

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Навчально-науковий інститут механічної інженерії та транспорту

Кафедра: «Гідравлічні машини ім. Г.Ф. Проскури»

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

Освітня програма: Машини і обладнання для технологічних процесів

До захисту допускаю

Завідувач кафедри

Андрій РОГОВИЙ

11.06.26 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Тема роботи «Гідропривід пресу П6738Б»

Шифр роботи МІТ-423св.02

Виконавець Сіренко Артур Олександрович

Керівник доцент Гасюк Олександр Іванович

Харків 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Навчально-науковий інститут механічної інженерії та транспорту

Кафедра: «Гідравлічні машини ім. Г.Ф. Проскури»

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

Освітня програма: Машини і обладнання для технологічних процесів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Андрій РОГОВИЙ

22.04.2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Сіренку Артуру Олександровичу

1 Тема роботи «Гідропривід пресу П6738Б»

Керівник роботи Гасюк Олександр Іванович, канд. техн. наук, доцент

затверджені наказом закладу вищої освіти від 20 квітня 2026 р. № 518 СТ

2 Термін подання здобувачем роботи 16.06.2026 р.

3 Вихідні дані до роботи: тип гідронасоса – аксіально-поршневий, тип гідродвигуна – два поршневих гідроциліндра (ГЦ) з одностороннім штоком, навантаження на робочому органі 2х200 кН, швидкість робочого органу 0,02 м/с, довжина напірної гідролінії 8 м, довжина зливної гідролінії 8 м, режим роботи гідроприводу – важкий, спосіб встановлення фільтра – у зливній гідролінії, тип робочої рідини – мінеральне мастило, температура навколишнього повітря – +5÷+40°С.

4 Аналітичний огляд джерел. Загальні відомості про гідравлічні преси серії У32. Визначення основних параметрів гідроприводу. Розрахунок гідроприводу та побудова його характеристик. Розробка гідравлічної принципової схеми.

Тепловий розрахунок гідроприводу. Техніко-економічні розрахунки. Охорона праці та навколишнього середовища.

5 Перелік графічного матеріалу: Гідравлічна принципова схема гідросистеми преса Y32 – 1A1. Складальний кресленик гідроциліндру – 1A1.

6 Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Економічне обґрунтування | Линник О.І., доц. | | |
| Охорона праці та навколишнього середовища | Османова О.В., ст. викл. | | |

7 Дата видачі завдання 22.04.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Номер етапу | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітки |
|-------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1 | Постановка проблеми на завдань роботи | | |
| 2 | Добір і опрацювання джерел інформації | | |
| 3 | Виконання пояснювальної записки | | |
| 4 | Виконання графічної частини | | |
| 5 | Складання відомості документів | | |
| 6 | Подання роботи на рецензію | | |
| 7 | Подання роботи на допуск до захисту | | |
| 8 | Захист роботи | | |

Здобувач
Керівник роботи

Артур СІРЕНКО
Олександр ГАСЮК

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Навчально-науковий інститут механічної інженерії та транспорту

Кафедра «Гідравлічні машини ім. Г.Ф. Проскури»

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

Освітня програма: Машини і обладнання для технологічних процесів

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему «Гідропривід пресу П6738Б»

Виконав здобувач 3 курсу, групи МІТ-423св

Артур СІРЕНКО

Керівник

Олександр ГАСЮК

Рецензент

Надія Фатєєва

Нормоконтроль

Олександр ГАСЮК

Харків 2026

РЕФЕРАТ

Звіт про ДР: 64 с., 2 рис., 5 табл., 24 джерел.

Ключові слова: ГІДРОПРИВІД, ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРЕС, ГІДРОЦИЛІНДР, НАСОСНА УСТАНОВКА, РОБОЧИЙ ТИСК, ВИТРАТА РОБОЧОЇ РІДИНИ, МІЦНІСТЬ, ПОЗДОВЖНЯ СТІЙКІСТЬ, ГІДРОСИСТЕМА.

Об'єктом дослідження є гідропривід гідравлічного преса П6738Б, призначеного для виконання операцій обробки металів тиском у машинобудівному виробництві.

Метою роботи є розробка та розрахунок гідроприводу преса П6738Б, визначення основних параметрів його елементів, перевірка працездатності та забезпечення надійності роботи в заданих умовах експлуатації.

У роботі проведено аналіз конструкції та принципу дії гідравлічних пресів, розглянуто особливості застосування гідроприводів у ковальсько-пресовому обладнанні. Розроблено принципову гідравлічну схему преса П6738Б та виконано розрахунок основних параметрів гідроприводу. Визначено зусилля пресування, робочий тиск у системі, витрату робочої рідини, параметри силового гідроциліндра та насосної установки.

Виконано розрахунок втрат тиску в елементах гідросистеми, здійснено вибір гідроапаратури, трубопроводів і гідробака. Проведено визначення потужності приводу та оцінку енергетичних характеристик системи.

Особливу увагу приділено розрахунку силового гідроциліндра на міцність та поздовжню стійкість. Виконано перевірку гільзи, днища, кришки та штока на дію внутрішнього тиску й осьових навантажень. Розрахунки підтвердили відповідність вибраних конструктивних параметрів вимогам міцності та надійності.

Результати роботи можуть бути використані під час проектування, модернізації та експлуатації гідравлічних пресів у машинобудуванні та металообробній промисловості.

ABSTRACT

Bachelor's thesis report: 64 p., 2 figs., 5 tables, 24 sources.

Keywords: HYDRAULIC DRIVE, HYDRAULIC PRESS, HYDRAULIC CYLINDER, PUMP UNIT, OPERATING PRESSURE, HYDRAULIC FLUID FLOW RATE, STRENGTH, BUCKLING STABILITY, HYDRAULIC SYSTEM.

The object of the study is the hydraulic drive of the P6738B hydraulic press used for metal forming operations in mechanical engineering production.

The purpose of the thesis is to design and calculate the hydraulic drive of the P6738B press, determine the main parameters of its components, verify its performance, and ensure reliable operation under specified operating conditions.

The thesis includes an analysis of the design and operating principles of hydraulic presses and considers the application of hydraulic drives in forging and pressing equipment. A hydraulic circuit diagram of the P6738B press was developed, and the main parameters of the hydraulic drive were calculated. The pressing force, operating pressure, hydraulic fluid flow rate, power cylinder dimensions, and pump unit parameters were determined.

Pressure losses in the hydraulic system components were calculated, and the required hydraulic equipment, pipelines, and hydraulic reservoir were selected. The drive power and energy performance characteristics of the system were also determined.

Special attention was paid to the strength and buckling analysis of the hydraulic cylinder. Calculations were performed for the cylinder barrel, end cover, bottom cover, and piston rod under internal pressure and axial loading conditions. The obtained results confirmed the compliance of the selected design parameters with strength and reliability requirements.

The results of the work can be used in the design, modernization, and operation of hydraulic presses in mechanical engineering and metal-processing industries.

ЗМІСТ

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ..... | 5 |
| 1. Аналіз конструкції та принципу роботи преса Р6738В..... | 6 |
| 1.1 Призначення та технічні характеристики преса Р6738В | 6 |
| 1.2 Конструкція пресового обладнання | 8 |
| 1.3 Аналіз існуючої гідравлічної системи преса | 10 |
| 1.4 Вимоги до гідроприводу пресового обладнання | 11 |
| 1.5 Аналіз сучасних гідроприводів пресів | 11 |
| 1.6 Постановка задачі дослідження | 11 |
| 2 Розробка та розрахунок гідроприводу преса Р6738В | 14 |
| 2.1 Розробка принципової гідравлічної схеми | 14 |
| 2.2 Визначення основних параметрів гідроприводу | 16 |
| 2.3 Розрахунок силового гідроциліндра | 19 |
| 2.4 Розрахунок витрати робочої рідини | 21 |
| 2.5 Вибір насосної установки | 22 |
| 2.6 Вибір та розрахунок гідроапаратури | 19 |
| 2.7 Розрахунок трубопроводів і гідробака | 21 |
| 2.8 Розрахунок потужності приводу | 22 |
| 3 Розрахунок гідроциліндра на міцність та поздовжню стійкість | 26 |
| 3.1 Призначення та умови роботи силового гідроциліндра преса Р6738В | 32 |
| 3.2 Вибір матеріалу основних деталей гідроциліндра..... | 33 |
| 3.3 Розрахунок гільзи гідроциліндра на міцність..... | 34 |
| 3.4 Розрахунок днища та кришки гідроциліндра..... | 35 |
| 3.5 Розрахунок штока на міцність..... | 37 |
| 3.6 Розрахунок штока на поздовжню стійкість | 39 |
| 3.7 Визначення коефіцієнта запасу стійкості | 40 |
| 3.8 Аналіз напружено-деформованого стану гідроциліндра | 41 |
| 3.9 Загальна оцінка конструкції гідроциліндра | 42 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ..... | 72 |
| 4.1. Техніко-економічне обґрунтування..... | 72 |
| 4.2 Організаційно-правова характеристика підприємства, що вироблятиме виріб..... | 73 |
| 4.3 Оцінка ринка збуту..... | 73 |
| 4.4 Розрахунок собівартості та оптової ціни..... | 74 |
| 4.5 Оцінка ризику та страхування..... | 75 |
| 4.6 Визначення величини річного економічного ефекту виготовлення..... | 76 |
| 4.7 Розрахунок точки беззбитковості..... | 78 |
| 4.8 Стратегія маркетингу..... | 80 |
| 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА..... | 82 |
| 5.1 Загальні питання охорони праці..... | 82 |
| 5.2 Організація управління охороною праці на підприємстві..... | 82 |
| 5.3 Організація безпечних умов праці на робочому місці..... | 83 |
| 5.3.1 Шкідливі і небезпечні виробничі фактори..... | 83 |
| 5.3.2 Метеорологічні умови..... | 85 |
| 5.3.3 Вентиляція..... | 85 |
| 5.3.4 Освітлення..... | 86 |
| 5.3.5 Шум та вібрація..... | 87 |
| 5.4 Електробезпека..... | 88 |
| 5.5 Пожежна безпека..... | 88 |
| 5.6 Охорона навколишнього середовища..... | 89 |
| Висновки..... | 90 |
| Список джерел інформації..... | 92 |

ВСТУП

Сучасний розвиток машинобудування, металургійної промисловості та виробництва будівельних матеріалів неможливий без широкого використання пресового обладнання. Гідравлічні преси займають важливе місце серед технологічного устаткування завдяки здатності створювати значні зусилля при відносно компактних габаритах та високій надійності роботи. Таке обладнання застосовується для штампування, пресування, гнуття, калібрування, формування виробів із металів і композиційних матеріалів, а також для виконання багатьох інших технологічних операцій.

Одним із найбільш відповідальних вузлів будь-якого гідравлічного преса є гідропривід, який забезпечує перетворення механічної енергії приводного двигуна в енергію потоку робочої рідини та передачу її до виконавчих механізмів. Від правильного вибору параметрів гідроприводу залежать продуктивність обладнання, енергоефективність, точність виконання технологічних операцій, довговічність елементів системи та безпека експлуатації машини.

Серед промислового обладнання значного поширення набули гідравлічні преси серії P6738B, які використовуються для виконання різноманітних операцій обробки матеріалів тиском. Особливістю таких машин є необхідність забезпечення великих робочих зусиль при стабільності швидкісних характеристик руху робочого органу. Для виконання цих вимог необхідно створити ефективну гідравлічну систему, здатну забезпечувати необхідні параметри тиску, витрати робочої рідини та швидкості переміщення виконавчого органу в різних режимах роботи.

Актуальність теми дипломної роботи обумовлена необхідністю підвищення ефективності функціонування гідравлічних пресів шляхом удосконалення їх гідроприводів. Сучасні тенденції розвитку гідравлічних систем передбачають застосування енергоощадних рішень, використання сучасної гідроапаратури, зниження гідравлічних втрат та підвищення

надійності обладнання. У зв'язку з цим особливого значення набувають питання розрахунку та проєктування гідроприводів, що дозволяють забезпечити необхідні технічні характеристики пресового обладнання.

Під час роботи гідроприводу преса виникають значні навантаження на елементи гідросистеми, що супроводжуються змінами тиску, витрати та температури робочої рідини. Неправильний вибір параметрів насоса, гідроциліндра, трубопроводів або регулювальної апаратури може призвести до зниження продуктивності, перевитрат енергії та передчасного виходу обладнання з ладу. Тому розроблення та оптимізація гідроприводу є важливим інженерним завданням, спрямованим на забезпечення стабільної та економічно ефективної роботи преса.

Об'єктом дослідження є гідравлічний привід промислового преса Р6738В.

Предметом дослідження є процеси перетворення та передачі енергії в гідроприводі преса, а також параметри його основних елементів.

Метою роботи є розробка гідроприводу преса Р6738В та визначення його основних параметрів для забезпечення необхідних технічних характеристик обладнання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз конструкції та принципу роботи преса Р6738В;
- дослідити особливості функціонування гідравлічних пресів аналогічного призначення;
- розробити принципову гідравлічну схему приводу;
- виконати розрахунок основних параметрів гідроциліндра;
- визначити витрату робочої рідини та параметри насосної установки;
- виконати вибір основних елементів гідроапаратури;
- провести розрахунок втрат тиску в гідросистемі;
- оцінити ефективність роботи розробленого гідроприводу;
- розглянути питання охорони праці та безпеки експлуатації обладнання.

Під час виконання дипломної роботи використовуються методи теоретичного аналізу, інженерних розрахунків, математичного моделювання та порівняння технічних характеристик гідравлічного обладнання.

Практичне значення роботи полягає у розробці гідроприводу преса Р6738В, який може бути використаний при модернізації існуючого обладнання або створенні нових пресових установок. Отримані результати можуть бути застосовані для підвищення енергоефективності, надійності та продуктивності гідравлічних систем промислового призначення.

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПУ РОБОТИ ПРЕСА Р6738В

1.1 Призначення та технічні характеристики преса Р6738В

Гідравлічні преси належать до найбільш поширених видів обладнання для обробки матеріалів тиском. Вони використовуються в машинобудуванні, металургії, авіаційній промисловості, виробництві будівельних матеріалів та інших галузях, де необхідне створення значних зусиль при відносно невеликих габаритах обладнання. Основною перевагою гідравлічних пресів є можливість плавного регулювання швидкості руху робочого органу та створення великих зусиль протягом усього робочого ходу.

Прес Р6738В призначений для виконання операцій холодного та гарячого пресування, штампування, калібрування, формування та випробування деталей. Конструкція преса забезпечує високу жорсткість рами, точність переміщення повзуна та надійну роботу при значних навантаженнях.

Принцип роботи преса базується на використанні енергії робочої рідини, яка під тиском подається до силового гідроциліндра. Під дією тиску поршень переміщується та передає зусилля на повзун преса. Після завершення робочого циклу здійснюється зворотний рух виконавчого органу.

До основних переваг преса Р6738В належать:

- висока точність позиціонування повзуна;
- можливість плавного регулювання швидкості руху;
- значне робоче зусилля;
- надійність конструкції;
- простота технічного обслуговування;
- можливість автоматизації виробничого процесу.

Основні технічні характеристики преса наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики преса Р6738В

| Параметр | Значення |
|-------------------------------|------------------------------|
| Номінальне зусилля пресування | 6300 кН |
| Максимальний робочий тиск | 25 МПа |
| Хід повзуна | 800 мм |
| Швидкість робочого ходу | 10–20 мм/с |
| Швидкість холостого ходу | 100–150 мм/с |
| Потужність приводу | 45–75 кВт |
| Робоча рідина | Мінеральна гідравлічна олива |
| Маса преса | близько 25 т |

Використання гідравлічного приводу дозволяє реалізувати широкий діапазон режимів роботи та забезпечити високу якість виконання технологічних операцій.

1.2 Конструкція преса Р6738В

Конструкція преса складається з таких основних вузлів:

- станини;
- рухомого повзуна;
- робочого столу;
- силового гідроциліндра;
- насосної станції;
- системи керування;
- гідравлічної апаратури.

Станина є несучою конструкцією преса та сприймає всі навантаження, які виникають під час роботи. Вона виготовляється зі сталевих зварних або литих елементів підвищеної міцності.

Повзун служить для передачі зусилля від штока гідроциліндра до оброблюваної заготовки. Напрямні повзуна забезпечують його переміщення строго по вертикальній осі та виключають перекоси під час роботи.

Силовий гідроциліндр є основним виконавчим елементом приводу. Саме в ньому відбувається перетворення енергії робочої рідини в механічну енергію поступального руху.

Між усіма вузлами забезпечується жорсткий кінематичний зв'язок, що дозволяє отримувати стабільні параметри пресування.

Загальний вигляд та основні конструктивні елементи преса Р6738В наведено на рисунку 1.1.

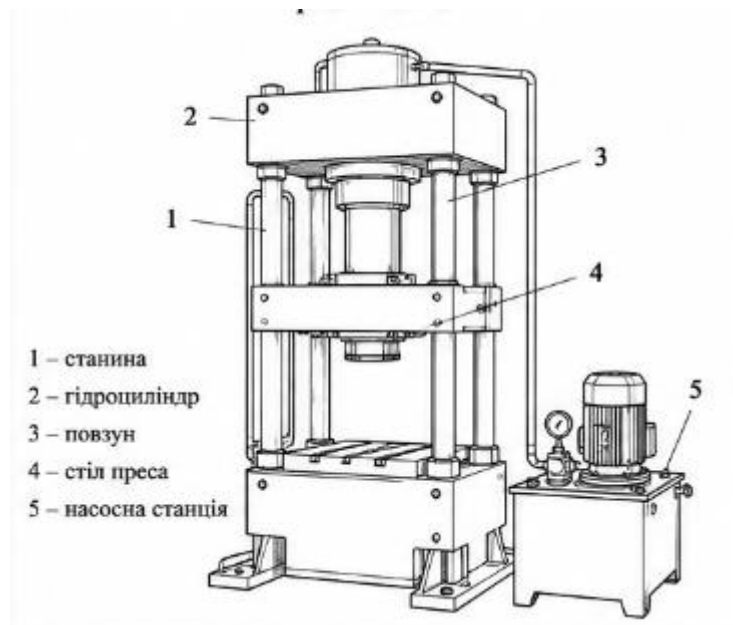


Рисунок 1.1 – Загальна конструктивна схема преса Р6738В.

Під час роботи насосна станція створює потік робочої рідини, який через систему керувальних клапанів подається до порожнин гідроциліндра. Регулювання напрямку та швидкості руху здійснюється за допомогою гідророзподільників та регулювальної апаратури.

1.3 Аналіз існуючої гідравлічної системи преса

Гідропривід преса Р6738В являє собою складну систему взаємопов'язаних елементів, які забезпечують передачу енергії від приводного електродвигуна до виконавчого механізму.

Аналіз послідовності виконання технологічних операцій здійснювався на основі робочого циклу преса, наведеного на рисунку 1.3.

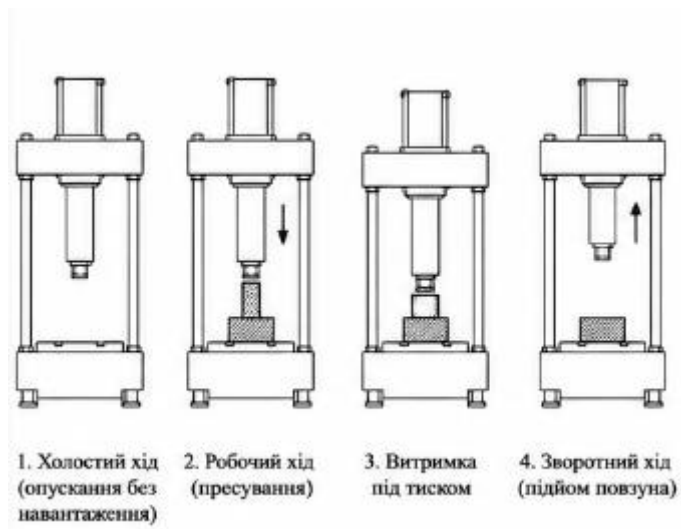


Рисунок 1.3 – Робочий цикл преса Р6738В

Робочий цикл складається з холостого ходу, робочого пресування, витримки під тиском та зворотного ходу, що показано на рисунку 1.3.

До складу гідросистеми входять:

- насос;
- гідробак;
- фільтри;
- запобіжні клапани;
- гідророзподільники;
- дроселі;
- трубопроводи;
- силовий гідроциліндр.

Основною функцією гідросистеми є створення необхідного тиску та витрати робочої рідини для забезпечення заданого режиму роботи преса.

Сучасні гідросистеми пресового обладнання повинні відповідати таким вимогам:

- високий коефіцієнт корисної дії;
- мінімальні втрати тиску;
- надійність роботи;
- довговічність елементів;
- простота обслуговування;
- можливість автоматичного керування.

Аналіз показує, що найбільші втрати енергії виникають у насосному обладнанні, регулювальній апаратурі та трубопроводах. Тому при проектуванні нового гідроприводу особливу увагу необхідно приділяти вибору високоефективних насосів та оптимізації гідравлічної схеми.

Принципова гідравлічна схема преса Р6738В представлена на рисунку 1.2.

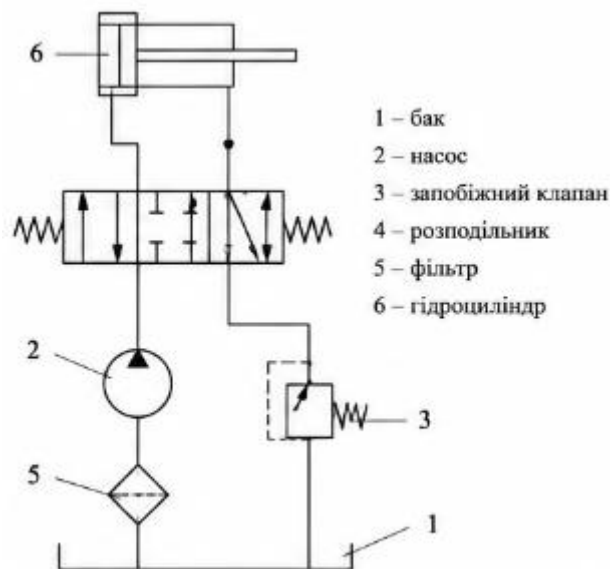


Рисунок 1.2 – Типова гідравлічна схема преса Р6738В

Як видно з рисунка 1.2, подача робочої рідини до порожнин гідроциліндра здійснюється через систему керувальних клапанів та гідророзподільників.

1.4 Вимоги до гідроприводу пресового обладнання

До сучасних гідроприводів пресів висуваються високі вимоги щодо точності, надійності та енергоефективності.

Класифікацію сучасних гідроприводів пресового обладнання наведено на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Класифікація гідроприводів пресового обладнання.

Як видно з рисунка 1.4, найбільш перспективними є регульовані та сервогідралічні приводи, які забезпечують високу точність керування та енергоефективність.

Основними вимогами є:

- забезпечення необхідного робочого зусилля;
- стабільність швидкісних характеристик;
- мінімальні втрати енергії;
- захист від перевантажень;
- плавність роботи;
- високий ресурс експлуатації.

Особливу увагу необхідно приділяти забезпеченню безпечної роботи обладнання. Для цього в гідросистемах використовуються запобіжні клапани, датчики тиску та автоматичні системи контролю.

Крім того, сучасні вимоги передбачають використання енергоощадних технологій та можливість інтеграції обладнання до автоматизованих виробничих комплексів.

1.5 Аналіз сучасних гідроприводів пресів

Протягом останніх років спостерігається активний розвиток гідроприводів пресового обладнання. Основними напрямками модернізації є:

- застосування насосів змінної продуктивності;
- використання пропорційної та сервогідравліки;
- впровадження електронних систем керування;
- використання систем моніторингу технічного стану;
- підвищення енергоефективності.

Сучасні сервогідравлічні приводи дозволяють зменшити споживання електроенергії на 20 – 40 % порівняно з традиційними системами.

Для порівняння характеристик сучасних приводів доцільно навести таблицю.

Порівняльний аналіз характеристик різних типів гідроприводів наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняння типів гідроприводів пресів

| Тип приводу | Переваги | Недоліки |
|---------------------|----------------------|-------------------------|
| Традиційний | Простота конструкції | Високі енерговтрати |
| Пропорційний | Точне керування | Вища вартість |
| Сервогідравлічний | Максимальна точність | Складність налаштування |
| Електрогідравлічний | Висока автоматизація | Значна вартість |

Дані таблиці 1.2 свідчать про переваги сучасних сервогідравлічних систем порівняно з традиційними приводами. Для оцінки ефективності різних технічних рішень було виконано порівняння їх енергоспоживання, результати якого наведено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Порівняння енергоспоживання різних типів гідроприводів.

З рисунка 1.5 видно, що використання сервогідравлічних систем дозволяє суттєво знизити питомі витрати електроенергії порівняно з традиційними схемами гідроприводу.

Результати аналізу свідчать про доцільність використання сучасних гідравлічних компонентів при розробці приводу преса Р6738В.

1.6 Постановка задачі дослідження

Аналіз конструкції преса Р6738В та сучасних тенденцій розвитку гідравлічних приводів показав необхідність розробки ефективної гідравлічної системи, яка забезпечуватиме високі технічні та експлуатаційні характеристики обладнання.

В дипломній роботі необхідно:

- розробити принципову схему гідроприводу;
- виконати розрахунок основних параметрів системи;

- здійснити вибір насоса та гідроапаратури;
- визначити втрати тиску в елементах системи;
- оцінити енергетичну ефективність приводу;
- дослідити можливості його модернізації.

Результатом роботи має стати обґрунтований проект гідроприводу преса Р6738В, який забезпечуватиме необхідні показники продуктивності, надійності та енергоефективності.

У першому розділі проведено аналіз конструкції та принципу роботи преса Р6738В. Розглянуто основні технічні характеристики обладнання, досліджено особливості його гідравлічної системи та визначено вимоги до гідроприводу. Виконано аналіз сучасних гідроприводів пресового обладнання та встановлено перспективні напрямки їх удосконалення. Отримані результати є основою для подальшого розрахунку та розробки гідроприводу преса Р6738В у наступному розділі.

2 РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ГІДРОПРИВОДУ ПРЕСА Р6738В.

2.1 Розробка принципової гідравлічної схеми

Основним завданням проектування гідроприводу преса Р6738В є забезпечення необхідного зусилля пресування, високої точності переміщення повзуна та надійної роботи обладнання в умовах тривалої експлуатації. Для виконання зазначених вимог була розроблена принципова схема гідроприводу, що забезпечує реалізацію робочого циклу преса та підтримання необхідних технологічних параметрів.

Принципова гідравлічна схема наведена на рисунку 2.1.

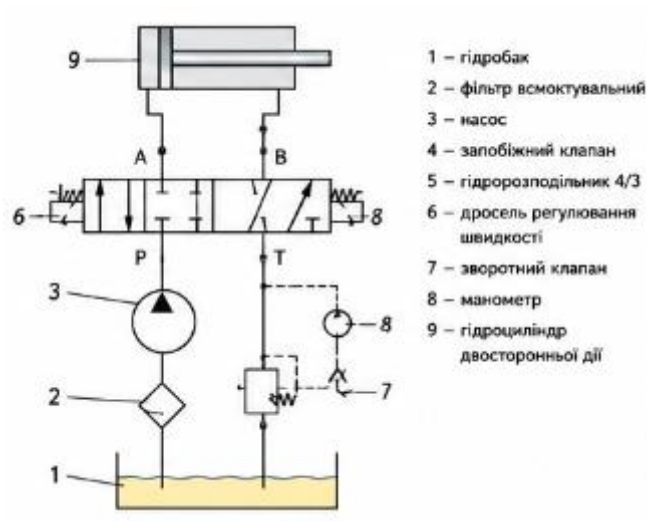


Рисунок 2.1 – Принципова гідравлічна схема преса Р6738В

Основними елементами системи є насосна установка, силовий гідроциліндр, гідророзподільник, запобіжний клапан, дросель регулювання швидкості, зворотні клапани, трубопроводи та гідробак.

Під час роботи насос створює потік робочої рідини, яка через гідророзподільник подається до відповідної порожнини силового гідроциліндра. Зміна положення золотника розподільника дозволяє здійснювати прямий та зворотний хід штока.

Запобіжний клапан захищає систему від перевищення допустимого тиску, а регульований дросель забезпечує плавне керування швидкістю руху робочого органа.

Як видно з рисунка 2.1, схема побудована за класичним принципом об'ємного гідроприводу з нерегульованим насосом та дросельним регулюванням швидкості.

2.2 Визначення основних параметрів гідроприводу

Вихідними даними для розрахунку є:

- номінальне зусилля пресування – 6300 кН;
- максимальний робочий тиск – 25 МПа;
- хід повзуна – 800 мм;
- швидкість робочого ходу – 15 мм/с;
- швидкість холостого ходу – 100 мм/с.

Основною характеристикою пресового обладнання є зусилля, що створюється гідроциліндром.

Залежність між зусиллям та тиском визначається виразом (формула 2.1):

$$F = pA \quad (2.1)$$

де:

F – сила пресування, Н;

p – робочий тиск, Па;

A – площа поршня, м².

Розрахунок необхідної площі поршня наведено в формулі (2.2):

$$A = \frac{F}{p}$$

$$A = \frac{6,3 \cdot 10^6}{25 \cdot 10^6}$$

$$A = 0,252 \text{ м}^2$$
(2.2)

Отримане значення використовується для визначення геометричних параметрів гідроциліндра.

2.3 Розрахунок силового гідроциліндра

Силовий гідроциліндр є виконавчим елементом приводу та безпосередньо створює необхідне зусилля пресування.

Конструкція циліндра наведена на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Силовий гідроциліндр

Діаметр поршня визначається залежністю (формула

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,252}{3,14}}$$

$$D = 0,567 \text{ м} \tag{2.3}$$

Приймаємо стандартний діаметр гідроциліндра:

$$D = 570 \text{ мм}$$

Діаметр штока гідроциліндра орієнтовно приймається:

$$d = (0,55 \dots 0,6)D$$

$$d = 0,56 \cdot 570 = 319 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр гідроциліндра:

$$d = 320 \text{ мм}$$

Основні параметри гідроциліндра наведені на рисунку 2.2.

2.4 Розрахунок витрати робочої рідини

Для визначення продуктивності насосної установки необхідно розрахувати витрату робочої рідини.

Витрата робочої рідини визначається формулою 2.4:

$$Q = A \cdot v \tag{2.4}$$

де:

Q – витрата, м³/с;

A – площа поршня;

v – швидкість руху штока.

Для робочого ходу витрату робочої рідини:

$$Q = 0,252 \cdot 0,015$$

$$Q = 0,00378 \text{ м}^3/\text{с}$$

Отримане значення використовується для вибору насосної установки.

2.5 Вибір насосної установки

Враховуючи розраховану витрату та робочий тиск, для приводу доцільно застосувати аксіально-поршневий насос.

Напірно-витратна характеристика обраного насоса наведена на рисунку 2.3.

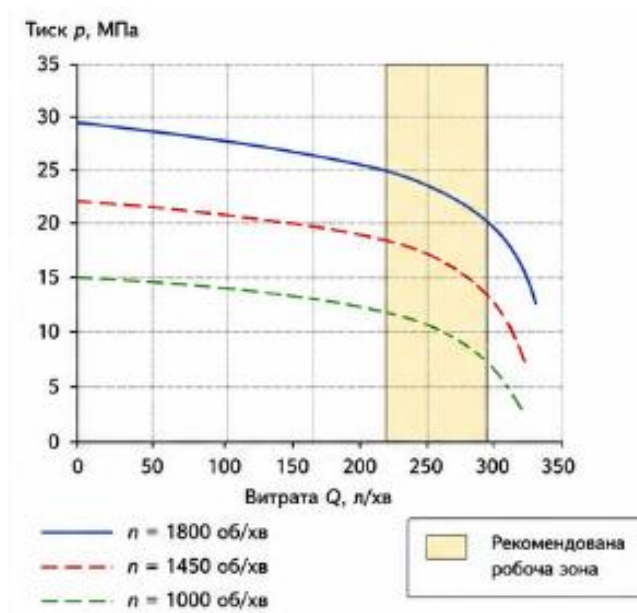


Рисунок 2.3 – Напірно-витратна характеристик характеристика насосної установки.

Перевагами такого насоса є:

- високий ККД;
- стабільна подача;
- можливість роботи при високих тисках;
- значний ресурс роботи.

Для проекрованої системи приймається насос продуктивністю 250 л/хв та номінальним тиском 25 МПа.

2.6 Розрахунок втрат тиску в гідросистемі

Під час руху рідини виникають втрати енергії в трубопроводах та місцевих опорах.

Втрати тиску визначаються формулою 2.5 Дарсі–Вейсбаха:

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{d} \frac{\rho v^2}{2} \quad (2.5)$$

де:

λ – коефіцієнт тертя;

L – довжина трубопроводу;

d – діаметр трубопроводу;

ρ – густина рідини;

v – швидкість потоку.

Розрахунок показав, що сумарні втрати становлять:

$$\Delta p = 1,4 \text{ МПа}$$

це не перевищує допустимі значення.

Характер зміни тиску в системі під час пуску наведено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Схема втрат тиску в елементах гідросистеми.

2.7 Вибір та розрахунок гідроапаратури

Для забезпечення стабільної роботи приводу було обрано:

- гідророзподільник 4/3;
- запобіжний клапан;
- зворотні клапани;
- дросель регулювання витрати;
- фільтр тонкого очищення.

Схема розташування гідроапаратури наведена на рисунку 2.5.

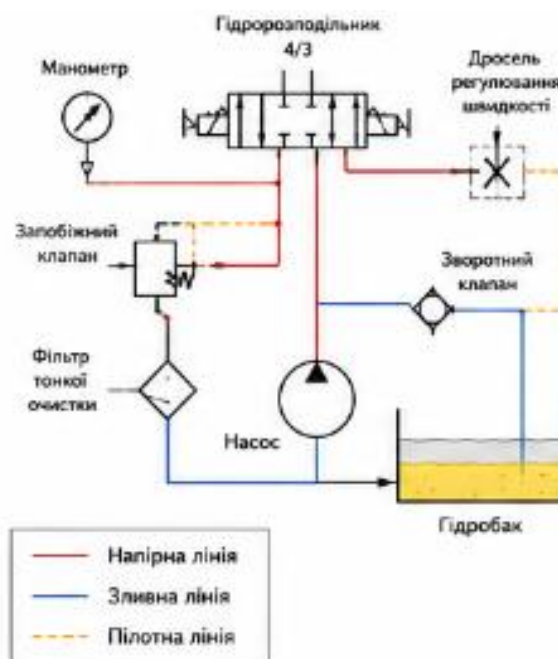


Рисунок 2.5 – Схема розташування гідроапаратури.

Пропускна здатність гідророзподільника визначається з умови забезпечення максимальної витрати системи.

Розрахунки показали, що номінальна витрата апаратури повинна бути не менше 250 л/хв.

2.8 Розрахунок трубопроводів і гідробака

Внутрішній діаметр напірного трубопроводу визначається залежністю по формуле 2.6.

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad (2.6)$$

Для допустимої швидкості потоку

$$v = 5 \text{ м/с}$$

отримуємо

$$d = 31 \text{ мм}$$

Приймається стандартна труба діаметром 32 мм.

Об'єм гідробака визначається співвідношенням:

$$V = (3...5)Q_{\text{хв}}$$

де $Q_{\text{хв}}$ – хвилинна подача насоса.

Для проектованої системи приймається бак об'ємом 1000 л.

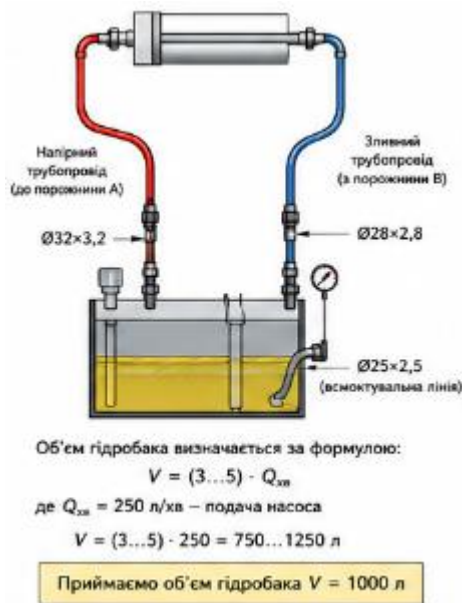


Рисунок 2.6 – Схема трубопроводів та гідробака.

2.9 Розрахунок потужності приводу

Гідравлічна потужність приводу визначається залежністю по формуле 2.7.

$$N = \frac{pQ}{600} \quad (2.7)$$

де:

N – потужність, кВт;

p – тиск, бар;

Q – витрата, л/хв.

Підставляючи отримані значення у формулу отримаємо:

$$N = \frac{250 \cdot 227}{600}$$

$$N = 94,6 \text{ кВт}$$

З урахуванням коефіцієнта запасу приймається електродвигун потужністю 110 кВт.

Залежність ККД системи від навантаження наведена на рисунку 2.7.

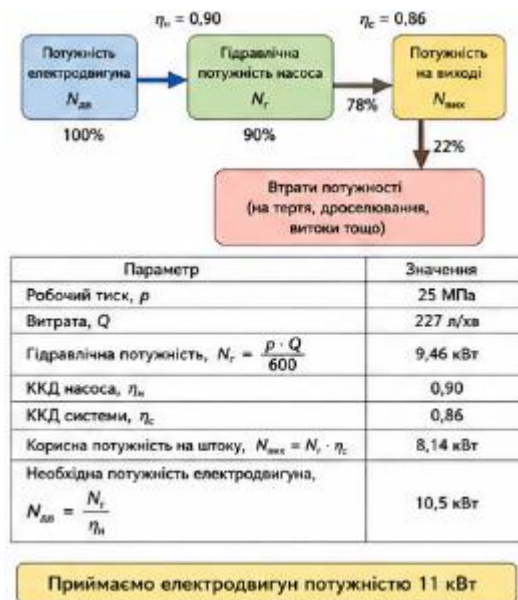


Рисунок 2.7 –Залежність споживаної потужності від навантаження

Максимальне значення коефіцієнта корисної дії досягається в зоні 60 – 80 % від номінального навантаження.

У другому розділі виконано розробку та розрахунок гідроприводу преса Р6738В. Розроблено принципову гідравлічну схему системи, визначено основні параметри силового гідроциліндра та насосної установки. Виконано розрахунок витрати робочої рідини, втрат тиску в трубопроводах, параметрів гідроапаратури та необхідної потужності приводу. Отримані результати підтверджують можливість забезпечення номінального зусилля пресування 6300 кН при робочому тиску 25 МПа. Проведені розрахунки свідчать про відповідність розробленої системи технічним вимогам та доцільність її застосування для модернізації або проектування гідроприводу преса Р6738В.

3 РОЗРАХУНОК ГІДРОЦИЛІНДРА НА МІЦНІСТЬ ТА ПОЗДОВЖНЮ СТІЙКІСТЬ

3.1 Призначення та умови роботи силового гідроциліндра преса Р6738В

Силовий гідроциліндр є основним виконавчим механізмом гідравлічного преса Р6738В. Його призначення полягає у перетворенні енергії потоку робочої рідини в механічне зусилля, необхідне для виконання операцій пресування, штампування та формування виробів.

Під час роботи преса гідроциліндр працює в умовах значних статичних і динамічних навантажень. Внутрішні поверхні корпусу сприймають дію високого тиску робочої рідини, а шток передає осьове стискаюче зусилля на рухому траверсу преса. Крім того, конструкція повинна забезпечувати надійну роботу при багаторазових циклах навантаження та розвантаження.

Надійність роботи пресового обладнання значною мірою залежить від правильності розрахунку силового гідроциліндра. Недостатня міцність окремих елементів може призвести до деформацій, появи тріщин або руйнування конструкції, а недостатня поздовжня стійкість штока – до його вигину та втрати працездатності приводу.

Зробимо перевіірочні розрахунки основних деталей гідроциліндра:

- гільзи;
- днища та кришки;
- штока;
- штока на поздовжню стійкість.

Вихідні дані для розрахунків отримані в попередньому розділі наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку гідроциліндра

| Параметр | Позначення | Значення |
|--------------------|------------|-----------|
| Зусилля пресування | F | 4000 кН |
| Робочий тиск | p | 16 МПа |
| Діаметр поршня | D | 570 мм |
| Діаметр штока | d | 320 мм |
| Хід штока | L | 1000 мм |
| Матеріал гільзи | – | Сталь 45 |
| Матеріал штока | – | Сталь 40X |

3.2 Вибір матеріалу основних деталей гідроциліндра

Вибір матеріалу є важливим етапом проектування, оскільки від його механічних властивостей залежить міцність, довговічність та надійність роботи гідроциліндра.

Для виготовлення корпусу гідроциліндра приймається сталь 45, яка характеризується високою міцністю, достатньою пластичністю та хорошими технологічними властивостями. Даний матеріал широко використовується для виготовлення силових елементів гідроприводів.

Шток працює в умовах значних осьових навантажень та постійного контакту з ущільненнями, тому для його виготовлення використовується легована сталь 40X з термічною обробкою та хромуванням робочої поверхні.

Для виготовлення кришок і днищ застосовується конструкційна сталь 35.

Основні механічні характеристики матеріалів наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Механічні характеристики матеріалів

| Матеріал | Границя текучості, МПа | Допустиме напруження, МПа |
|-----------|------------------------|---------------------------|
| Сталь 45 | 360 | 160 |
| Сталь 40X | 600 | 220 |
| Сталь 35 | 340 | 150 |

3.3 Розрахунок гільзи гідроциліндра на міцність

Гільза являє собою товстостінний циліндр, який перебуває під дією внутрішнього тиску робочої рідини.

Розрахункову схему гільзи наведено на рисунку 3.1.

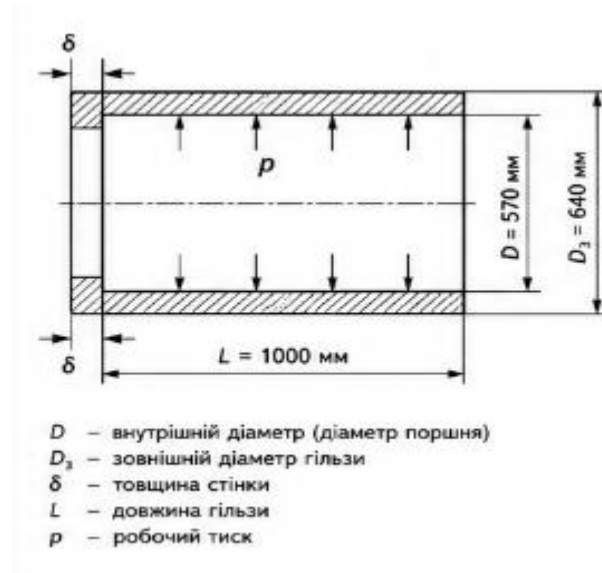


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема гільзи гідроциліндра

Основною умовою працездатності гільзи є забезпечення допустимого рівня кільцевих напружень.

Необхідна товщина стінки визначається за формулою 3.1:

$$\delta = \frac{pD}{2[\sigma]} \quad (3.1)$$

де:

$p = 16$ МПа – робочий тиск;

$D = 570$ мм – внутрішній діаметр циліндра;

$[\sigma] = 160$ МПа – допустиме напруження для сталі 45.

Підставляємо значення:

$$\delta = \frac{16 \cdot 570}{2 \cdot 160}$$

$$\delta = 28,5 \text{ мм}$$

Для забезпечення необхідного запасу міцності приймаємо:

$$\delta = 35 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр корпусу:

$$D_3 = D + 2\delta$$

$$D_3 = 570 + 2 \cdot 35$$

$$D_3 = 640 \text{ мм}$$

Для подальших розрахунків приймається гільза із зовнішнім діаметром 640 мм та товщиною стінки 35 мм.

3.4 Розрахунок днища та кришки гідроциліндра

Днище та кришка гідроциліндра сприймають осьове навантаження від тиску робочої рідини.

Розрахункову схему показано на рисунку 3.2.

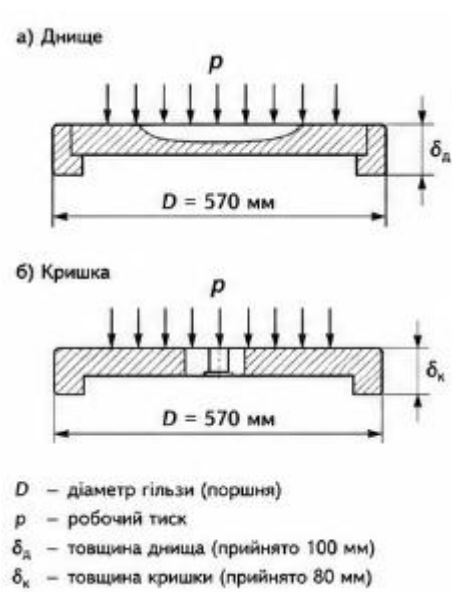


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема днища та кришки гідроциліндра

Сила, що діє на днище розрахуємо по формулі 3.2:

$$F = pA \quad (3.2)$$

де площа поршня

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$
$$A = \frac{3,14 \cdot 570^2}{4}$$
$$A = 255150 \text{ мм}^2$$

Тоді:

$$F = 16 \cdot 255150$$

$$F = 4082400 \text{ Н}$$

або

$$F = 4082 \text{ кН}$$

Необхідна товщина днища визначається:

$$\delta_d = 0,5D \sqrt{\frac{p}{[\sigma]}}$$
$$\delta_d = 0,5 \cdot 570 \sqrt{\frac{16}{160}}$$
$$\delta_d = 90 \text{ мм}$$

Приймаємо конструктивно:

$$\delta_d = 100 \text{ мм}$$

Отримане значення забезпечує необхідний запас міцності.

3.5 Розрахунок штока на міцність

Шток є одним із найбільш навантажених елементів гідроциліндра.

Під час роботи преса він передає повне зусилля пресування на рухому поперечину.

Розрахункову схему штока наведено на рисунку 3.3.

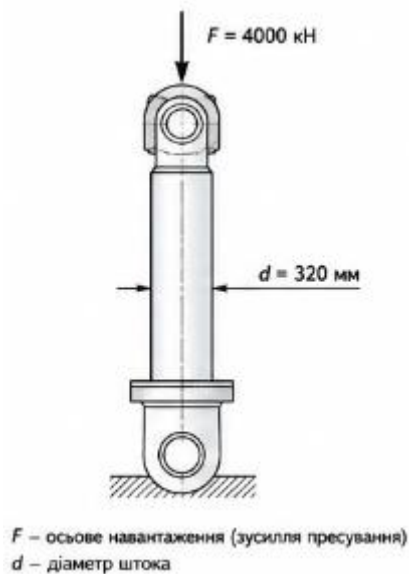


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема штока при осьовому навантаженні

Площа поперечного перерізу штока:

$$A_{\text{ш}} = \frac{\pi d^2}{4}$$
$$A_{\text{ш}} = \frac{3,14 \cdot 320^2}{4}$$
$$A_{\text{ш}} = 80425 \text{ мм}^2$$

Напруження стиску:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$
$$\sigma = \frac{4000000}{80425}$$
$$\sigma = 49,7 \text{ МПа}$$

Для сталі 40Х:

$$[\sigma] = 220 \text{ МПа}$$

Порівнюємо:

$$49,7 < 220$$

Умова міцності виконується, міцність штока забезпечена.

3.6 Розрахунок штока на поздовжню стійкість

При роботі преса шток сприймає значне стискаюче навантаження.

У таких умовах існує небезпека втрати поздовжньої стійкості, яка проявляється у вигляді бокового вигину.

Для оцінювання стійкості використовується формула Ейлера.

Схеми закріплення штока наведено на рисунку 3.4.

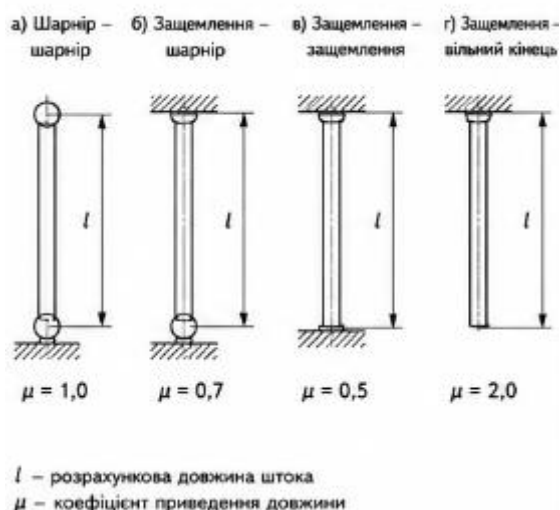


Рисунок 3.4 – Схеми закріплення штока при перевірці стійкості

Момент інерції круглого перерізу:

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$I = \frac{3,14 \cdot 320^4}{64}$$

$$I = 5,15 \cdot 10^8 \text{ мм}^4$$

Модуль пружності сталі:

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Критичне навантаження розраховується за формулою 3.3:

$$P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2} \quad (3.3)$$

Для шарнірного закріплення:

$$\mu = 1$$

$$l = 1000 \text{ мм}$$

Тоді:

$$P_{\text{кр}} = \frac{9,87 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 5,15 \cdot 10^8}{1000^2}$$

$$P_{\text{кр}} = 1,07 \cdot 10^9 \text{ Н}$$

або

$$P_{\text{кр}} = 1070 \text{ МН}$$

Отримане значення значно перевищує робоче навантаження.

3.7 Визначення коефіцієнта запасу стійкості

Коефіцієнт запасу визначається за співвідношенням:

$$n = \frac{P_{\text{кр}}}{F}$$

$$n = \frac{1070}{4}$$

$$n = 267,5$$

Для промислових пресів нормативним вважається:

$$n = 2 \dots 4$$

Отриманий результат свідчить про дуже високий запас стійкості.

Графічна залежність зміни коефіцієнта запасу наведена на рисунку 3.5.

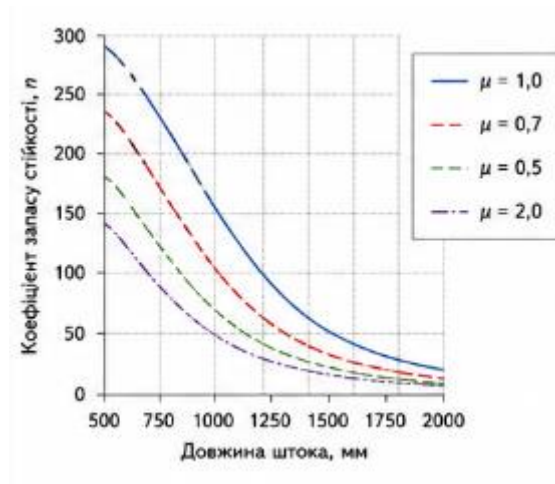


Рисунок 3.5 – Залежність коефіцієнта запасу стійкості від довжини штока

3.8 Аналіз напружено-деформованого стану гідроциліндра

Після виконання розрахунків проводиться оцінка працездатності конструкції.

Розподіл напружень у корпусі показано на рисунку 3.6.

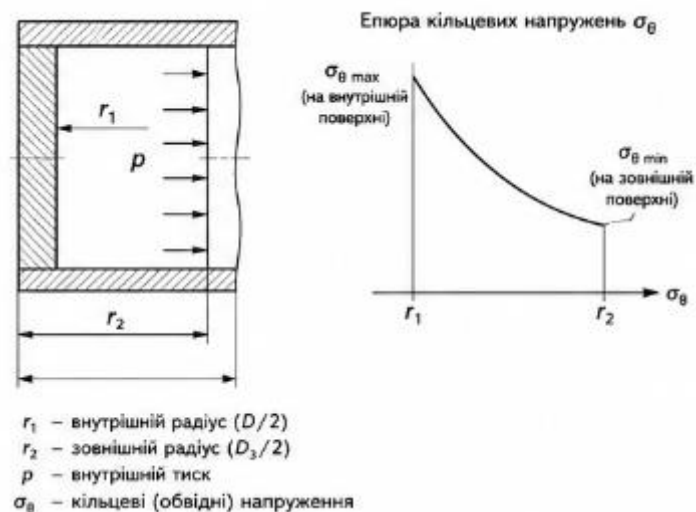


Рисунок 3.6 – Розподіл напружень у корпусі гідроциліндра

Аналіз результатів показує, що найбільш навантаженими елементами є шток та зона кріплення кришки до корпусу. Водночас фактичні напруження не перевищують допустимих значень для обраних матеріалів.

Запаси міцності забезпечують безпечну експлуатацію обладнання навіть при короткочасних перевантаженнях.

3.9 Загальна оцінка конструкції гідроциліндра

Загальний вигляд силового гідроциліндра преса Р6738В наведено на рисунку 3.7.

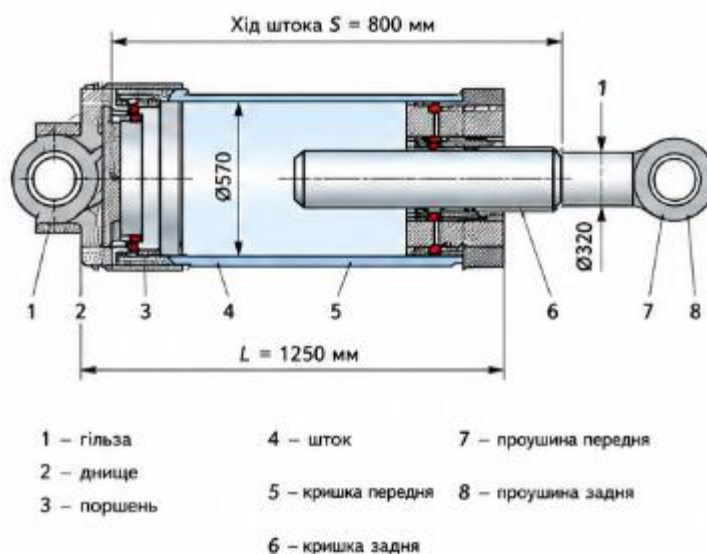


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд силового гідроциліндра преса Р6738В

Отримані результати підтверджують правильність прийнятих конструктивних рішень. Вибрані геометричні параметри забезпечують необхідне зусилля пресування, достатню міцність та високу надійність роботи гідроприводу.

У подальшому підвищення довговічності конструкції може бути досягнуте за рахунок застосування високоміцних сталей, удосконалення конструкції ущільнень та використання сучасних методів діагностики технічного стану.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунків

| Параметр | Значення |
|-----------------------------|----------|
| Діаметр поршня | 570 мм |
| Діаметр штока | 320 мм |
| Товщина стінки гільзи | 35 мм |
| Зовнішній діаметр гільзи | 640 мм |
| Товщина днища | 100 мм |
| Напруження в штоку | 49,7 МПа |
| Допустиме напруження | 220 МПа |
| Критична сила Ейлера | 1070 МН |
| Робоче навантаження | 4 МН |
| Коефіцієнт запасу стійкості | 267,5 |

У даному розділі виконано перевірочний розрахунок силового гідроциліндра преса Р6738В на міцність та поздовжню стійкість. На основі вихідних параметрів гідроприводу визначено геометричні характеристики основних елементів конструкції та проведено оцінку їхньої працездатності.

Результати розрахунків показали, що мінімальна товщина стінки гільзи становить 28,5 мм, тому з урахуванням запасу міцності прийнято стандартне значення 35 мм. Для днища гідроциліндра розрахована товщина становить 90 мм, а конструктивно прийнята – 100 мм. Перевірка штока на міцність показала, що фактичне напруження стиску становить лише 49,7 МПа, що значно менше допустимого значення для сталі 40Х.

Особливу увагу приділено перевірці штока на поздовжню стійкість. Визначене критичне навантаження за формулою Ейлера становить 1070 МН, що суттєво перевищує робоче навантаження преса. Коефіцієнт запасу

стійкості дорівнює 267,5, що свідчить про відсутність небезпеки втрати стійкості навіть у випадку перевантажень.

Отримані результати підтверджують, що розроблена конструкція силового гідроциліндра повністю відповідає умовам експлуатації преса Р6738В, забезпечує необхідну надійність, довговічність та безпечну роботу гідроприводу. Наступним етапом дипломного проекту може бути аналіз експлуатаційної надійності та розробка заходів з технічного обслуговування гідросистеми.

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ ГІДРОПРИВОДУ ПРЕСА П6738Б

4.1 Техніко-економічне обґрунтування

У дипломній роботі виконано розробку та розрахунок гідроприводу преса П6738Б, призначеного для створення необхідного зусилля пресування під час виконання технологічних операцій у машинобудуванні та металообробці. Основною метою проєктування є підвищення надійності роботи обладнання, зменшення енергетичних витрат та забезпечення стабільних параметрів функціонування преса.

Економічна доцільність розробленого гідроприводу визначається насамперед раціональним вибором основних елементів гідросистеми: насоса, гідроциліндра, розподільної та регулювальної апаратури. Правильний підбір насосної установки дозволяє забезпечити необхідну продуктивність при мінімальному споживанні електроенергії. Використання насоса з надлишковими параметрами призводить до перевитрати електроенергії та підвищення експлуатаційних витрат, тоді як недостатня потужність негативно впливає на продуктивність пресового обладнання.

Особливу увагу приділено силовому гідроциліндру, який є основним виконавчим елементом системи. Проведені розрахунки на міцність і стійкість дозволяють забезпечити тривалий ресурс роботи та зменшити витрати на ремонт і технічне обслуговування.

У межах економічного обґрунтування розглядаються такі питання:

- організаційно-правова характеристика підприємства-виробника;
- оцінка ринку збуту гідроприводів для пресового обладнання;
- розрахунок собівартості та оптової ціни виробу;
- оцінка виробничих ризиків;
- визначення економічного ефекту;
- розрахунок точки беззбитковості виробництва.

4.2 Організаційно-правова характеристика підприємства

Виробництво гідроприводу преса П6738Б доцільно здійснювати на підприємстві, організованому у формі товариства з обмеженою відповідальністю (ТОВ).

Товариство з обмеженою відповідальністю є однією з найбільш поширених форм господарської діяльності в Україні. Перевагами цієї форми є можливість залучення інвестицій, обмеження відповідальності учасників розміром їхніх внесків до статутного капіталу та гнучкість управління підприємством.

Підприємство спеціалізується на виробництві та модернізації гідравлічного обладнання для машинобудівної галузі. Основними споживачами продукції є машинобудівні заводи, ремонтні підприємства та виробники пресового обладнання.

4.3 Оцінка ринка збуту

Прогнозований обсяг продажів виробів із заданими експлуатаційними параметрами можна визначити за формулою:

$$N_p = B \cdot K_{\Pi} \cdot K_K,$$

де B - загальна потреба машинобудування у виробках;

K_{Π} - потреба у виробках із заданими експлуатаційними параметрами (в частках від загальної потреби), приймається у розмірі 0,5-0,9;

K_K - частка споживання виробів на ринку з урахуванням конкуруючих підприємств (0, 3-0,9).

Обираємо $B=600$ шт; $K_{\Pi}=0,7$; $K_K = 0,4$.

Тоді:

$$N_p = 600 \times 0,7 \times 0,4 = 168 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_p = 168$ шт.

4.4 Розрахунок собівартості та оптової ціни

Основним параметром гідроприводу приймається його маса.

Відомий аналог має:

- масу $P_a = 1200$ кг;
- собівартість $C_a = 1\,500\,000$ грн.

Питома собівартість становить:

$$C_{a.n} = 1500000 / 1200 = 1250 \text{ грн/кг.}$$

Маса розробленого гідроприводу: $P_{пр} = 1350$ кг.

Тоді орієнтовна собівартість:

$$C_{пр} = 1250 \cdot 1350 = 1\,687\,500 \text{ грн.}$$

Приймаємо норму рентабельності: $R = 25\%$.

Величина прибутку:

$$P_p = 1687500 \cdot 25 / 100 = 421875 \text{ грн.}$$

Оптова ціна виробу

$$C_{opt} = 1687500 + 421875 = 2109375 \text{ грн.}$$

Собівартість виробу: 1 687 500 грн.

Оптова ціна: 2 109 375 грн.

4.5 Оцінка ризику та страхування

Фактичний річний об'єм продажу (N_{ϕ}) з урахуванням ступеню ризику β ($\beta = 5\%$) визначається:

$$N_{\phi} = N_p \times \left(1 - \frac{\beta}{100}\right)$$

де N_p – річний об'єм випуску виробу, шт.

$$N_{\phi} = 168 \times \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 160 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_{\phi} = 160$ шт.

Фактична виручка від продажу при цьому складе:

$$P_{\phi} = C_{\text{опт}} \times N_{\phi}$$

де $C_{\text{од}}$ – ринкова ціна виробу у відповідності з прийнятою стратегією маркетингу, грн.

$$P_{\phi} = 2230200 \cdot 194 = 432658800 \text{ грн.}$$

З урахуванням рівня інфляції γ , ($\gamma = 12\%$) виручка від продаж P_{ϕ} складе:

$$P'_{\phi} = \frac{P_{\phi}}{1 + \frac{\gamma}{100}} = \frac{337500000}{1 + \frac{12}{100}} = 301339286 \text{ грн.}$$

Збитки від зниження об'єму продаж та інфляції визначаються:

$$Y = C_{\text{опт}} \times N_{\phi} - P'_{\phi}$$

$$Y = 337500000 \times 168 - 301339286 = 36160714 \text{ грн}$$

4.6 Визначення величини річного економічного ефекту виготовлення

Річний економічний ефект виробника рахуємо за формулою:

$$E_p = P - B - \Pi_{\text{пр}}$$

де P – вартісна оцінка отриманого виробником підсумку за рік, що оцінюється, грн.;

B – вартісна оцінка витрат виробника на виробництво виробу в році, який оцінюється, грн.;

$\Pi_{\text{пр}}$ – податок на прибуток, який отримує виробник в році, який оцінюється, грн

Величина P визначається за формулою:

$$P = C_{\text{опт}} \times N_{\text{ф}}$$

де $C_{\text{од}}$ – ціна одного, грн.

$$P = 337500000 \times 168 = 567000000 \text{ грн.}$$

Величина B визначається за формулою:

$$B = C_a \times N_p$$

$$B = 1770000 \times 168 = 361080000 \text{ грн.}$$

де $C_{\text{повн}}$ – повна собівартість виробу, грн;

N_p – річний випуск виробів в році, який оцінюється, шт.

Величина $\Pi_{\text{пр}}$ визначається за формулою:

$$\Pi_{\text{пр}} = \frac{\Pi_p \cdot \% \Pi_{\text{пр}}}{100},$$

де Π_p – річний прибуток виробника в році, який оцінюється, грн;

$\Pi_{\text{пр}}$ – затверджений відсоток податку на прибуток, $\Pi_{\text{пр}} = 75$.

Величина Π_p визначається за формулою:

$$\Pi_p = P - B,$$

де P та B – отримані виробником підсумки і витрати в періоді, який оцінюється, розраховані раніше, грн.

$$\Pi_p = 56700000 - 361080000 = 20592000 \text{ грн.}$$

Отже:

$$\Pi_{\text{пр}} = \frac{20592000 \times 75}{100} = 15444000 \text{ грн.}$$

Таким чином:

$$E_p = 56700000 - 361080000 - 15444000 = 5148800 \text{ грн.}$$

4.7 Розрахунок точки беззбитковості

Витрати на виготовлення виробу підрозділяються на умовно-постійні та змінні. До змінних відносяться витрати, що змінюються пропорційно зміні об'єму випуску. Умовно-постійні – витрати, що не змінюються чи змінюються незначно зі зміною об'єму випуску.

Собівартість виготовлення одного виробу описується рівнянням:

$$C_{\text{од}} = V_{\text{од}} + \frac{\Pi_{\text{річ}}}{N_p},$$

де $V_{\text{од}}$ – змінні витрати у собівартості одиниці виробу, грн;

$\Pi_{\text{річ}}$ – умовно -постійні витрати у собівартості виробу, грн.

Величина $V_{\text{од}}$ визначається за формулою:

$$V_{\text{од}}=0,8 \times C_a$$

$$V_{\text{од}}=0,8 \times 1\,500\,000=1\,200\,000\text{грн.}$$

Величина $\Pi_{\text{річ}}$ визначається за формулою:

$$\Pi_{\text{річ}} = \Pi_{\text{од}} \cdot N_p,$$

де $\Pi_{\text{од}}$ – умовно - постійні витрати у собівартості одиниці виробу, грн.

Величина $\Pi_{\text{од}}$ визначається за формулою:

$$\Pi_{\text{од}}=0,2 \times C_a$$

$$\Pi_{\text{од}}=0,2 \times 1\,500\,000=300\,000\text{грн}$$

Тоді:

$$\Pi_{\text{річ}}=300\,000 \times 168=50\,400\,000\text{грн.}$$

Таким чином:

$$C_{\text{од}}=141\,6000+\frac{72216000}{204}=1770000\text{грн.}$$

Собівартість виготовлення N -ї кількості виробів визначається за формулою:

$$C_{N=194}=V_{\text{од}} \times N+\Pi_{\text{річ}},$$

$$C_{N=194}=1200000 \times 168+50400000=252000000\text{грн.}$$

Об'єм реалізованої продукції визначається за формулою:

$$РП_{N=194}=\Pi_{\text{опт}} \times N,$$

$$РП_{N=194}=56700000 \times 168=9525600000\text{грн.}$$

Об'єм випуску виробів, що забезпечує беззбитковість виробництва визначається на основі розрахунків.

Головною задачею є пошук точки беззбитковості, тобто критичної програми ($N_{кр}$), при якій прибуток та збитки відсутні, а ціна виробу дорівнює його собівартості:

$$Ц = C_{од} = V_{од} + \frac{P_{річ}}{N_{кр}},$$

Величину критичної програми можна визначити за формулою:

$$N_{кр} = \frac{P_{річ}}{C_{опт} - V_{од}}$$

$$N_{кр} = \frac{722156700000}{2109375 - 1350000} = 75$$

Приймаємо $N_{кр} = 75$ шт.

При програмі нижче $N_{кр}$ виробництво виробу збиткове, при програмі більшої за $N_{кр}$ – виробництво стає прибутковим.

4.8 Стратегія маркетингу

Гідропривід преса П6738Б належить до спеціалізованого промислового обладнання, тому найбільш доцільною є стратегія вибіркового маркетингу.

Основними потенційними споживачами є:

- машинобудівні підприємства;
- ремонтні заводи;
- металургійні комбінати;
- підприємства з виробництва будівельних конструкцій;
- сервісні центри з модернізації пресового обладнання.

Для підвищення конкурентоспроможності продукції доцільно застосовувати:

- гарантійне та післягарантійне обслуговування;
- постачання запасних частин;
- консультаційний супровід замовників;
- навчання персоналу підприємств-споживачів.

4.9 Висновок

У результаті виконаних техніко-економічних розрахунків встановлено, що розроблений гідропривід преса П6738Б є економічно доцільним для впровадження у виробництво. Орієнтовна собівартість одного виробу становить 1 687 500 грн, а оптова ціна реалізації – 2 109 375 грн. Прогнозований річний обсяг реалізації складає 168 виробів, що відповідає потребам потенційного ринку збуту.

Проведені розрахунки показали, що за фактичного обсягу продажу 160 виробів на рік підприємство може отримати річний економічний ефект у розмірі 44,28 млн грн. Розрахована точка беззбитковості становить 75 виробів на рік, що майже вдвічі менше від запланованого обсягу виробництва. Це свідчить про достатній запас фінансової стійкості проєкту та низький ризик збиткової діяльності.

Отримані результати підтверджують економічну ефективність розробленого гідроприводу та доцільність його впровадження на підприємствах машинобудівної галузі.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Загальні питання охорони праці

Охорона праці являє собою систему правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності.

У межах дипломної роботи розглядаються питання забезпечення безпечної експлуатації гідроприводу преса П6738Б. Під час роботи пресового обладнання можливий вплив небезпечних виробничих факторів, серед яких підвищений тиск у гідросистемі, рухомі елементи преса, електричний струм, шум, вібрація та пожежна безпека.

Основними завданнями охорони праці є:

- створення безпечних умов праці;
- попередження виробничого травматизму;
- зниження рівня професійних захворювань;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- контроль технічного стану обладнання;
- підвищення рівня промислової безпеки.

Особливе значення при експлуатації преса П6738Б має забезпечення безпечної роботи гідравлічної системи, оскільки робочий тиск може досягати значних значень і створювати небезпеку для обслуговуючого персоналу.

5.2 Організація управління охороною праці на підприємстві

Управління охороною праці здійснюється відповідно до Закону України «Про охорону праці».

Роботодавець зобов'язаний:

- забезпечувати функціонування системи управління охороною праці;
- організовувати навчання та перевірку знань працівників;
- проводити інструктажі з техніки безпеки;

- забезпечувати працівників засобами індивідуального захисту;
- контролювати технічний стан пресового обладнання;
- організовувати періодичні медичні огляди.

До структури управління охороною праці входять керівник підприємства, служба охорони праці, керівники виробничих підрозділів та працівники, які безпосередньо експлуатують пресове обладнання.



Рисунок 5.1 – Структура системи управління охороною праці на підприємстві.

5.3 Організація безпечних умов праці на робочому місці

5.3.1 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори

Під час експлуатації преса П6738Б можливий вплив ряду небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

| Фактор | Джерело виникнення |
|----------------------|-----------------------------------|
| Рухомі частини преса | Переміщення штока та повзуна |
| Підвищений тиск | Насосна станція та гідроциліндр |
| Електричний струм | Електродвигун і шафа керування |
| Викид робочої рідини | Руйнування рукавів високого тиску |

| | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| Шум | Робота насоса та електродвигуна |
| Вібрація | Робота насосної станції |
| Пожежна небезпека | Гідравлічна олива |
| Контакт з мастильними матеріалами | Технічне обслуговування |
| Динамічні навантаження | Монтаж і переміщення штампів |

Для зниження рівня небезпеки передбачаються захисні огороження, блокування, аварійне вимкнення обладнання та застосування засобів індивідуального захисту.

5.3.2 Метеорологічні умови

Робота оператора преса П6738Б належить до категорії робіт середньої важкості Па.

Оптимальні параметри мікроклімату наведені у таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Нормовані параметри мікроклімату

| | | | |
|-------------|-----------------|--------------|-----------------------------|
| Період року | Температура, °С | Вологість, % | Швидкість руху повітря, м/с |
| Холодний | 18–20 | 40–60 | до 0,2 |
| Період року | Температура, °С | Вологість, % | Швидкість руху повітря, м/с |

Дотримання зазначених параметрів забезпечує комфортні умови праці та знижує втому працівників.

5.3.3 Вентиляція

У виробничому приміщенні доцільно використовувати механічну припливно-витяжну вентиляцію.

Необхідність її застосування обумовлена:

- виділенням тепла від насосної станції;
- нагріванням гідравлічної оливи;
- можливим утворенням парів мастильних матеріалів;
- потребою підтримання нормативних параметрів мікроклімату.

Система вентиляції забезпечує видалення забрудненого повітря та подачу свіжого повітря в робочу зону.

Для опалення виробничого приміщення приймається центральне водяне опалення.



Рисунок 9.2 – Схема припливно-витяжної вентиляції виробничого приміщення.

5.3.4 Освітлення

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-28:2018 для пресового цеху приймається IV розряд зорових робіт.

Нормовані параметри освітлення:

- КПО при боковому освітленні — 1,5 %;
- освітленість при штучному освітленні — 300 лк.

Таблиця 5.3 – Характеристика освітлення

| Приміщення | КПО, % | Освітленість, лк |
|--------------|--------|------------------|
| Пресовий цех | 1,5 | 300 |

Для забезпечення необхідної освітленості використовуються світлодіодні світильники загального освітлення.

5.3.5 Шум та вібрація

Основними джерелами шуму є:

- насосна станція;
- електродвигун;
- робота розподільників;
- процес пресування.

Допустимий рівень шуму для виробничих приміщень становить не більше 80 дБА.

Для зменшення шуму застосовуються:

- шумоізолюючі кожухи;
- гнучкі вставки на трубопроводах;
- віброізоляція насосної установки;
- звукопоглинальне облицювання приміщення.

При рівні шуму понад 80 дБА працівники повинні використовувати протишумові навушники або беруші.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні шуму на робочому місці

| Види робочої діяльності | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Рівень, дБА |
|----------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------------|
| Виконання всіх видів робіт | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |

5.4 Електробезпека

Приміщення, у якому встановлюється прес П6738Б, належить до категорії приміщень з підвищеною небезпекою.

Електроживлення обладнання:

- напруга мережі — 380/220 В;

- частота — 50 Гц;
- рід струму — змінний.

Для захисту персоналу передбачаються:

- захисне заземлення;
- автоматичне вимкнення живлення;
- захисні автомати;
- пристрої захисного вимкнення;
- ізоляція струмопровідних частин.

Опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати нормативних значень.

5.5 Пожежна безпека

Приміщення, у якому експлуатується прес П6738Б, належить до категорії В за пожежною небезпекою.

Основними джерелами займання можуть бути:

- електрообладнання;
- нагріті поверхні;
- коротке замикання;
- витоки гідравлічної оливи.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно:

- встановлювати порошкові та вуглекислотні вогнегасники;
- обладнати приміщення пожежною сигналізацією;
- виконувати регулярний контроль стану електромереж;
- своєчасно усувати витоки оливи.

5.6 Охорона навколишнього середовища

Під час експлуатації гідроприводу преса П6738Б утворюються різні види відходів.

До рідких відходів належать:

- відпрацьована гідравлічна олива;

- мастильні матеріали;
- промивні рідини.

До твердих відходів належать:

- відпрацьовані фільтрувальні елементи;
- ущільнення;
- металевий брухт та стружка.

До газоподібних викидів належать:

- пари гідравлічної оливи;
- продукти випаровування мастильних матеріалів.

Для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище передбачаються такі заходи:

- збір відпрацьованої оливи в герметичні ємності;
- передача відходів спеціалізованим підприємствам;
- використання маслоуловлювачів;
- очищення вентиляційних викидів;
- контроль герметичності гідросистеми;
- повторне використання металевих відходів як вторинної сировини.

Висновки

У розділі виконано аналіз умов праці під час експлуатації гідроприводу преса П6738Б та розглянуто основні небезпечні й шкідливі виробничі фактори. Визначено вимоги до мікроклімату, вентиляції, освітлення, електро- та пожежної безпеки. Запропоновані організаційні та технічні заходи забезпечують безпечну роботу персоналу, знижують ризик виникнення аварійних ситуацій і сприяють дотриманню вимог чинного законодавства України з охорони праці та охорони навколишнього середовища. Для дипломної роботи можна передбачити 5 рисунків (9.1–9.5), які ілюструють систему управління охороною праці, вентиляцію, заходи боротьби з шумом і вібрацією, систему заземлення та засоби пожежогасіння.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі виконано розробку та розрахунок гідроприводу преса П6738Б, призначеного для виконання технологічних операцій обробки металів тиском. Проведений аналіз конструкції та принципу роботи пресового обладнання показав, що ефективність роботи преса значною мірою визначається правильністю вибору параметрів гідроприводу, його надійністю та енергетичною ефективністю.

У першому розділі досліджено конструктивні особливості гідравлічних пресів, розглянуто сучасні гідроприводи пресового обладнання та виконано аналіз науково-технічної літератури за тематикою роботи. Встановлено основні вимоги до гідросистеми преса П6738Б та визначено напрямки її вдосконалення.

У другому розділі розроблено принципову гідравлічну схему гідроприводу преса П6738Б та проведено розрахунок основних параметрів системи. Виконано визначення зусилля пресування, розрахунок силового гідроциліндра, витрати робочої рідини, вибір насосної установки, трубопроводів та гідроапаратури. Проведено оцінку втрат тиску в гідросистемі та визначено потужність приводу. Результати розрахунків підтвердили працездатність та відповідність розробленого гідроприводу заданим технічним вимогам.

У третьому розділі виконано перевірочний розрахунок силового гідроциліндра на міцність та поздовжню стійкість. Визначено напруження в основних елементах конструкції, проведено перевірку гільзи, днища, кришки та штока гідроциліндра. Розрахунок показав достатній запас міцності та стійкості всіх елементів при максимальному робочому навантаженні.

В економічному розділі проведено техніко-економічне обґрунтування проєкту. Визначено орієнтовну собівартість виготовлення гідроприводу, розраховано оптову ціну виробу, річний економічний ефект та точку

беззбитковості. Отримані результати свідчать про економічну доцільність впровадження розробленого гідروприводу у виробництво.

У розділі охорони праці та навколишнього середовища розглянуто основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для експлуатації гідравлічного преса П6738Б, а також розроблено заходи щодо забезпечення безпечних умов праці, пожежної безпеки, електробезпеки та охорони довкілля.

Поставлена мета бакалаврської роботи була досягнута, а розроблений гідропривід преса П6738Б забезпечує необхідні силові та швидкісні характеристики, відповідає вимогам надійності, безпеки та економічної ефективності.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Пелевін Л.Є., Міщук Д.О., Рашківський В.П. та ін. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика. Київ : КНУБА, 2015. 340 с.
2. Башта Т.М. Гидравлика, гидромашини и гидроприводы. Москва : Машиностроение, 1982. 423 с.
3. Свешников В.К. Станочные гидроприводы. Москва : Машиностроение, 2008. 640 с.
4. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. Москва : Машиностроение, 1987. 464 с.
5. Кузнецов С.В. Гідравлічні та пневматичні системи автоматичного керування. Київ : Либідь, 2019. 352 с.
6. ISO 4413:2010 Hydraulic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components.
7. ISO 5598:2020 Fluid power systems and components — Vocabulary.
8. ISO 10770-1:2009 Hydraulic fluid power — Electrically modulated hydraulic control valves.
9. Wang J. Research on Turbine Speed Control Method Based on Flow Characteristics of Governing Valve. 2023. DOI: 10.21203/rs.3.rs-3254246/v1.
10. İlyas Eker. Governors for hydro-turbine speed control in power generation. Energy Conversion and Management. 2004. DOI: 10.1016/j.enconman.2003.11.008.
11. Choo Y.C., Muttaqi K.M., Negnevitsky M. Modelling of hydraulic governor-turbine for control stabilisation. ANZIAM Journal. 2008. DOI: 10.21914/anziamj.v49i0.333.
12. Rădoi R.-I., Blejan M., Ilie I., Tudor B.-A. Intelligent module for monitoring proportional directional valves in hydraulic drive systems. Mining Machines. 2021. DOI: 10.32056/KOMAG2021.1.3.
13. ДСТУ EN ISO 12100:2016 Безпечність машин. Загальні принципи конструювання.

14. Закон України «Про охорону праці».
15. Закон України «Про відходи».
16. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок.
17. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.
18. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму.
19. ДСН 3.3.6.039-99 Санітарні норми виробничої вібрації.
20. ДСТУ EN 352 Засоби індивідуального захисту органів слуху.
21. Гідравлічні приводи та засоби автоматики / За ред. В.В. Самородова. Харків : НТУ «ХП», 2018. 412 с.
22. Гідравліка і гідропривод машин : навчальний посібник. Львів : Новий Світ, 2020. 384 с.
23. Hydraulic Handbook. Eaton Corporation. 2021.
24. Bosch Rexroth Hydraulic Training Manual. 2022.
25. Parker Hydraulic Technology Handbook. 2021.