.}} &= Q_{\text{шп}} \cdot t_{1,1} + Q_{1\text{РП}} \cdot t_{1,2} + Q_{\text{шв}} \cdot t_{2,1} + Q_{1\text{РП}} \cdot t_{2,2} + Q_{\text{шв}} \cdot t_{2,3} + Q_{2\text{РП}} \cdot t_{2,4} + \\ &+ Q_{\text{шв}} \cdot t_3 + Q_{\text{шп}} \cdot t_4 = (36,9 \cdot 2 + 7,99 \cdot 18,5 + 27,3 \cdot 1 + 5,9 \cdot 9 + 27,3 \cdot 1 + 7,3 \cdot 7,5 + 2,35 \cdot 5 + \\ &+ 1,37 \cdot 5) / 60 = 6,7 \text{ л}; \end{aligned}$$

Коефіцієнт використання продуктивності насоса визначиться як відношення обсягу рідини, споживаного гідросистемою за час циклу, до обсягу рідини, що надходить від насоса

$$K_Q = \frac{V_{\text{ц.с.}}}{V_{\text{ц}}} = \frac{0,0067}{0,030135} = 0,222;$$

Чим менше значення  $k_Q$ , тим нижче ККД гідроприводу. Максимальне значення ККД відповідає  $k_Q = 1$ . У цьому випадку  $V_{\text{цп}} = V_{\text{ц}}$ . Для зменшення втрат і збільшення ККД гідроприводу доцільно застосовувати насосну установку з гідроаккумулятором

При використанні насосної установки з гідроаккумулятором подачу насоса  $Q_H$  вибирають за умови:

$$Q_{\text{ш1 2РП}} \leq Q_H \leq Q_{\text{ш1 БО}}.$$

Відсутній розмір витрати в тактах І.1, І.3, Ш.1 та Ш.3 компенсується гідроаккумулятором, що підпитується в усіх останніх тактах.

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 37   |

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

$$Q_H = Q_{cp} = \frac{K_z \cdot V_{ц.с.}}{t_{ц.}} = \frac{1.12 \cdot 6,7 \cdot 60}{49} = 9,19 \text{ л/хв.},$$

де  $k_H$  - коефіцієнт запасу,  $k_H = 1,1 \dots 1,15$ .

Обираємо насос БГ12-21М

- робочий об'єм,  $q$ , см<sup>3</sup> 8
- номінальні витрати,  $Q$ , л/хв. 9
- об'ємний ККД 0,75
- повний ККД 0,6
- тиск виході з насосу

номінальний  $p_{ном}$ , МПа 12,5

максимальний  $p_{мах}$ , МПа 14

Робочий обсяг акумулятора можна визначити на підставі діаграми витрат. Для аналізованого приклада

$$V_{ГА} = Q_{шт1} \cdot t_{1,1} + Q_{шт2} \cdot t_{2,1} + Q_{шт3} \cdot t_{2,3} =$$

$$= 36,9 \cdot 2 + 27,3 \cdot 1 + 27,3 \cdot 1 = 2,14 \text{ л};$$

Вибираємо гідропневмоакумулятор типу АРХ –2,5/320 з параметрами

- об'єм,  $V$ , дм<sup>3</sup> 2,5
- тиск,  $p_{ном}$ , МПа 32

### 3.6. Гідравлічний розрахунок.

Вибір розмірів трубопроводів.

Внутрішній діаметр труби:

$$d_m = 4,6 \sqrt{\frac{Q}{V_x}}$$

де  $Q$  - витрата рідини на ділянці що розраховується,

$V$  - середня швидкість рідини.

Середню швидкість рідини вибирають у залежності від призначення трубопроводу:

Визначаємо діаметри трубопроводів:

- всмоктувальний:

$$d_{вс} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,136 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 1.2}} = 26 \text{ мм.}$$

Згідно ДСТУ 8732-78 приймаємо:  $d_{вс} = 25 \text{ мм.}$

- напірний:

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,136 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 2}} = 20 \text{ мм}$$

Згідно ДСТУ 8732-78 приймаємо:  $d_n = 20 \text{ мм.}$

- зливальний:

$$d_{зл.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,136 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 3}} = 16 \text{ мм}$$

Згідно ДСТУ 8732-78 приймаємо:  $d_{зл} = 16 \text{ мм.}$

За прийнятим діаметром визначаємо дійсну швидкість руху рідини в трубопроводі:

- всмоктувальний:

$$V_{вс} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 6,136 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,025^2} = 1,25 \text{ м/с}^2$$

напірний:

$$V_n = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 6,136 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,02^2} = 1,95 \text{ м/с}^2$$

зливальний:

$$V_{зл.} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 6,136 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,016^2} = 3,05 \text{ м/с}^2$$

### 3.7 Визначення втрат тиску.

Визначення втрат по довжині трубопроводу

Гідравлічні втрати в гідро лініях складаються із втрат на гідравлічне тертя  $\Delta p_T$ , втрат у місцевих опорах  $\Delta p_M$  і втрат у гідроапаратах  $\Delta p_o$ .

Втрати тиску на тертя

$$\Delta p_T = (0,5\rho L\lambda V^2)/d_T,$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт тертя; L- довжина ділянки;  $\rho$  - щільність; V- середня швидкість рідини,  $d_T$  - діаметр труби або шланга.

Коефіцієнт тертя  $\lambda$  залежить від режиму плин у рідині й визначається по числу Рейнольдса:

$$Re = Vd/\nu.$$

При ламінарному русі рідини (  $Re < 2320$ ).

З огляду на можливості звуження й скривлення перетину труби при практичних розрахунках приймають:

$$\lambda = 75 / Re.$$

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

- всмоктувальна лінія ( $L_1=0,3\text{м}$ )

коефіцієнт Рейнольда  $Re = \frac{1,25 \cdot 25 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 10^{-6}} = 1116 < 2320$ -ламінарний режим

коефіцієнт Дарсі  $\lambda = \frac{75}{1116} = 0,067$ ;

Втрати на гідравлічне тертя на всмоктувальній лінії

$$\Delta p_T = \frac{0,3 \cdot 0,067 \cdot 0,5 \cdot 900 \cdot 1,25^2}{0,025} = 945 \text{ Па};$$

- напірна лінія ( $L_2=5,5\text{м}$ )

коефіцієнт Рейнольда  $Re = \frac{1,95 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 10^{-6}} = 1393 < 2320$ -турбулентний режим

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 40   |



коефіцієнт Дарсі  $\lambda = \frac{75}{1393} = 0.054$ ;

Втрати на гідравлічне тертя на напірній лінії

$$\Delta p_T = \frac{0,5 \cdot 0,054 \cdot 5,5 \cdot 900 \cdot 5^2}{0,02} = 25340 \text{ Па};$$

- зливальна лінія ( $L_3=5\text{м}$ ),

коефіцієнт Рейнольда  $Re = \frac{3,05 \cdot 16 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 10^{-6}} = 1743 < 2320$ -турбулентний

режим

коефіцієнт Дарсі  $\lambda = \frac{75}{1743} = 0.043$ ;

Втрати на гідравлічне тертя на зливній лінії

$$\Delta p_T = \frac{0,5 \cdot 0,043 \cdot 5 \cdot 900 \cdot 3,05^2}{0,016} = 56290 \text{ Па};$$

Сумарні втрати на гідравлічне тертя:

$\Sigma \Delta p_T = 0,082575 \text{ МПа};$

Результати розрахунків заносу у таблицю 3. 1

Таблиця 3. 1 Розрахунок втрат на тертя

| Номер ділянки | L, м | d, мм | Q, л/хв. | V, м/с | Re   | $\lambda$ | $\Delta p_T$ , МПа |
|---------------|------|-------|----------|--------|------|-----------|--------------------|
| 1             | 0,3  | 25    | 0,0368   | 1,25   | 1116 | 0,067     | 0,001409           |
| 2             | 5,5  | 20    | 0,0368   | 1,95   | 1393 | 0,054     | 0,259900           |
| 3             | 5    | 16    | 0,0368   | 3,05   | 1743 | 0,043     | 0,037120           |

Визначення втрат на місцевих опорах

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

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

де  $\xi$  - коефіцієнт місцевого опору.

- напірна лінія

- на зворотному клапані:

$$\Delta p_M = 0,5 \cdot 900 \cdot 2 \cdot 1,95^2 = 3422 \text{ Па};$$

- на циліндрі:

$$\Delta p_M = 0,5 \cdot 900 \cdot 0,5 \cdot 1,95^2 = 855 \text{ Па};$$

- на фільтрі:

$$\Delta p_M = 2 \cdot 0,5 \cdot 900 \cdot 3 \cdot 1,95^2 = 10270 \text{ Па};$$

- розподільників в системі 3 штуки:

$$\Delta p_M = 0,5 \cdot 900 \cdot 0,8 \cdot 1,95^2 \cdot 3 = 4107 \text{ Па};$$

- на схемі 2 колін:

$$\Delta p_M = 0,5 \cdot 900 \cdot 0,15 \cdot 1,95^2 \cdot 2 = 513 \text{ Па};$$

- трійників в системі 5 штуки:

$$\Delta p_M = 0,5 \cdot 900 \cdot 2 \cdot 1,95^2 \cdot 5 = 17110 \text{ Па};$$

$$\Sigma \Delta p_M = 0,036277 \text{ Па};$$

- зливальна лінія

- на циліндрі:

$$\Delta p_M = 0,5 \cdot 900 \cdot 0,5 \cdot 3,05^2 = 2093 \text{ Па};$$

- на регулятору потоку:

$$\Delta p_M = 2 \cdot 0,5 \cdot 900 \cdot 2 \cdot 3,05^2 = 16740 \text{ Па};$$

- розподільників в системі 7 штуки:

$$\Delta p_M = 0,5 \cdot 900 \cdot 0,8 \cdot 3,05^2 \cdot 7 = 23440 \text{ Па};$$

- на схемі 8 колін:

$$\Delta p_M = 0,5 \cdot 900 \cdot 0,15 \cdot 3,05^2 \cdot 8 = 5023 \text{ Па};$$

- трійників в системі 7 штуки:

$$\Delta p_M = 0,5 \cdot 900 \cdot 2 \cdot 3,05^2 \cdot 7 = 58610 \text{ Па};$$

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 42   |

– на дроселі:

$$\Delta p_M = 0,5 \cdot 900 \cdot 2 \cdot 3,05^2 = 8372 \text{ Па};$$

– на фільтрі:

$$\Delta p_M = 0,5 \cdot 900 \cdot 3 \cdot 3,05^2 = 12560 \text{ Па};$$

– на зворотному клапані:

$$\Delta p_M = 0,5 \cdot 900 \cdot 2 \cdot 3,05^2 = 8372 \text{ Па};$$

$$\Sigma \Delta p_M = 0,135210 \text{ МПа}.$$

Результати розрахунків заносу у таблицю 3. 2

Таблиця 3.2 Розрахунок втрат на місцевих опорах

| Номер ділянки | Вид опору | Кількість | $\xi$ | $\Delta p_M$ , Па | $\Delta p_{M\Sigma}$ , Па |
|---------------|-----------|-----------|-------|-------------------|---------------------------|
| 1             | Трійник   | 5         | 2     | 17110             | 17623                     |
|               | Коліно    | 2         | 0,15  | 513               |                           |
| 2             | Трійник   | 7         | 2     | 58610             | 63633                     |
|               | Коліно    | 8         | 0,15  | 5023              |                           |

### 3.8 Визначення втрат на гідравлічних апаратах

Втрати в гідравлічних апаратах, установлених на ділянці що розраховується, наведені в довідниках і каталогах на гідроапаратуру й вибираються для максимальної витрати через гідроапарат. Якщо для конкретного випадку витрата менше максимального, то табличні значення втрат необхідно перерахувати по формулі:

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

де  $\Delta p_{\Gamma}$ - втрати тиску на гідроапараті при відповідній дійсності значення витрати  $Q_d$ ;  $\Delta p_M$ - втрати тиску, взяті по каталозі при максимальному значенні витрати  $Q_m$ .

При послідовному з'єднанні загальні втрати тиску являють собою суму втрат тиску на всіх ділянках:

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

- Фільтр Ф2:  $\Delta p_{\partial} = 0,1 \left( \frac{12.7}{100} \right)^2 = 0.00163 \text{ МПа};$
- Фільтр Ф1:  $\Delta p_{\partial} = 0,1 \left( \frac{12.7}{160} \right)^2 = 0.00063 \text{ МПа};$
- Зворотній клапан:  $\Delta p_{\partial} = 0,25 \left( \frac{12.7}{32} \right)^2 = 0.039 \text{ МПа};$
- Розподільники Р1:  $\Delta p_{\partial} = 0,2 \left( \frac{12.7}{40} \right)^2 = 0,02 \text{ МПа};$
- Зворотній клапан:  $\Delta p_{\partial} = 0,25 \left( \frac{12.7}{32} \right)^2 = 0.039 \text{ МПа};$
- Копір:  $\Delta p_{\partial} = 0,2 \left( \frac{12.7}{40} \right)^2 = 0,02 \text{ МПа};$
- Дросель Др:  $\Delta p_{\partial} = 0,25 \left( \frac{12.7}{20} \right)^2 = 0,101 \text{ МПа};$
- Розподільники Р1:  $\Delta p_{\partial} = 0,2 \left( \frac{12.7}{40} \right)^2 = 0,02 \text{ МПа};$

$$\Sigma \Delta p_{\partial} = 0,024126 \text{ МПа};$$

Результати розрахунків заносу у таблицю 3. 3

Таблиця 3. 3 Розрахунок втрат на гідравлічних апаратах

| Позначення на схемі | Найменування гідроапарат | Марка і типорозмір | Параметри |               |
|---------------------|--------------------------|--------------------|-----------|---------------|
|                     |                          |                    | табличні  | у гідро схемі |

|     | а                   |                  | $Q_m$ ,<br>л/хв. | $\Delta p_m$<br>МПа | $Q_g$ ,<br>л/хв. | $\Delta p_r$<br>МПа |
|-----|---------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| 1   | 2                   | 3                | 4                | 5                   | 6                | 7                   |
| Ф1  | Фільтр              | МГМ32-<br>0,1М   | 160              | 0,1                 | 12,7             | 0,0006<br>3         |
| Ф2  | Фільтр              | ФС100-<br>40/6,3 | 100              | 0,1                 | 12,7             | 0,0016<br>3         |
| К33 | Зворотній<br>клапан | Г51-32           | 32               | 0,25                | 12,7             | 0,039               |
| Р1  | Розподільн<br>ик    | Р1010-<br>ФИ575  | 40               | 0,2                 | 12,7             | 0,02                |
| К31 | Зворотній<br>клапан | Г51-32           | 32               | 0,25                | 12,7             | 0,039               |
| Р8  | Копір               | Р1010-<br>ЕМ573  | 40               | 0,2                 | 12,7             | 0,02                |
| ДР  | Дросель             | ПГ77-12          | 20               | 0,25                | 12,7             | 0,101               |
| Р1  | Розподільн<br>ик    | Р1010-<br>ФИ575  | 40               | 0,2                 | 12,7             | 0,02                |

$$\sum \Delta p_{\Sigma} = 0,082575 + 0,036277 + 0,135210 + 0,024126 = 0,278188 \text{ МПа.}$$

Виходячи з розрахунків гідросистеми визначаємо необхідний тиск насосу за формулою:

$$p_n = \sum \Delta p_{\Sigma} + p_m;$$

$$p_n = 0,278 + 3,0 = 3,278$$

### 3.9. Тепловий розрахунок.

При роботі гідроприводу внаслідок механічних, гідравлічних і об'ємних втрат відбувається виділення теплової енергії, що йде на нагрівання гідрообака з маслом, а також розсіюється в навколишній простір.

Кількість теплоти  $Q$ , кДж, виділеної в гідроприводі за 1 год. роботи  $t$  визначають різницею споживаної  $N_{\text{п}}$  і ефективної  $N_{\text{е}}$  потужностей (кВт):

$$Q_i = 3600(N_{\text{п}i} - N_{\text{е}i}) \frac{t_i}{t_u} = 3600 \left( \frac{P_{\text{н}i} Q_{\text{н}}}{60 \eta_{\text{н}}} - \frac{P_i Q_i \eta_{\text{лб}}}{60} \right) \frac{t_i}{t_u}$$

$$\theta_{12} := 3600 \left( \frac{6.312.7}{0.85} - 163000010^{-6} \cdot \frac{0.13290.95}{60} \right) \cdot \frac{9}{41.5} = 7.349 \times 10^4$$

$$\theta_{21} := -3600 \left( \frac{6.312.7}{0.85} - 14640010^{-6} \cdot \frac{0.45770.95}{60} \right) \cdot \frac{1}{41.5} = -8.165 \times 10^3$$

$$\theta_{22} := 3600 \left( \frac{6.312.7}{0.85} - 292900010^{-6} \cdot \frac{0.099170.95}{60} \right) \cdot \frac{9}{41.5} = 7.349 \times 10^4$$

$$\theta_{23} := -3600 \left( \frac{6.312.7}{0.85} - 14640010^{-6} \cdot \frac{0.45770.95}{60} \right) \cdot \frac{1}{41.5} = -8.165 \times 10^3$$

$$\theta_{24} := 3600 \left( \frac{6.312.7}{0.85} - 292900010^{-6} \cdot \frac{0.099170.95}{60} \right) \cdot \frac{7.5}{41.5} = 6.124 \times 10^4$$

$$\theta_3 := 3600 \left( \frac{6.312.7}{0.85} - 168400010^{-6} \cdot \frac{0.062830.95}{60} \right) \cdot \frac{5}{41.5} = 4.083 \times 10^4$$

$$\theta_4 := 3600 \left( \frac{6.312.7}{0.85} - 2513000010^{-6} \cdot \frac{0.062830.95}{60} \right) \cdot \frac{5}{41.5} = 4.082 \times 10^4$$

$$\theta := \theta_{11} + \theta_{12} + \theta_{21} + \theta_{22} + \theta_{23} + \theta_{24} + \theta_3 + \theta_4 = 2.409 \times 10^5 \text{ кДж/год.}$$

Розрахункова площа поверхні гідробаку  $F$ ,  $\text{м}^2$ :

$$F = 0,064 \sqrt[3]{V_m^2} = 0,064 \sqrt[3]{25,4^2} = 0,553 \text{ м}^2,$$

де  $V_m$  – об'єм масла в гідробаку  $V_m = (2...3)Q_n = (2...3)5,8 = (25,4...38,1)$  л.

Перевищення сталої температури масла в баку над температурою навколишнього середовища.

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 46   |

$$\Delta t = \frac{\theta}{k \cdot F} = \frac{240900}{63 \cdot 0.553 \cdot 1000} = 6.9^{\circ}\text{C}$$

### 3.10 Розрахунок циліндра на тривкість.

Розрахунок товщини стінки.

Матеріал гільзи обираємо Ст 45 ГОСТ 50-70 з напругою

$$\sigma_T = 3600 \text{ кгс/см}^2 \approx 360 \text{ МПа.}$$

Для розрахунку товщини стінки застосуємо другу теорію тривкості для деталей з малов'язких матеріалів:

$$S = \frac{D}{2} \left( \sqrt{\frac{\sigma_{\text{дон}} + 0,4 p_{\text{ц}}}{\sigma_{\text{дон}} - 0,3 p_{\text{ц}}}} - 1 \right),$$

де  $D=125$  мм – внутрішній діаметр гільзи циліндра;

$$\sigma = \frac{\sigma_T}{n} = \frac{360}{3} = 120 \text{ МПа} \text{ .- напруга, що допускається;}$$

$n=3$  – коефіцієнт запасу міцності;

$$S = \frac{125}{2} \left( \sqrt{\frac{120 + 0,4 \cdot 3}{120 - 0,3 \cdot 3}} - 1 \right) = 0,69 \text{ мм}.$$

якості матеріалу приймаємо сталь 45 ГОСТ 4543-71:  $\sigma=360$  МПа.

$$\sigma = 360/3 = 120 \text{ МПа.}$$

$$S = \frac{125}{2} \left( \sqrt{\frac{120}{120 - 1.73 \cdot 3}} - 1 \right) = 0,24 \text{ мм}$$

Мінімальна допустима товщина стінки  $S=6$  мм.

Товщина днища циліндру визначають за формулою:

$$S_{\text{д}} = 0.433 D_{\text{д}} \sqrt{\frac{P}{\sigma_{\text{дон}}}}$$

де  $D_{\text{д}}$  – діаметр днища,  $D_{\text{д}}=70$  мм.

Матеріал днища обираємо СЧ21-40 з такими параметрами:

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 47   |

$$\sigma_B = 2100 \text{ кгс/см}^2 = 210 \text{ МПа},$$

$$\sigma = \sigma_B / n = 210 / 3 = 70 \text{ МПа},$$

$$n = \frac{\sigma_m}{\sigma_{np}} \geq 1,2 \dots 2,5.$$

$$S_d = 0.433 \cdot 141 \sqrt{\frac{3,75}{141}} = 10_{\text{мм}}$$

## РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1. Опис деталі

Сопло камери тиску циліндрична деталь радіусом 32 мм з фланцем радіусом 56,5 мм, і довжиною 138 мм, в якому зроблений осьовий отвір діаметром 40 мм.. На поверхні радіусом 56,5мм перпендикулярно осі на фланці зроблено отвір діаметром Ø 11, та на торці отвір діаметром Ø10 та різьба М14х 1,5.

Розмір деталі складає Ø113 мм, довжина 138 мм.

Незазначені граничні відхилення розмірів п Н14, h14, ± IT14/2.

Розміри представлені на кресленні нижче (див. рис.4.1).

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 48   |



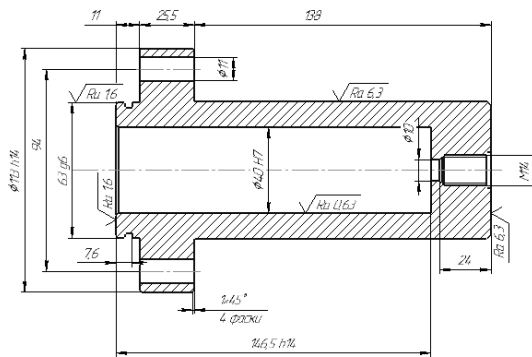


Рис 4.1. Креслення сопло камери

4.2. Обґрунтування вибору виготовлення заготовки та розроблення її креслення.

4.2.1. Вибір методу виготовлення заготовки.

Аналіз конструктивних особливостей деталі, виконуваний за робочим кресленням, дозволяє зробити наступні висновки: габаритні розміри заготовки

– Ø130 x 185 мм, матеріал деталі – Сталь 45 ДСТУ 7809:2015 До деталі пред'являються високі вимоги по забезпеченню точності та шорсткості робочих поверхонь.

4.2.2. Характеристики хімічних та фізико-механічних властивостей матеріалу деталі.

Характерні хімічні та фізико-хімічні властивості матеріалу, наведено а табл.

Деталь "Сопло" виготовляється з сталі 45 ДСТУ 7809:2015

Таблица Хімічний склад сталі 45 у відповідності з ДСТУ 7809:2015 , %

| C            | Si                | Mn          | P      | Ni    | Cr    | S     | Cu    | As    | Fe  |
|--------------|-------------------|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 0.42<br>-0.5 | 0.17<br>-<br>0.37 | 0.5-<br>0.8 | <0.035 | <0.25 | <0.25 | <0.04 | <0.25 | <0.08 | ~97 |

Таблиця Механічні властивості сталі 45 після нормалізації

| Стандарт  | Стан поставки      | Межа плинності, $R_m$ (МПа) | Межа короткочасної міцності, $R_{eH}$ (МПа) | Мінімальне відносне подовження $\sigma$ , % | Відносне звуження, % |
|-----------|--------------------|-----------------------------|---|---|----------------------|
| ГОСТ 1050 | Після нормалізації | 355                         | 600   | 16  | 40                   |
| ДСТУ 7809 | Після нормалізації | 355                         | 600   | 16  | 40                   |

#### 4.3. Розробка технологічного процесу

Типова технологічна послідовність обробки поверхонь згідно типових рекомендацій, уточнюється при технологічному проектуванні (рис.4.2).

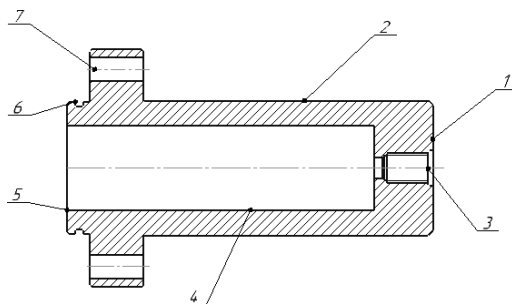


Рис 4.2. Креслення поверхні деталі

Послідовність обробки деталі наведено в таблиці 4.1.

| Поверхні | ITi           | Ra  | Послідовність обробки         | ITi           | Ra  |
|----------|---------------|-----|-------------------------------|---------------|-----|
|          | За кресленням |     |                               | Після обробки |     |
| 1        | 14            | 6.3 | Точіння торця<br>Фрезерування | 14            | 6.3 |

|   |    |      |   |               |                     |
|---|----|------|---|---------------|---------------------|
| 2 | 14 | 6,3  | Точіння попереднє<br>Точіння чистове  | 14            | 0,63                |
| 3 | 14 | 1,6  | Свердлення<br>Нарізання різьби  | 14<br>9       | 1.6<br>1.6          |
| 4 | 12 | 0,63 | Розточування попереднє<br>Розточування напівчистове<br>Розточування чистове<br>Притирка | 14<br>12      | 12.5<br>6.3<br>0.63 |
| 5 | 12 | 6.3  | Точіння торця<br>Фрезерування<br>Шліфування   | 12<br>8       | 1.6<br>1,6          |
| 6 | 12 | 1.6  | Точіння попереднє Точіння чистове<br>Притирка   | 14<br>10<br>9 | 12.5<br>6.3<br>1.6  |
| 7 | 14 | 1.6  | Свердлення  | 12            | 1.6                 |

Проектування маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі " Сопло камери тиску"

Маршрутний технологічний процес приведений нижче.

010 Фрезерна на верстаті ЧПУ

Вид обладнання: верстат горизонтально фрезерний з ЧПУ НХ805.

Система оснастки: оснастка універсальна.

Різальний інструмент: фреза торцева ВК6М. А.

Установити, закріпити, зняти.

010.01 Фрезерувати торці 1 і 2 (рис.4.3) витримуючи розмір 3.

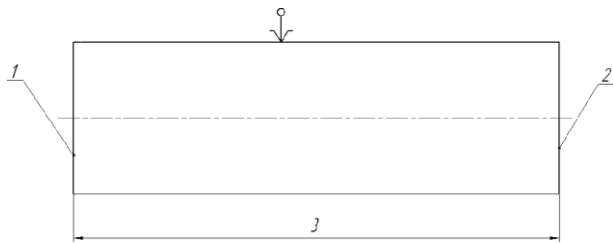


Рис 4.3. Креслення заготовки з необхідними розмірами 020 Токарна з ЧПУ

Вид обладнання: горизонтально розточний верстат 2А1620Ф2 з ЧПУ.  
Система оснастки: оснастка універсальна.

Різальний інструмент: свердла спіральні Р6М6,різець канавочний Т15К6,  
різець підрізний Т15К6.

А. Установити, закріпити, зняти, перевернути.

020.01. Розточити поверхню витримуючи розміри 1,2 та 4,5. 020,02.  
Розточити фаски витримуючи розмір 3

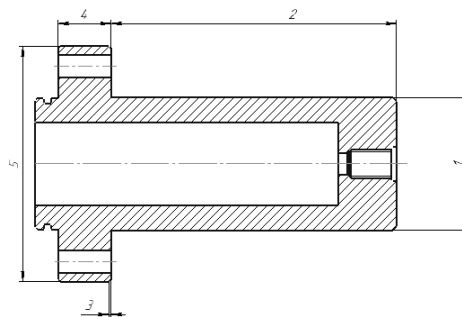


Рис 4.3. Ескіз операція 020

030 Свердлильна

Вид обладнання: вертикально-свердлильний моделі 2Р135Ф2-1.  
Система оснастки: оснастка універсальна.

Різальний інструмент: свердло спіральне HSS PoinTEQ 2 608 577 174, 2  
608 577 175, метчик Р10М14.

А. Установити, закріпити, зняти, перевернути.

030.01. Свердлити отвори витримуючи розміри 1, 2, 3.

А. Замінити інструмент.

030.02Нарізання різьби витримуючи розміри

А. Установити, закріпити, замінити інструмент, зняти, перевернути.

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 52   |

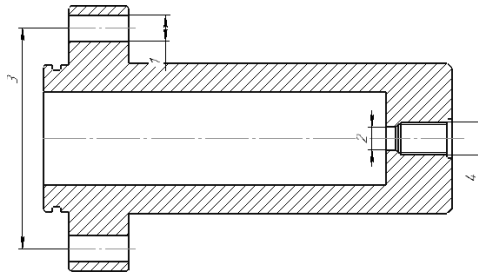


Рис 4.5. Ескіз операція 030

040 Токарна з ЧПУ

Вид обладнання: горизонтально розточний верстат 2А620Ф2 з ЧПУ.

Система оснастки: оснастка універсальна.

Різальний інструмент: різець прохідний Т15К6. А. Установити, закріпити, зняти.

040.01. Точити внутрішню поверхню витримуючи розмір 1, 2.

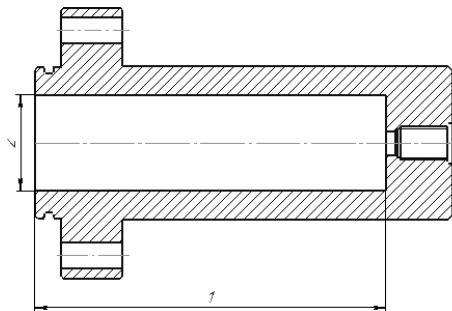


Рис 4.6. Ескіз операція 040

050 Шліфувальна

Вид обладнання: круглошліфувальний верстат типу 3151. Система оснастки: оснастка універсальна.

Різальний інструмент: круг тип 3Б25С1. А. Установити, закріпити, зняти.

050.01. Шліфувати зовнішню поверхню витримуючи розмір 1,2

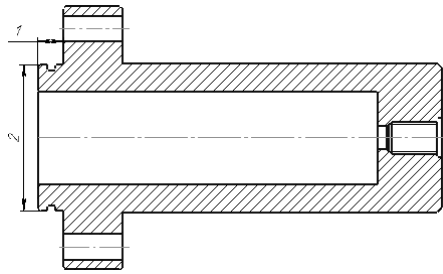


Рис 4.7. Ескіз операція 050

060 Миюча

070 Слюсарна

Вид обладнання: обладнання слюсарне. Система оснастки: УЗП.

Різальний інструмент: різальний інструмент стандартний.

080 Хімічна

Устаткування: газовий карбюратор. Товщина покриття  $h$  0.7... 0.9 мкм.

090 Доводочна

Вид обладнання: доводочний верстат ОФ-26М. Система оснастки: оснастка універсальна.

Різальний інструмент: притир.

А. Установити, закріпити, зняти.

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 54   |

080.01. Шліфувати внутрішню поверхню витримуючи розмір 1.

| Операція |                      | Глибина<br>різання,<br>(мм). | Подача,<br><br>(мм/хв). | Частота<br>обертання,<br>(об/хв). |
|----------|----------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 010.01   | Фрезування           | 5                            | 220                     | 2200                              |
| 020.01.  | Точіння зв. поверхні | 3                            | 0,05                    | 1400                              |
| 020.02.  | Точіння фаски        | 1x45                         | 0,02                    | 350                               |
| 030.01.  | Свердління           | 10                           | 320                     | 350                               |
| 030.02.  | Нарізання різьби     | 0,3                          | 1,6 (мм/об)             | 1100                              |
| 040.01.  | Точіння вн. поверхні | 0,5                          | 0,03                    | 2800                              |
| 050.01.  | Шліфування           | 0,2                          | 85                      | 2800                              |

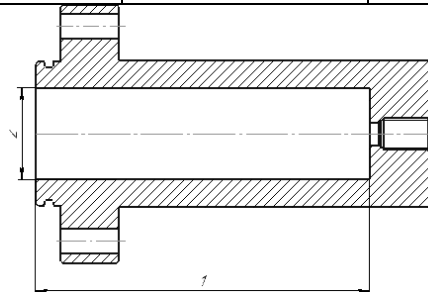


Рис 4.8. Ескіз операція 080

Характеристики інструментів які використовуються для обробки наведені в таблиці 4.4.

4.4. Розрахунок часу обробки однієї деталі.

4.4.1 Розрахунок часу точіння.

Основний час  $T_O$  на зміну форми і розмірів заготовки визначаємо за формулою:

$$T_O = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i$$

де  $L$  - довжина робочого ходу різця:

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 55   |

$$L = l \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3 ,$$

де  $l$  - довжина оброблюваної поверхні,  $l = 680$  мм;  $l_1$  - величина шляху врізання:

$$l = t \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \cdot 2 \cdot \operatorname{ctg} 45^\circ \cdot 2 = 4 \text{ мм};$$

$l_2$  - величина перебігаючи різця,  $l_2 = 1 \dots 3$  мм, приймаємо  $l_2 = 3$  ;

$l_3$  - величина шляха для зняття пробних стружок, мм.

У масовому виробництві при роботі на налаштованих верстатах  $l_3$  не враховується;  $i$  - число робочих ходів різця,  $i = 1$ .

Основний час дорівнює:

$$T_o = \frac{(257 \cdot 4 \cdot 3)^{11}}{2500 \cdot 8} = 1.32 \text{ хв.}$$

Одиничний час, що витрачається на дану операцію:

$$T_{OD} = T_o \cdot T_{ДОП} \cdot T_{ОБС} \cdot T_{ПЕР} ,$$

де  $T_{ДОП}$  - допоміжний час, хв:

- час на установку і зняття деталі – 1.05 хв;
- час на робочий хід приймаємо 0,2 хв;
- час на вимірювання деталі приймаємо 0,2 хв;

$$T_{ДОП} = 1.05 + 0.2 + 0.2 = 1.45 \text{ хв.}$$

$T_{ОП}$  - оперативний час:

$$T_{ОП} = T_o$$

$$T_{ДОП} \cdot 1.32 \cdot 1.45 = 2.77 \text{ хв.}$$

Час обслуговування робочого місця:

$$T_{ОБС} = (3 \dots 8\%) \cdot T_o$$

Час перерви у роботі:

$$T_{ПЕР} = (4 \dots 9\%) \cdot T_{ОП} .$$

Час, що витрачається на обробку однієї деталі:

$$T_{OD} = 1.33 \cdot 1.45 + 0.08 \cdot 2.58 + 0.09 \cdot 2.68 = 3.22 \text{ хв.}$$



#### 44.2. Розрахунок часу обробки при фрезуванні.

Основний час  $T_O$  на зміну форми і розмірів заготовки визначаємо за формулою:

$$T = \frac{L}{n \cdot S} \cdot 84 \cdot 2 \text{ хв.}$$

$$\frac{0}{250} = 0,167$$

Одиничний час, що витрачається на дану операцію:

$$T_{ОД} = T_O \cdot T_{ДОП} \cdot T_{ОБС},$$

де  $T_{ДОП}$  - допоміжний час, хв:

- час на установку і зняття деталі – 1,8 хв;
- час на робочий хід приймаємо 0,8 хв;
- час на вимірювання деталі приймаємо 0,2 хв;

$$T_{ДОП} = 1.8 \cdot 0.8 \cdot 0.2 = 2.8 \text{ хв.}$$

$T_{ОП}$  - оперативний час:

$$T_{ОП} = T_O \cdot T_{ДОП} \cdot 2 \cdot 2.8 = 4.8 \text{ хв.}$$

Час обслуговування робочого місця та перерв у роботі:

$$T_{ОБС} = 10\% \cdot 0.1 \cdot 4.8 = 0.48 \text{ хв.}$$

Час, що витрачається на обробку однієї деталі:

$$T_{ОД} = 2 \cdot 2.8 \cdot 0.48 = 5.28 \text{ хв.}$$

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

В цьому розділі проводиться аналіз охорони праці на робочому місці під час дипломного проектування. Завданням диплому є підвищення енергоефективності гідравлічного ліфта. Робота проводилася в кімнаті студентського з використанням персонального комп'ютера.

Поліпшення умов праці, підвищення її безпеки та нешкідливості має велике соціальне та економічне значення і безпосередньо впливає на підвищення продуктивності праці

В даному розділі розглянуті питання електробезпеки, пожежної безпеки та мікроклімату. Так як в розглядуваному об'єкті існує небезпека ураження електричним струмом - необхідно передбачити заходи і рішення щодо усунення цієї небезпеки.

### 5.1. Електробезпека

Електробезпека електронно-обчислюваної техніки має відповідати вимогам ДНАОП 1.1.10-1.01- 2000 [20].

Електронно-обчислювальна техніка, електропроводи та кабелі за виконанням і ступенем захисту мають мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, застосовувати негорючу ізоляцію.

Лінія електромережі для живлення електронно-обчислюваних машин виконується як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового, захисного провідників.  
Нульовий

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 58   |

захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Не допускається використовувати нульовий робочий провідник як нульовий захисний провідник.

Нульовий захисний провідник прокладається від стійки групового розподільного щита, розподільного пункту до розеток електроживлення.

Не допускається підключати на щиті до одного контактного затискача нульовий робочий та нульовий захисний провідники.

Не допускається підключати електронно-обчислювальні машини до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі - з використанням перехідних пристроїв.

При організації робочих місць операторів електромережу штепсельних розеток для живлення електронно-обчислюваної техніки у центрі приміщення прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах. При цьому не допускається застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми та інші матеріали, які містять сірку.

## 5.2. Пожежна безпека.

У дипломній роботі передбачено проведення ряду заходів, що спрямовані на забезпечення пожежної безпеки в приміщенні.

Перелік документів за якими дотримується протипожежний захист :

ОНТП 24-86. (НАПБ Б.07.005-86) «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной опасности».

НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні.

СНиП 2.01.02-85. «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений».

Особливостями пожежної небезпеки є:

відсутністю пожежної спецтехніки, необхідної для евакуації людей;

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 59   |

значно більший необхідний час евакуації людей (велика висота будівель, велика протяжність евакуаційних шляхів); швидке розповсюдження диму по сходовим клітинам, ліфтовим шахтам, сміттєпроводам, вентиляційним каналам та ззовні будівлі.

Основні запобіжні заходи і правила пожежної безпеки при експлуатації електричних та нагрівальних приладів, що використовуються у побуті, такі:

нагрівальні прилади можна встановлювати тільки на негорючі підставки;

забороняється залишати прилади, що включені, без нагляду;

забороняється включати в одну розетку одночасно декілька приладів;

необхідно спостерігати за щільністю контактів в місцях приєднання проводів приладів до вилки, клем між собою тощо;

небезпечно замінювати запобіжники, що перегоріли, в телевізорах, приймачах і інших побутових приладах саморобними або плавкими запобіжниками;

Значну кількість пожеж у житловому секторі складають пожежі від побутових газових приладів. Основною причиною цих пожеж є витікання газу внаслідок порушення герметичності трубопроводів, з'єднувальних вузлів або через пальники газових плит. Саме тому у разі появи запаху газу у приміщенні не можна запалювати сірники, запальнички, вмикати і вимикати електричні вимикачі, входити у приміщення з відкритим вогнем або з цигаркою - все це може викликати вибух газу.

Якщо витікання газу відбувається з відкритого крана на газовому приладі, то його треба закрити, ретельно провітрити приміщення і тільки після цього можна запалювати вогонь. У випадку витікання газу в результаті пошкодження приладів, користування ними необхідно припинити і негайно повідомити в контору газового господарства. Ступені вибухонебезпечності приміщень наведені в таблиці 5.1.

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 60   |

Таблиця 5.1.

Категорії приміщень за вибухопожежною і пожежною безпекою

| Категорія приміщення        | Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (застосовуються) у приміщенні  |
|-----------------------------|--|
| 1                           | 2  |
| А<br>Вибухопожежонебезпечна | Горючі гази (ГГ), легкозаймисті рідини (ЛЗР) з температурою спалаху не більше 280С у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні газопароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху у приміщенні, який перевищує 5 кПа. Речовини і матеріали, здатні горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа |
| Б<br>Вибухопожежонебезпечна | Горючий пил, волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 280С, горючі рідини (ГР) в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху у приміщенні, що перевищує 5 кПа  |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| В<br>Пожежо<br>небез печна | Горючі гази (ГГ), легкозаймисті, горючі і важкогорючі рідини, а також речовини та матеріали, які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним вибухати і горіти або тільки горіти; тверді горючі і матеріали, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (обертаються), не відносяться до категорій А, Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих та горючих речовин на окремих ділянках <sup>1</sup> площею не менше 10 м <sup>2</sup> кожна перевищує 180 МДж/м <sup>2</sup> |
| Г                          | Негорючі речовини і матеріали у гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор та полум'я; горючі гази (ГГ), рідини та тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо   |
| Д                          | Речовини і матеріали, що вказані вище для категорій приміщень А, Б, В (крім горючих газів) у такій кількості, що їх питома пожежна навантага для твердих і рідких горючих речовин на окремих ділянках площею не менше 10 м <sup>2</sup> кожна не перевищує 180 МДж/м <sup>2</sup> , а також, негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані, за умови, що приміщення, в яких знаходяться (обертаються) вищевказані речовини і матеріали, не відносяться до категорій А, Б і  |

Примітка 1. Площа окремих ділянок для твердих і рідких важкогорючих, горючих та легкозаймистих речовин, що утворюють пожежну навантагу, визначають за розмірами проекції їх площі розміщення (складування), а також площі розливу під час розрахункових аварій на горизонтальну поверхню підлоги.

Примітка 2. Приміщення відноситься до категорії В, якщо його площа менше або дорівнює 10 м<sup>2</sup> і в ньому знаходяться (обертаються) горючі

матеріали і речовини, що утворюють пожежну навантагу, за умови, що приміщення не відноситься до категорії А і Б

Категорично забороняється користуватися вогнем для виявлення витoku газу із балонів і газових приладів, для цього можна застосовувати тільки мильний розчин.

### 5.3. Загальна характеристика робочої зони

Робочою зоною являлась робоча кімната, яка була постійним робочим місцем під час розробки дипломної роботи (рис.5.1).

Характеристика житлової площі проживання в кімнаті наведена в таблиці 5.2.

Величини показників мікроклімату у робочій зоні порівнюються з оптимальними показниками умов мікроклімату приміщень. Виходячи з

«Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень» ДСН 3.3.6.042 99, визначаємо дану роботу, як легку фізичну роботу (категорія 1а) при якій витрата енергії дорівнює 105 - 140 Вт (90 - 120 ккал/год.) - категорія 1а, тобто робота, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження. Параметри мікроклімату наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.2

Характеристики приміщення

|   | Мінімальне значення | Дійсне значення |
|---|---------------------|-----------------|
| Житлова площа на 1 особу, м <sup>2</sup> .              | 6                   | 9               |
| Об'єм житлового приміщення на 1 особу, м <sup>3</sup> . | 20                  | 18              |
| Ширина двірного прорізу, м.                             | 0,8                 | 0,8             |
| Розміри вікна, м2.                                      | 0,9                 | 1,4             |

Таблиця 5.3. Характеристики мікроклімату приміщення

| Категорія Іа. Теплий період року | Допустиме значення | Дійсне значення | Відповідність нормам |
|----------------------------------|--------------------|-----------------|----------------------|
| Температура повітря, °С          | 22-24              | 22              | Відповідає           |
| Відносна вологість, %            | 60-40              | 55              | Відповідає           |
| Швидкість руху, м/с              | Не більше 0,1      | 0,1             | Відповідає           |

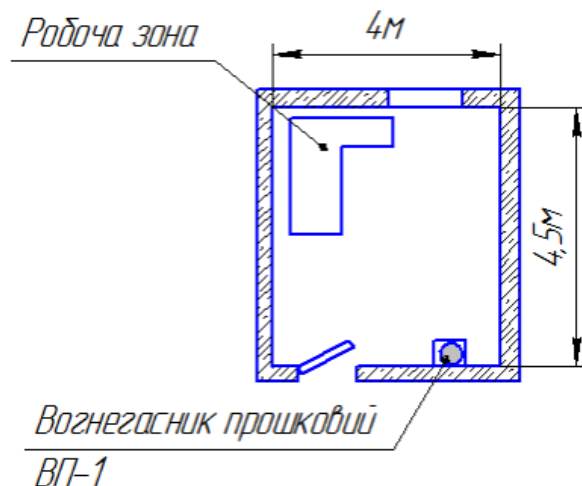


Рис.5.1. План приміщення

Проаналізувавши мікроклімат на робочому місці можна зробити висновок, що він відповідає вимогам.

Серед чинників зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, світлу відводиться чільне місце.

#### 5.4 Освітлення приміщень.

Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці, при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Надмірна яскравість джерел світла може спричинити головний біль, різь в очах, розлад гостроти зору, світлові відблиски – тимчасове засліплення.



Приміщення з постійним перебуванням людей повинно мати, як правило, природне освітлення, проте природньому освітленню властиві і недоліки: воно непостійне в різні періоди доби та року, в різну погоду; нерівномірно розподіляється по площі виробничого приміщення; при незадовільній його організації може викликати засліплення органів зору.

Штучне освітлення передбачається в усіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень у темний період доби, під час якого також проводилась робота над дипломним проектом. При розрахунку штучного освітлення було забезпечено сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи

5.5 Визначення відповідності освітленості приміщення нормативним значенням штучного освітлення робочої зони.

Визначаю згідно ДБН В.2.5.-28-2006 нормоване значення освітленості у робочому приміщенні. На підставі характеристики системи освітлення і розмірів приміщення визначте фактичну освітленість у приміщенні. Для цього визначаємо індекс приміщення і по формулі [23]:

$$i = \frac{a \cdot b}{h_c \cdot (a + b)} = \frac{4 \cdot 4.5}{1.6 \cdot (4 + 4.5)} = 1.32$$

де  $a = 4,5$  м і  $b = 4$  м довжина і ширина приміщення,  $h_c = 1,6$  м – висота підвісу світильника над робочою поверхнею.

Виходячи з індексу приміщення ( $i$ ) та коефіцієнтів відбиття стелі, стін і підлоги ( $\rho_{сл}$ ,  $\rho_{сн}$ ,  $\rho_{п}$ ), визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta$ .

Стеля приміщення свіжопобілена  $\rho_{сл} = 70\%$ , стіни мають світло сірий колір  $\rho_{сн} = 50\%$ , підлога з дубового паркету  $\rho_{п} = 30\%$ . Висота робочої поверхні  $h_p$  становить 0,8м.

Для встановленої системи освітлення визначимо нормоване значення освітленості, яке залежить від характеристики зорової роботи при роботі над дипломною роботою:  $s_o = 3$  мм - мінімальний розмір об'єкта, що

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 65   |

розпізнається, характеристика фону – світла, контраст об'єкта розпізнавання з фоном – великий.

З заданих параметрів можемо встановити, що  $E_H = 200$ , лк.

Виходячи з типу ламп, а саме дволампові світильники ЛХБ 40 потужністю 40 Вт, світловий потік відповідатиме значенню  $F_{\lambda} = 3100$  лм.

Визначаємо фактичне значення освітленості в приміщенні  $E_f$

$$E_f = \frac{F_{\lambda} \cdot T \cdot n \cdot \eta}{S \cdot k_3 \cdot z}$$

де  $N=2$  – кількість світильників, од.,

$n$  – кількість ламп в світильнику, од.,

$\eta=0,56$  – коефіцієнт використання світлового потоку,

$S=18$  м<sup>2</sup> – площа приміщення,

$k_3=1,5$  – коефіцієнт запасу,

$z=1,1$  – коефіцієнт нерівномірності.

Порівняємо фактичне значення освітленості, що створює у приміщенні задана система загального штучного освітлення, з нормативним значенням штучного освітлення робочої зони.

Оскільки маємо невідповідність освітленості приміщення нормам, розрахуємо необхідну кількість світильників та зобразимо умовну схему їх розташування.

Кількість світильників  $N_p$ , необхідних для досягнення оптимального значення освітленості:

$$N_p = \frac{S \cdot k_3 \cdot z \cdot E_H}{F_{\lambda} \cdot n \cdot \eta} = \frac{18 \cdot 1.5 \cdot 1.1 \cdot 200}{3100 \cdot 1 \cdot 0.56} = 4$$

Освітленість з оптимальною кількістю світильників:

$$E_f = \frac{3100 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 0.56}{18 \cdot 1.5 \cdot 1.1} = 187.79 \text{ лк}$$

Повторно проведемо порівняння фактичного значення освітленості з нормативним значенням штучного освітлення робочої зони

$$\frac{E_H - E_f}{E_H} = \frac{200 - 187.79}{200} = 6.05\%$$

На підставі отриманих результатів можна відзначити відповідність перерахованої системи штучного освітлення у розглянутому приміщенні нормативним вимогам, оскільки відхилення фактичного значення від нормативного на 10%.

Висновки під час роботи по розділу:

Під час роботи над цим розділом мною було проведено аналіз його електро- та пожежобезпеки, визначено заходи які проводяться для запобігання ураження струмом і виникнення пожежі. Також зроблено аналіз мікроклімату та освітлення робочого місця. За результатами розрахунку було підібрано оптимальну кількість світильників, оскільки освітлення приміщення не відповідало ДБН В.2.5.-28-2006

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 67   |

## ВИСНОВОК

Під час роботи над проектом було розглянуто схеми та принцип дії гідравличних пресів. Проведено аналіз до їх використання. За результатами аналізу існуючих конструкцій, було доопрацьовано конструкцію схеми установки преса. Технічне рішення дозволило підвищити ефективність системи, що досягло мети дипломного проекту.

Проведен розрахунок гідпропривода системи та обрано необхідне обладнання.

В межах дипломного проекту виконано розробку технологічного процесу виготовлення деталі «Сопло камери », а також описан розділ «Охорона праці», в якому було визначено загальний мікроклімат, було розраховано освітлення, а також проведено аналіз пожежобезпеки мого робочого місця, де виконувався дипломний проект.

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 68   |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю.А.Бочаров. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 480 с

2 Кузнечно-штамповочное оборудование Гидравлические прессы [Электронный ресурс] Режим доступа <http://www.tehnoinfo.ru/kuznechnoeoborudovanie/47.html>

3. Щеглов В.Ф. та інші. Ковальсько-пресові машини. . М., Машинобудування, 1979

4 Кожевников В.Я., Ксенжук И. Г., Худяков И. И., Горизонтально-ковочные машины, М. — К., 1960.

5. 10 СИСТЕМИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІДРОПРИВОДУ ГІДРОПРЕСІВ [Електронний ресурс] Режим доступу [http://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib\\_upload/elektro\\_KShO/page15.html](http://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/elektro_KShO/page15.html)

6. Живов Л.И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для вузов / Под ред. Л.И. Живова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 560 с: ил.

7. Типы гидравлических систем [Электронный ресурс] Режим доступа <https://hydro-maximum.com.ua/a324109-tipy-gidravlicheskih-sistem.html>

8 .М Башта Гідравліка, гідромашини і гідроприводи

|     |      |          |       |      |                             |      |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |       |      | <b>ДП7210.МА00.00.00 ПЗ</b> | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                             | 69   |

9. Основи охорони праці: Підручник 2-ге видання, доповнене та перероблене. К.Н.Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний, С.В. Зеркалов, Р.В. Сабарно, О.І. Полукаров, В.С. Козяков, Л.О. Мітюк. За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського – К.: Основа, 2006 – 448с.

10 Ганзюк М.П. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / М.П. Ганзюк, Є.П. Желібо, М.О.Халімовський. – видання 2-ге – Київ: Каравела, 2005 – 390 с. – (Вища освіта в Україні)

11. ГОСТ 12.1.004-76 Пожежна безпека. Загальні вимоги.

|     |      |          |       |      |                      |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------------|------|
|     |      |          |       |      | ДП7210.МА00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                      | 70   |