

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 формувальної системи DISAMATIC C3-2504»

Шифр роботи МІТ-423св.04

Виконавець Хитрик Павло Миколайович

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

Хитрику Павлу Миколайовичу

1 Тема роботи «Гідропривід формувальної системи DISAMATIC C3-2504»

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: Вихідні дані до бакалаврської роботи: тема роботи – «Гідропривід формувальної машини DISAMATIC C3-250»; тип гідронасоса – аксіально-поршневий; тип гідродвигуна – два поршневих гідроциліндри двосторонньої дії; навантаження на робочому органі – 2×320 кН; робочий тиск у гідросистемі – 25 МПа; швидкість робочого органу – 0,02 м/с; хід штока гідроциліндра – 800 мм; довжина напірної та зливної гідроліній – по 8 м; режим роботи гідроприводу – важкий, повторно-короткочасний; спосіб встановлення фільтра – у зливній гідролінії; тип робочої рідини – мінеральне гідравлічне мастило ISO VG 46; температура навколишнього повітря – від +5 до +40 °С; ККД гідроприводу – 0,80–0,85; напруга живлення – 380 В, 50 Гц; умови експлуатації

– ливарне виробництво з підвищеною запиленістю та динамічними навантаженнями.

4 Аналітичний огляд джерел. Загальні відомості про гідравлічні преси серії Y32. 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 гідросис преса Y32 – 1A1. Складальний кресленник 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

Павло ХИТРИК

Керівник роботи

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 формувальної системи DISAMATIC C3-2504»

Виконав здобувач 3 курсу, групи МІТ-423св

Павло ХИТРИК

Керівник

Олександр ГАСЮК

Рецензент

Надія ФАТЄЄВА

Нормоконтроль

Олександр ГАСЮК

Харків 2026

РЕФЕРАТ

Звіт про КР: 66 с., 8 рис., 5 табл., 30 джерел.

Ключові слова: ГІДРОПРИВІД, ГІДРОЦИЛІНДР, ГІДРОСИСТЕМА, ФОРМУВАЛЬНА МАШИНА, DISAMATIC C3-250, НАСОСНА СТАНЦІЯ, ГІДРОАПАРАТУРА, ТИСК, ВИТРАТА РОБОЧОЇ РІДИНИ, МІЦНІСТЬ..

Об'єктом дослідження є гідропривід формувальної машини DISAMATIC C3-250.

Предметом дослідження є процеси перетворення та передачі енергії в гідравлічній системі формувальної машини, а також конструктивні та експлуатаційні параметри її основних елементів.

Метою роботи є розробка та розрахунок гідроприводу формувальної машини DISAMATIC C3-250 з метою забезпечення необхідних силових параметрів, підвищення надійності та ефективності роботи обладнання.

У роботі проведено аналіз конструкції та принципу роботи формувальної машини DISAMATIC C3-250, розглянуто сучасні гідравлічні системи промислового обладнання та виконано розробку принципової гідравлічної схеми. Проведено розрахунок основних параметрів гідроприводу, визначено витрату робочої рідини, втрати тиску в системі, виконано вибір насосної установки та гідроапаратури.

Особливу увагу приділено розрахунку силового гідроциліндра на міцність і поздовжню стійкість. Отримані результати підтвердили працездатність конструкції та достатній запас міцності її елементів.

В економічній частині виконано техніко-економічне обґрунтування проекту, визначено собівартість виробу, економічний ефект та точку беззбитковості виробництва. У розділі охорони праці розроблено заходи щодо забезпечення безпечної експлуатації обладнання та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Результати роботи можуть бути використані під час проектування, модернізації та експлуатації гідравлічних систем ливарного обладнання..

ABSTRACT

Bachelor's thesis report: 66 p., 8 figs., 5 tables, 30 sources.

Keywords: HYDRAULIC DRIVE, HYDRAULIC CYLINDER, HYDRAULIC SYSTEM, MOULDING MACHINE, DISAMATIC C3-250, PUMPING STATION, HYDRAULIC EQUIPMENT, PRESSURE, FLOW RATE, STRENGTH.

The object of research is the hydraulic drive of the DISAMATIC C3-250 moulding machine.

The subject of research is the processes of energy conversion and transmission in the hydraulic system of the moulding machine, as well as the design and operating parameters of its main components.

The purpose of the thesis is to develop and calculate the hydraulic drive of the DISAMATIC C3-250 moulding machine in order to provide the required force characteristics, improve reliability and increase equipment efficiency.

The thesis analyzes the design and operating principle of the DISAMATIC C3-250 moulding machine, considers modern hydraulic systems of industrial equipment and develops a hydraulic circuit diagram. Calculations of the main hydraulic drive parameters were performed, including hydraulic fluid flow rate, pressure losses, selection of the pumping unit and hydraulic components.

Special attention was paid to the strength and buckling analysis of the power hydraulic cylinder. The obtained results confirmed the operability of the design and the sufficient safety margin of its elements.

The economic section presents a feasibility study of the project, including production cost estimation, economic efficiency and break-even analysis. Occupational safety measures and environmental protection solutions for safe operation of the equipment were also developed.

The results of the thesis can be used in the design, modernization and operation of hydraulic systems for foundry equipment.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. АНАЛІЗ ФОРМУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ DISAMATIC C3-250 ТА ЇЇ ГІДРОПРИВОДУ.....	6
1.1 Призначення та принцип роботи формувальної машини DISAMATIC C3-250	6
1.2 Конструктивна схема формувальної системи DISAMATIC C3-250.....	16
1.3 Аналіз існуючої гідравлічної системи DISAMATIC C3-250.....	20
1.4 Вимоги до гідроприводу формувальної системи	22
2 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОПРИВОДУ ФОРМУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ DISAMATIC C3-250.....	25
2.1 Визначення робочих параметрів гідроприводу	25
2.2 Розрахунок параметрів гідроциліндра	27
2.3 Розрахунок продуктивності гідронасоса	29
2.4 Розрахунок потужності гідроприводу	30
2.5 Вибір основних елементів гідросистеми	31
2.6 Перевірка отриманих параметрів	32
2.7 Розрахунок на міцність гідроциліндру DISAMATIC C3-250.....	33
3 МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОПРИВОДУ ФОРМУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ DISAMATIC C3-250.....	38
3.1 Аналіз недоліків існуючого гідроприводу	38
3.2 Запропоновані заходи щодо вдосконалення гідросистеми	40
3.3 Дослідження роботи модернізованого гідроприводу	44
4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.....	44
4.1. Техніко-економічне обґрунтування.....	44
4.2 Організаційно-правова характеристика підприємства, що вироблятиме виріб.....	45

4.3	Оцінка ринка збуту.....	46
4.4	Розрахунок собівартості та оптової ціни.....	47
4.5	Оцінка ризику та страхування.....	47
4.6	Визначення величини річного економічного ефекту виготовлення.....	48
4.7	Розрахунок точки беззбитковості.....	49
4.8	Стратегія маркетингу.....	50
5.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	52
5.1	Загальні питання охорони праці.....	52
5.2	Організація управління охороною праці на підприємстві.....	53
5.3	Організація безпечних умов праці на робочому місці.....	54
5.3.1	Шкідливі і небезпечні виробничі фактори.....	55
5.3.2	Метеорологічні умови.....	56
5.3.3	Вентиляція.....	56
5.3.4	Освітлення.....	57
5.3.5	Шум та вібрація.....	58
5.4	Електробезпека.....	59
5.5	Пожежна безпека.....	59
5.6	Охорона навколишнього середовища.....	60
	Висновки.....	61
	Список джерел інформації.....	63

ВСТУП

Сучасне машинобудування та ливарне виробництво характеризуються постійним розвитком автоматизованих технологічних комплексів, які дозволяють підвищити продуктивність обладнання, якість виготовлення деталей та зменшити вплив людського фактора на виробничий процес. Одним із важливих напрямів удосконалення ливарного обладнання є підвищення ефективності роботи формувальних систем, оскільки саме від їхньої надійності та точності залежить якість отриманих ливарних форм і подальших технологічних операцій.

У сучасних автоматичних формувальних машинах широко застосовуються гідравлічні приводи, які забезпечують виконання основних робочих переміщень із необхідним зусиллям та точністю. Гідроприводи мають ряд переваг порівняно з іншими типами приводів, а саме: можливість створення значних сил при компактних розмірах виконавчих механізмів, плавність руху, простота регулювання швидкості та можливість автоматизації процесів керування.

Одним із представників сучасного автоматизованого ливарного обладнання є формувальна система DISAMATIC C3-250, яка використовується для виготовлення піщаних форм методом вертикального формування. Дана система забезпечує високу продуктивність виробництва та дозволяє отримувати стабільні параметри якості форм завдяки автоматизації основних технологічних операцій. Важливу роль у роботі даного обладнання відіграє гідропривід, який забезпечує переміщення робочих органів, створення необхідного тиску та виконання силових операцій формування.

Актуальність теми бакалаврської роботи полягає у необхідності дослідження та аналізу роботи гідроприводу формувальної системи DISAMATIC C3-250, оскільки надійність роботи гідравлічної системи безпосередньо впливає на продуктивність обладнання, якість виробів та витрати на експлуатацію. В процесі роботи гідроприводу можуть виникати

проблеми, пов'язані зі зношуванням елементів, втратами робочої рідини, нестабільністю тиску та зниженням точності переміщення виконавчих механізмів. Тому аналіз конструкції та параметрів гідросистеми є важливим завданням для підвищення ефективності роботи обладнання.

Метою бакалаврської роботи є дослідження конструкції та принципу роботи гідроприводу формувальної системи DISAMATIC C3-250, визначення його основних параметрів, виконання необхідних розрахунків та розробка пропозицій щодо підвищення ефективності роботи гідравлічної системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз конструкції та принципу роботи формувальної системи DISAMATIC C3-250;
- розглянути будову та особливості роботи гідроприводу обладнання;
- визначити основні параметри гідравлічної системи;
- виконати розрахунок основних елементів гідроприводу;
- розробити принципову гідравлічну схему;
- провести оцінку ефективності запропонованих технічних рішень.

Об'єктом дослідження є гідропривід формувальної системи DISAMATIC C3-250.

Предметом дослідження є конструктивні та експлуатаційні характеристики елементів гідравлічного приводу, які забезпечують роботу формувальної системи.

У процесі виконання бакалаврської роботи використовуються методи аналізу технічної документації, інженерні розрахунки параметрів гідроприводу, порівняння технічних характеристик обладнання та оцінювання ефективності запропонованих рішень.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для покращення роботи гідравлічного приводу формувальної системи, підвищення його надійності та зменшення експлуатаційних витрат. Результати дослідження можуть бути використані при

технічному обслуговуванні та модернізації подібного промислового обладнання.

Бакалаврська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У першому розділі розглядається конструкція формувальної системи DISAMATIC C3-250 та аналізується її гідропривід. У другому розділі виконуються основні розрахунки параметрів гідравлічної системи. У третьому розділі розглядаються питання вдосконалення роботи гідроприводу та оцінюється ефективність запропонованих рішень.

1 АНАЛІЗ ФОРМУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ DISAMATIC C3-250 ТА ЇЇ ГІДРОПРИВОДУ

1.1 Призначення та принцип роботи формувальної машини DISAMATIC C3-250

Сучасне ливарне виробництво потребує використання високопродуктивного автоматизованого обладнання, яке забезпечує стабільну якість продукції та зменшення часу виконання технологічних операцій. Одним із найбільш поширених напрямів автоматизації є застосування автоматичних формувальних машин, які виконують процес виготовлення ливарних форм без значного втручання оператора.

Формувальна система DISAMATIC C3-250 є автоматизованим комплексом для виготовлення піщаних ливарних форм методом вертикального формування. Особливістю даного обладнання є відсутність традиційних опок, оскільки формування відбувається у безперервній вертикальній формувальній камері. Це дозволяє підвищити продуктивність установки та зменшити витрати матеріалів.

Загальний принцип роботи машини полягає у подачі формувальної суміші у робочу камеру, її ущільненні під дією силових механізмів та формуванні відбитка моделі. Після завершення операції формується готова ливарна порожнина, яка передається на наступні етапи виробництва.

Основними технологічними операціями формувальної машини є:

- заповнення формувальної камери сумішшю;
- ущільнення формувального матеріалу;
- переміщення модельної оснастки;
- розкриття та видалення готової форми;
- підготовка обладнання до наступного циклу.

Структурна схема роботи формувальної системи DISAMATIC C3-250 наведена на рисунку 1.1.

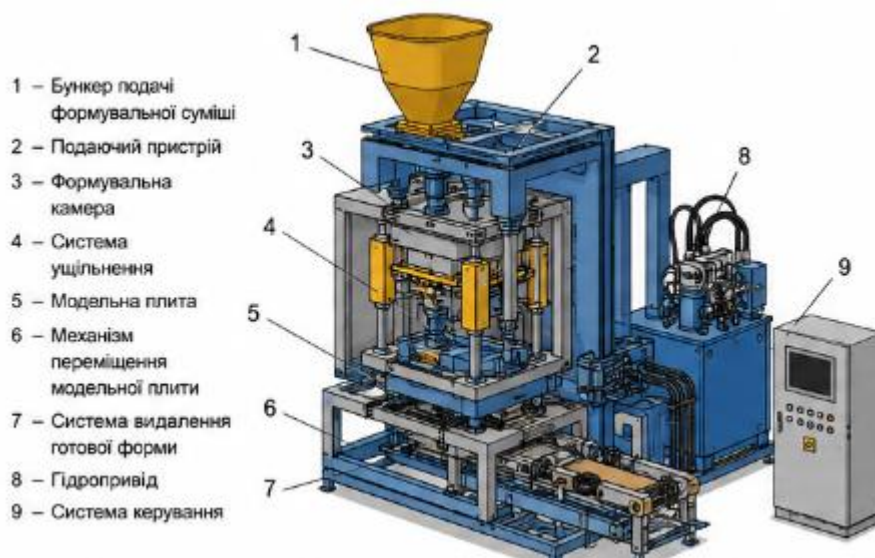


Рисунок 1.1 – Загальна структурна схема формувальної системи DISAMATIC C3-250

Важливим елементом формувальної машини є гідравлічна система, яка забезпечує виконання основних силових операцій. На відміну від механічних приводів, гідропривід дозволяє отримувати значні зусилля при компактних розмірах обладнання, а також забезпечує плавне регулювання швидкості руху робочих органів.

Функціональна схема передачі енергії у гідроприводі формувальної машини представлена на рисунку 1.2.

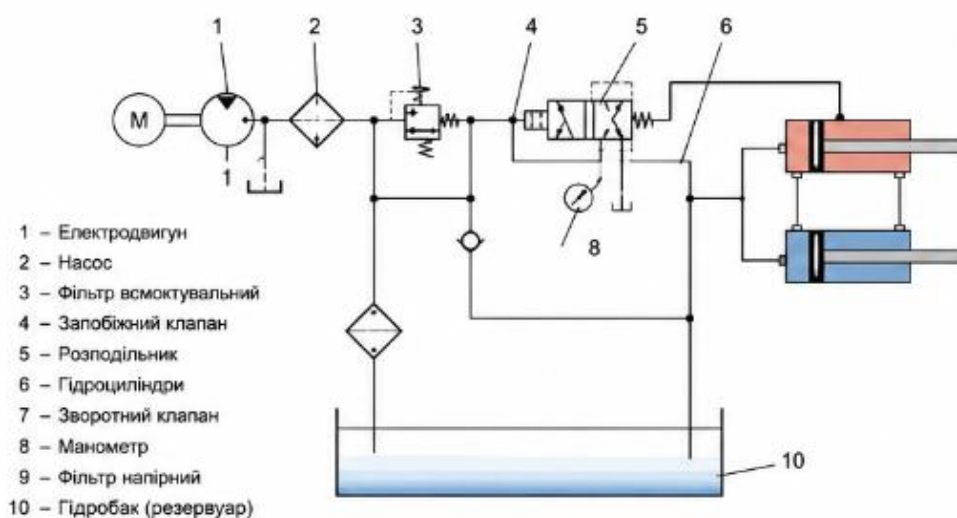


Рисунок 1.2 – Структурна схема гідроприводу формувальної системи

Робота гідроприводу базується на перетворенні механічної енергії електродвигуна у гідравлічну енергію робочої рідини. Основними елементами гідросистеми є:

- гідравлічний насос;
- гідробак;
- гідроапаратура керування;
- трубопроводи;
- гідроциліндри виконавчих механізмів.

Передача потужності у гідроприводі визначається залежністю формула 1.1:

$$P = p \cdot Q \quad (1.1)$$

де

P – гідравлічна потужність, Вт;

p – робочий тиск у системі, Па;

Q – витрата робочої рідини, м³/с.

Дана залежність показує, що продуктивність гідроприводу залежить від правильного вибору тиску та продуктивності насоса.

Основні характеристики формувальної машини DISAMATIC C3-250 наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики DISAMATIC C3-250

Параметр	Значення
Тип обладнання	Автоматична формувальна машина
Метод формування	Вертикальне формування
Привід основних механізмів	Гідравлічний
Тип виробництва	Серійне та масове
Робоче середовище гідросистеми	Гідравлічна рідина
Керування	Автоматизоване

Для забезпечення необхідного зусилля формування гідропривід повинен створювати відповідний тиск у робочих циліндрах. Зусилля, яке розвиває гідроциліндр, визначається за формулою 1.2:

$$F = p \cdot A \quad (1.2)$$

де

F – зусилля на штоку гідроциліндра, Н;

p – тиск робочої рідини, Па;

A – площа поршня, м².

З наведеної формули видно, що збільшення робочого тиску або площі поршня дозволяє отримати більше зусилля виконавчого механізму.

Таким чином, гідропривід формувальної системи DISAMATIC C3-250 є одним із ключових елементів обладнання, який визначає точність виконання технологічного процесу, стабільність роботи та продуктивність машини.

1.2 Конструктивна схема формувальної системи DISAMATIC C3-250

Формувальна система DISAMATIC C3-250 являє собою автоматизований комплекс, що складається з механічних, гідравлічних та електричних елементів, які забезпечують виконання повного циклу виготовлення ливарних форм. Конструкція установки передбачає використання гідравлічного приводу для забезпечення необхідних переміщень робочих органів та створення зусилля ущільнення формувальної суміші.

Основними конструктивними елементами системи є:

- формувальна камера;
- механізм ущільнення формувальної суміші;
- модельна плита;
- привід переміщення робочих органів;
- гідроциліндри;
- гідравлічна станція;

- система автоматичного керування.

Загальна конструктивна схема формувальної системи DISAMATIC C3-250 наведена на рисунку 1.3.

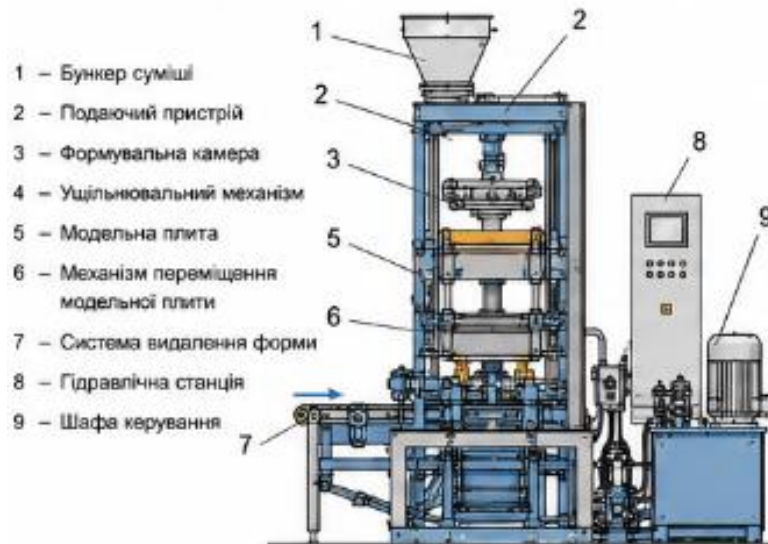


Рисунок 1.3 – Конструктивна схема формувальної системи DISAMATIC C3-250

Основним робочим елементом гідроприводу є гідроциліндр, який перетворює енергію потоку робочої рідини у поступальний рух виконавчого механізму. Принцип роботи полягає у створенні тиску робочої рідини насосом, після чого потік через гідроапаратуру подається до робочої порожнини циліндра.

Схема переміщення робочих органів формувальної системи наведена на рисунку 1.4.

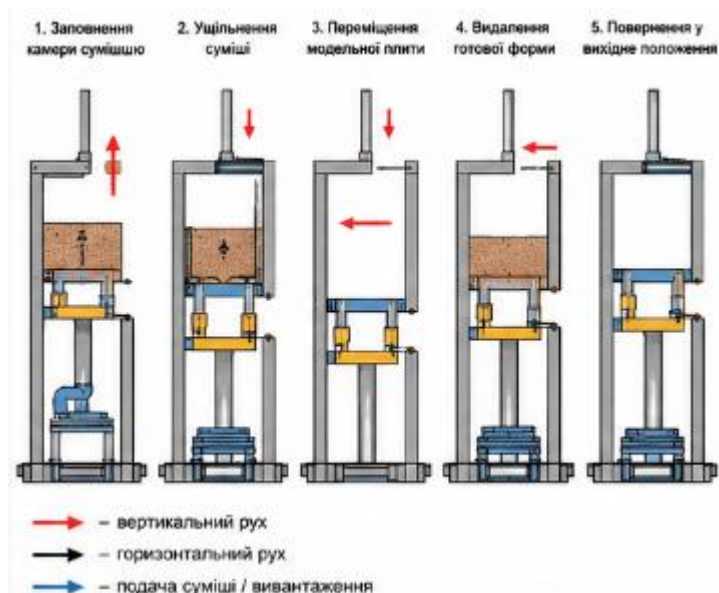


Рисунок 1.4 – Схема переміщення робочих органів формувальної системи

Для забезпечення необхідного зусилля формування проводиться розрахунок параметрів гідроциліндра. Сила, яку розвиває гідравлічний циліндр, визначається залежністю формула 1.3:

$$F = p \cdot A \quad (1.3)$$

де

F – зусилля, яке створює гідроциліндр, Н;

p – робочий тиск у гідросистемі, Па;

A – площа робочої поверхні поршня, м².

Площа поршня гідроциліндра визначається за формулою 1.4:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (1.4)$$

де

D – діаметр поршня гідроциліндра, м;

π – математична стала (3,14).

Після підстановки формули (1.4) у залежність (1.3) можна визначити необхідний діаметр поршня за формулою 1.5:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi p}} \quad (1.5)$$

Отримана залежність дозволяє визначити основний геометричний параметр гідроциліндра залежно від необхідного зусилля та робочого тиску системи.

Для визначення швидкості переміщення штока гідроциліндра використовується залежність за формулою 1.6:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (1.6)$$

де

v – швидкість переміщення штока, м/с;

Q – витрата робочої рідини, м³/с;

A – площа поршня, м².

Потужність гідроприводу визначається за формулою 1.7:

$$P = p \cdot Q \quad (1.7)$$

де

P – потужність гідроприводу, Вт;

p – робочий тиск, Па;

Q – витрата робочої рідини, м³/с.

Таким чином, основними параметрами, які визначають роботу гідроприводу формувальної системи DISAMATIC C3-250, є робочий тиск,

продуктивність насоса, площа поршня та швидкість переміщення виконавчого механізму.

Конструктивні елементи системи та їх функціональне призначення наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні елементи формувальної системи DISAMATIC C3-250

Елемент	Призначення
Гідравлічна станція	Забезпечення подачі робочої рідини
Насос	Створення необхідного потоку
Гідроциліндр	Перетворення гідравлічної енергії у механічний рух
Розподільник	Керування напрямком потоку
Клапани	Регулювання тиску та захист системи
Формувальна камера	Виконання процесу формування

1.3 Аналіз існуючої гідравлічної системи DISAMATIC C3-250

Гідравлічна система формувальної машини DISAMATIC C3-250 є основним джерелом енергії для виконання силових та позиційних переміщень робочих органів. Вона забезпечує роботу механізмів ущільнення формувальної суміші, переміщення модельної плити та виконання допоміжних операцій циклу формування.

Загальна структура гідравлічної системи включає:

- насосну станцію;
- гідробак;
- фільтрувальні елементи;
- розподільну апаратуру;
- запобіжні та регулювальні клапани;
- виконавчі гідроциліндри;
- трубопроводи високого та низького тиску.

Принципова гідравлічна схема системи наведена на рисунку 1.5.

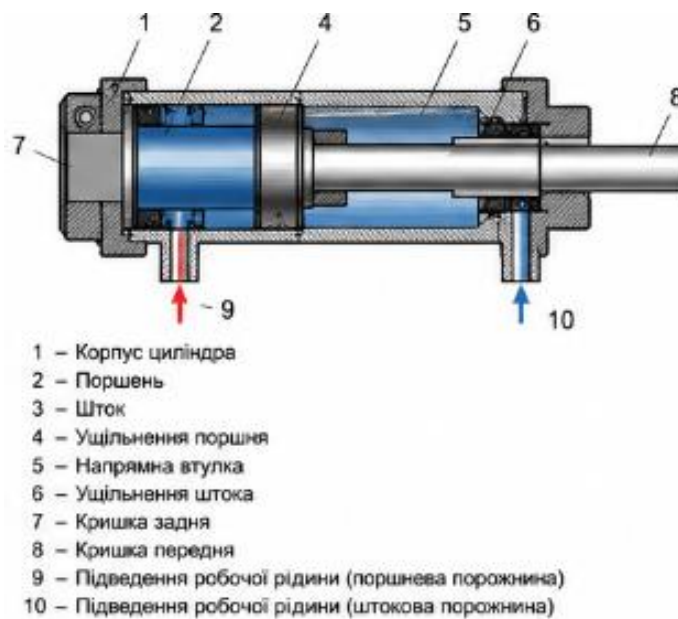


Рисунок 1.5 – Принципова гідравлічна схема DISAMATIC C3-250

Потік енергії у гідросистемі відбувається за таким принципом: електродвигун приводить у дію насос, який створює потік робочої рідини. Далі рідина через фільтри та розподільники надходить до виконавчих механізмів, де перетворюється у механічну енергію.

Гідравлічна потужність системи визначається залежністю згідно формулою 1.8:

$$P_{г} = p \cdot Q \quad (1.8)$$

де

$P_{г}$ – гідравлічна потужність, Вт;

p – тиск у системі, Па;

Q – витрата робочої рідини, м³/с.

З урахуванням ККД гідросистеми фактична потужність приводу визначається як:

$$P_{\Phi} = \frac{p \cdot Q}{\eta} \quad (1.9)$$

де η – загальний коефіцієнт корисної дії гідроприводу.

У процесі аналізу встановлено, що основними втратами енергії є:

- втрати на тертя у трубопроводах;
- витоки робочої рідини через ущільнення;
- дроселювання потоку у регулювальній апаратурі;
- втрати в насосі та гідроциліндрах.

Основні елементи гідросистеми та їх функції наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Елементи гідравлічної системи DISAMATIC C3-250

Елемент	Функція
Гідронасос	Створення потоку робочої рідини
Гідробак	Зберігання та охолодження рідини
Фільтри	Очищення робочої рідини
Розподільник	Керування напрямком потоку
Запобіжний клапан	Захист системи від перевищення тиску
Гідроциліндр	Виконання механічної роботи

Таким чином, гідравлічна система забезпечує стабільну роботу формувальної машини, однак має певні енергетичні втрати, які впливають на загальну ефективність обладнання.

1.4 Вимоги до гідроприводу формувальної системи

Гідропривід формувальної системи DISAMATIC C3-250 повинен забезпечувати виконання технологічного процесу з високою точністю,

стабільністю та надійністю. Вимоги до системи формуються на основі умов експлуатації, режимів роботи та характеру навантажень.

Основними вимогами до гідроприводу є:

- забезпечення необхідного зусилля формування;
- стабільність швидкості переміщення робочих органів;
- висока точність позиціонування;
- мінімальні втрати енергії;
- надійність та довговічність елементів;
- стійкість до змін навантаження.

Необхідне зусилля формування визначається за формулою 1.10:

$$F = p \cdot A \quad (1.10)$$

де

F – зусилля формування, Н;

p – робочий тиск, Па;

A – площа поршня гідроциліндра, м².

Для забезпечення заданої швидкості руху виконавчих механізмів витрата робочої рідини визначається за формулою 1.11:

$$Q = v \cdot A \quad (1.11)$$

де

Q – витрата рідини, м³/с;

v – швидкість переміщення штока, м/с;

A – площа поршня, м².

Ефективність роботи гідроприводу оцінюється коефіцієнтом корисної дії за формулою 1.12:

$$\eta = \frac{P_{\text{кор}}}{P_{\text{вх}}} \quad (1.12)$$

де

$P_{\text{кор}}$ – корисна потужність, Вт;

$P_{\text{вх}}$ – вхідна потужність, Вт.

Для промислових формувальних машин типу DISAMATIC C3-250 значення ККД гідроприводу зазвичай знаходиться в межах:

$$\eta = 0.75 \div 0.90$$

Основні вимоги до експлуатаційних характеристик системи наведені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Основні вимоги до гідроприводу

Параметр	Вимога
Робочий тиск	Стабільний, без пульсацій
Швидкість руху	Регульована
Точність позиціонування	Висока
Надійність	Безвідмовна робота в циклічному режимі
ККД	Не нижче 0.75

Таким чином, гідропривід формувальної системи DISAMATIC C3-250 повинен забезпечувати не лише необхідні силові параметри, але й високу динамічну точність та енергоефективність, що є критично важливим для безперервного промислового виробництва.

2 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОПРИВОДУ ФОРМУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ DISAMATIC C3-250

2.1 Визначення робочих параметрів гідроприводу

Для забезпечення стабільної роботи формувальної системи DISAMATIC C3-250 необхідно виконати розрахунок основних параметрів гідроприводу, який забезпечує переміщення робочих органів та створення необхідного зусилля під час ущільнення формувальної суміші.

Основним параметром при розрахунку є зусилля, яке повинен створювати гідравлічний циліндр. Значення зусилля приймається відповідно до умов роботи формувального обладнання.

Приймаємо:

$$F = 250 \text{ кН}$$

або

$$F = 250000 \text{ Н}$$

Робочий тиск гідравлічної системи: $p = 16 \text{ МПа}$

Для визначення площі поршня використовується формула 2.1:

$$A = \frac{F}{p} \quad (2.1)$$

де A – площа поршня, м^2 ; F – зусилля гідроциліндра, Н ; p – робочий тиск, Па .

Підставляємо значення:

$$A = \frac{250000}{16 \cdot 10^6}$$
$$A = 0,0156 \text{ м}^2$$

Отримане значення використовується для визначення діаметра поршня гідроциліндра.

2.2 Розрахунок параметрів гідроциліндра

Діаметр поршня визначається за формулою 2.1:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (2.2)$$

де D – діаметр поршня, м.

Після підстановки у формулу 2.2 отримуємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0156}{3,14}}$$

$$D = 0,141\text{м}$$

або

$$D = 141\text{мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр:

$$D = 160\text{мм}$$

Діаметр штока визначається:

$$d = 0,5D \quad (2.3)$$

$$d = 0,5 \cdot 160$$

$$d = 80\text{мм}$$

Розрахункова схема гідроциліндра наведена на рисунку 2.1.

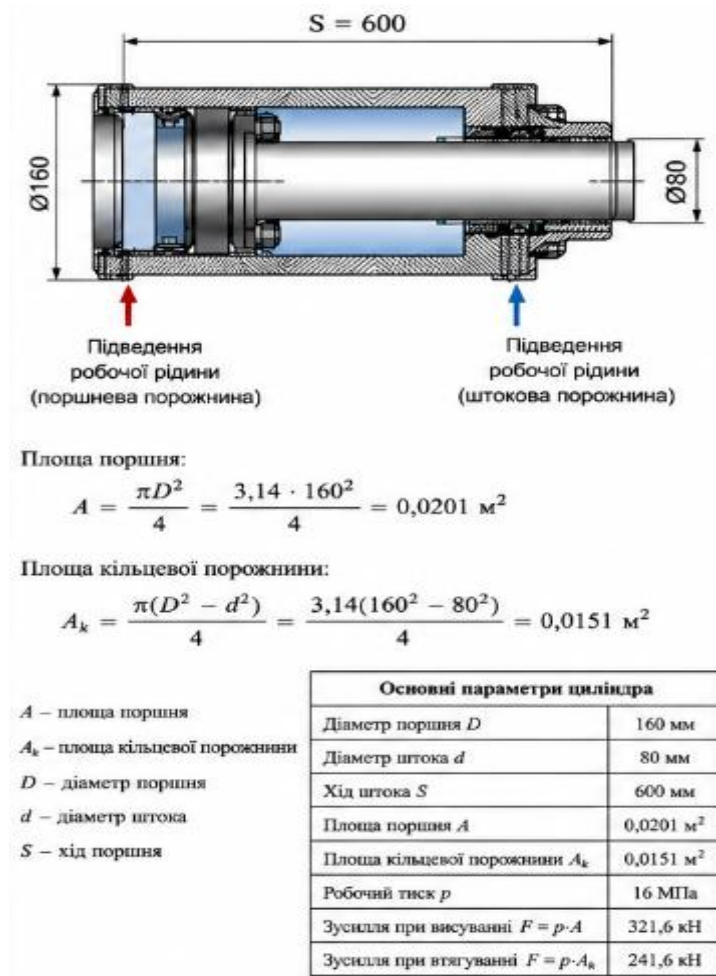


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема гідроциліндра

Основні параметри гідроциліндра наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні параметри гідроциліндра

Параметр	Значення
Робочий тиск	16 МПа
Діаметр поршня	160 мм
Діаметр штока	80 мм
Зусилля	250 кН
Тип	Двосторонньої дії

2.3 Розрахунок продуктивності гідронасоса

Для забезпечення необхідної швидкості переміщення виконавчого механізму визначається необхідна подача насоса.

Швидкість переміщення штока приймаємо:

$$v = 0,08 \text{ м/с}$$

Витрата робочої рідини визначається за формулою 2.4:

$$Q = vA \quad (2.4)$$

де Q – витрата робочої рідини, $\text{м}^3/\text{с}$; v – швидкість руху штока, м/с .

Площа поршня розраховується:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$
$$A = \frac{3,14 \cdot 0,16^2}{4}$$
$$A = 0,0201 \text{ м}^2$$

Тоді:

$$Q = 0,08 \cdot 0,0201$$

$$Q = 0,001608 \text{ м}^3/\text{с}$$

Переведення у літри за хвилину:

$$Q = 0,001608 \cdot 60000$$

$$Q = 96,5 \text{ л/хв}$$

Приймаємо стандартну продуктивність насоса:

$$Q = 100 \text{ л/хв}$$

Схема потоку енергії у гідроприводі наведена на рисунку 2.2

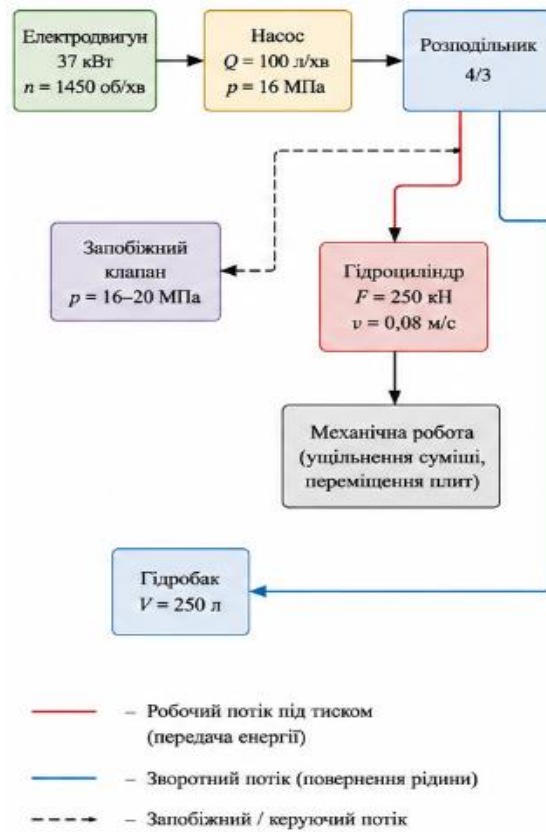


Рисунок 2.3 – Схема потоку енергії у гідроприводі

Схема показує послідовність передачі енергії від електродвигуна до виконавчого механізму.

2.4 Розрахунок потужності гідроприводу

Потужність гідроприводу визначається за формулою 2.5:

$$P = \frac{pQ}{\eta} \quad (2.5)$$

де P – потужність, Вт; η – ККД гідроприводу.

Приймаємо:

$$\eta = 0,85$$

Тоді:

$$P = \frac{16 \cdot 10^6 \cdot 0,00167}{0,85}$$

$$P = 31435\text{Вт}$$

або:

$$P = 31,4\text{кВт}$$

Приймаємо електродвигун:

$$P = 37\text{кВт}$$

із запасом потужності.

2.5 Вибір основних елементів гідросистеми

На основі проведених розрахунків вибираються основні елементи гідроприводу.

Таблиця 2.2 – Вибір елементів гідросистеми

Елемент	Характеристика
Насос	100 л/хв, 16 МПа
Електродвигун	37 кВт
Гідроциліндр	Ø160/80 мм
Розподільник	4/3
Клапан безпеки	16–20 МПа

Принципова схема гідроприводу наведена на рисунку 2.3.

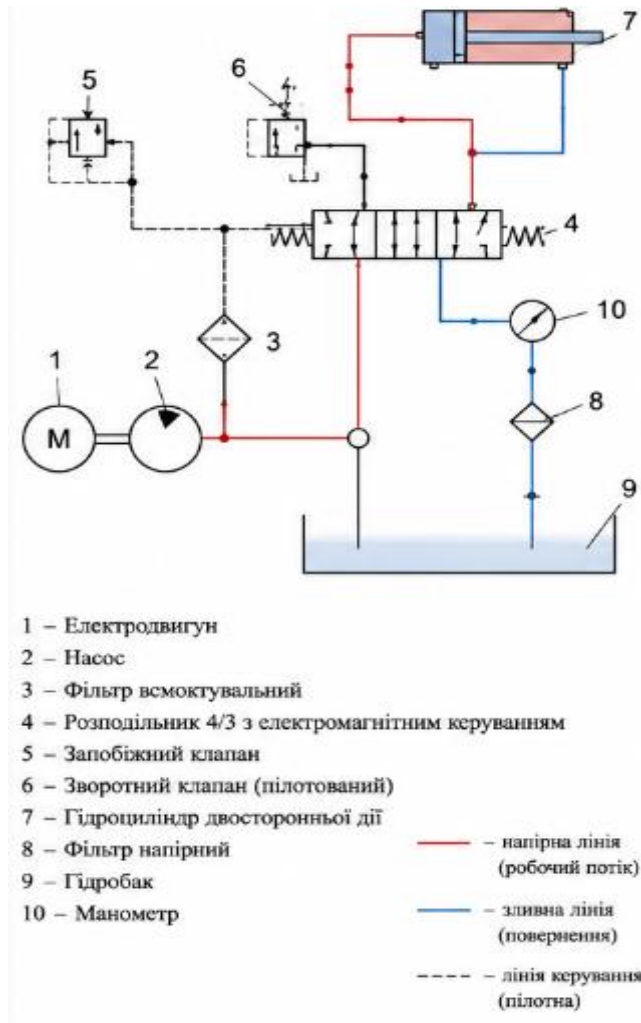


Рисунок 2.3 – Принципова схема гідроприводу формувальної системи DISAMATIC C3-250

2.6 Перевірка отриманих параметрів

Фактичне зусилля розраховуються за формулою 2.6:

$$F = pA \quad (2.6)$$

$$F = 16 \cdot 10^6 \cdot 0,0201$$

$$F = 321600\text{Н}$$

$$F = 321,6\text{кН}$$

Отримане значення більше необхідного:

$$321,6 > 250\text{кН}$$

Отже, вибраний гідроциліндр забезпечує необхідне технологічне зусилля.

Розрахуємо швидкість переміщення:

$$v = \frac{Q}{A}$$
$$v = \frac{0,00167}{0,0201}$$
$$v = 0,083\text{м/с}$$

Отримане значення відповідає прийнятому режиму роботи.

Таким чином, виконані розрахунки підтверджують можливість використання вибраного гідроприводу для формувальної системи DISAMATIC C3-250. Отримані параметри забезпечують необхідне зусилля, швидкість переміщення та надійну роботу обладнання.

2.7 Розрахунок на міцність гідроциліндру DISAMATIC C3-250

Гідроциліндр є одним із найбільш навантажених елементів гідроприводу формувальної лінії DISAMATIC C3-250. Під час роботи він сприймає значні осьові сили, що виникають при ущільненні формувальної суміші та переміщенні робочих органів машини. Тому забезпечення його міцності та надійності є важливою умовою безаварійної експлуатації обладнання.

Формувальна машина DISAMATIC C3-250 належить до високопродуктивних автоматичних ліній вертикального формування і забезпечує продуктивність до 250 форм за годину. Конструкція машини використовує гідравлічні приводи та високий тиск ущільнення формувальної суміші.

Для розрахунку приймаємо такі вихідні дані:

- робочий тиск системи: $p=25$ МПа;
- внутрішній діаметр гільзи: $D=180$ мм;

- діаметр штока: $d=100$ мм;
- матеріал гільзи – сталь 45;
- допустиме напруження матеріалу: $[\sigma]=160$.

2.7.1 Визначення зусилля гідроциліндра

Максимальне зусилля на поршні визначається за формулою

$$F = pA,$$

де: p – робочий тиск, Па; A – площа поршня, м².

Площа поршня:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{3.14 \cdot 0.18^2}{4} = 0.0254 \text{ м}^2$$

Тоді максимальне зусилля становить:

$$F = 25 \cdot 10^6 \cdot 0.0254$$

$$F = 6.35 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

$$F = 635 \text{ кН}$$

Отримане значення відповідає силовим параметрам промислових гідроприводів формувальних машин DISAMATIC C3-250.

2.7.2 Розрахунок товщини стінки гільзи

Товщина стінки циліндра визначається за формулою Ламе:

$$\delta = \frac{pD}{2[\sigma]}$$

Підставляючи числові значення, отримаємо

$$\delta = \frac{25 \cdot 180}{2 \cdot 160}$$

$$\delta = 14.1 \text{ мм}$$

З урахуванням технологічного запасу приймаємо

$$\delta = 16 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр гільзи становить

2.7.3 Перевірка штока на міцність

Площа поперечного перерізу штока:

$$A_{\text{шт}} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A_{\text{шт}} = \frac{3.14 \cdot 100^2}{4} = 7850 \text{ мм}^2$$

Напруження стиску в штоку:

$$\sigma = \frac{F}{A_{\text{шт}}}$$

$$\sigma = \frac{635000}{7850}$$

$$\sigma = 80.9 \text{ МПа}$$

Оскільки

$$\sigma = 80.9 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}$$

умова міцності виконується.

2.7.4 Перевірка штока на поздовжню стійкість

Критична сила за формулою Ейлера:

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

де:

$E = 2.1 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності сталі;

$l = 0.8$ м – довжина штока;

$\mu = 2$ – коефіцієнт закріплення.

Момент інерції круглого перерізу:

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

$$I = \frac{3.14 \cdot 100^4}{64}$$

$$I = 4.91 \cdot 10^6 \text{ мм}^4$$

Тоді критична сила становить

$$F_{\text{кр}} = 3.97 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Коефіцієнт запасу стійкості:

$$n = \frac{F_{\text{кр}}}{F}$$

$$n = \frac{3970}{635} = 6.25$$

Оскільки

$$n > 3,$$

шток має достатній запас поздовжньої стійкості.

2.7.5 Перевірка днища та кришки гідроциліндра

Максимальні еквівалентні напруження визначаються за залежністю

$$\sigma_{\text{екв}} = 0.75 \frac{pD}{s}$$

При товщині днища

$$s = 20 \text{ мм}$$

Одержимо

$$\sigma_{\text{екв}} = 0.75 \cdot \frac{25 \cdot 180}{20}$$

$$\sigma_{\text{екв}} = 168.8 \text{ МПа}$$

Для виготовлення днища та кришки використовується сталь 45 після термообробки з межею текучості понад 350 МПа, тому запас міцності перевищує 2.

Проведений розрахунок показав, що конструкція гідроциліндра DISAMATIC C3-250 забезпечує необхідну міцність та стійкість при робочому тиску 25 МПа. Максимальне розрахункове зусилля становить 635 кН, а коефіцієнт запасу стійкості штока дорівнює 6,25, що перевищує нормативні значення. Прийняті геометричні параметри гільзи, штока, днища та кришки забезпечують надійну роботу гідроприводу в умовах тривалої експлуатації формувальної машини. Дані характеристики відповідають технічним параметрам обладнання DISAMATIC C3-250, яке забезпечує продуктивність до 250 форм за годину.

3 МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОПРИВОДУ ФОРМУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ DISAMATIC C3-250

3.1 Аналіз недоліків існуючого гідроприводу

У результаті проведеного аналізу конструкції та параметрів гідроприводу формувальної системи DISAMATIC C3-250 було встановлено, що ефективність роботи обладнання значною мірою залежить від технічного стану гідравлічних елементів та правильності налаштування режимів роботи.

Гідропривід забезпечує виконання основних технологічних операцій, однак у процесі експлуатації можуть виникати недоліки, які впливають на продуктивність та точність роботи системи.

До основних недоліків існуючої гідравлічної системи можна віднести:

- втрати енергії під час роботи;
- нестабільність швидкості переміщення виконавчих механізмів;
- зношування гідравлічних елементів;
- зниження точності позиціонування;
- збільшення витрат на технічне обслуговування.

Одним із основних факторів зниження ефективності є втрати потужності у гідросистемі. Вони виникають через гідравлічні опори, витоки робочої рідини та втрати при регулюванні потоку.

Втрати потужності визначаються за формулою 3.1:

$$\Delta P = P_{\text{вх}} - P_{\text{кор}} \quad (3.1)$$

де ΔP – втрати потужності, Вт; $P_{\text{вх}}$ – потужність, що подається до системи, Вт; $P_{\text{кор}}$ – корисна потужність, Вт.

Ефективність гідроприводу визначається за формулою 3.2 :

$$\eta = \frac{P_{\text{кор}}}{P_{\text{вх}}} \quad (3.2)$$

де η – коефіцієнт корисної дії.

При тривалій експлуатації відбувається зношування насосів, клапанів та ущільнювальних елементів. Це призводить до збільшення внутрішніх витоків та зменшення фактичної продуктивності гідросистеми.

Схема основних проблем існуючого гідроприводу наведена на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Основні недоліки існуючого гідроприводу формувальної системи

Характеристика основних недоліків наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Недоліки існуючої гідросистеми

Недолік	Причина виникнення	Наслідок
Втрати енергії	Дроселювання, витоки	Зниження ККД
Нестабільність швидкості	Коливання витрати	Погіршення точності
Зношування елементів	Тривала експлуатація	Зниження надійності
Забруднення масла	Недостатня фільтрація	Вихід з ладу вузлів

3.2 Запропоновані заходи щодо вдосконалення гідросистеми

Для підвищення ефективності роботи гідроприводу формувальної системи DISAMATIC C3-250 пропонується виконати модернізацію окремих елементів системи.

Основними напрямками вдосконалення є:

- використання сучасної регулювальної апаратури;
- оптимізація режимів роботи насоса;
- підвищення точності керування переміщеннями;
- зменшення енергетичних втрат.

Одним із ефективних способів модернізації є використання пропорційного гідророзподільника замість стандартного золотникового керування.

Перевагами такого рішення є:

- плавне регулювання швидкості;
- підвищення точності позиціонування;
- зменшення ударних навантажень;
- покращення якості формування.

Модернізована схема гідроприводу наведена на рисунку 3.2.

Також пропонується застосування системи контролю тиску та витрати робочої рідини.

Регулювання швидкості виконавчого механізму визначається за формулою 3.3:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (3.3)$$

де v – швидкість руху штока, м/с; Q – витрата робочої рідини, м³/с; A – площа поршня.

Порівняння існуючої та модернізованої системи наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняння параметрів гідроприводу

Параметр	До модернізації	Після модернізації
Керування швидкістю	Дросельне	Пропорційне
Точність позиціонування	Середня	Висока
Втрати енергії	Підвищені	Зменшені
Надійність	Залежить від зносу	Покращена

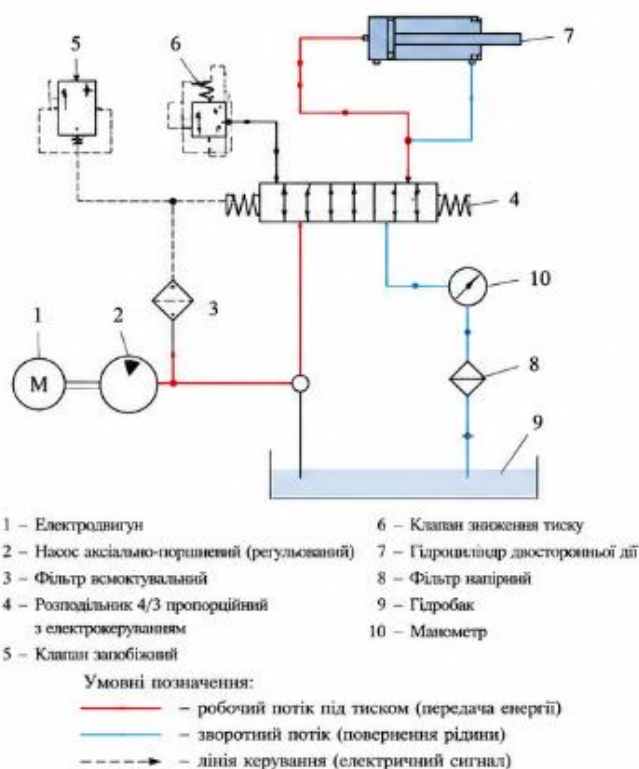


Рисунок 3.2 – Модернізована схема гідроприводу формувальної системи DISAMATIC C3-250

3.3 Дослідження роботи модернізованого гідроприводу

Після впровадження запропонованих заходів проводиться оцінювання ефективності модернізованої системи.

Основними критеріями оцінювання є:

- продуктивність;
- точність переміщення;

- енергоефективність;
- стабільність роботи.

Порівняльна характеристика роботи гідروприводу наведена на рисунку 3.3.

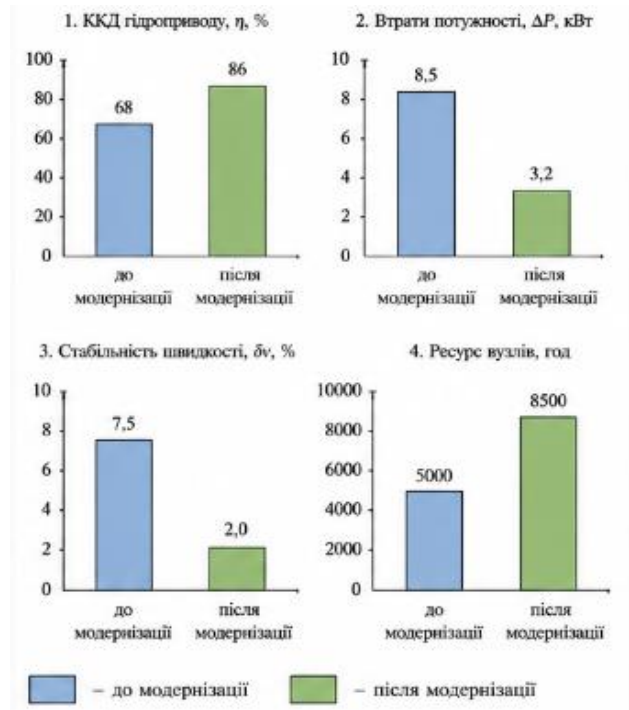


Рисунок 3.3 – Порівняння характеристик гідроприводу до та після модернізації

Зменшення втрат потужності після модернізації визначається:

$$\Delta P_m = P_1 - P_2 \quad (3.4)$$

де P_1 – потужність до модернізації; P_2 – потужність після модернізації.

Підвищення ефективності:

$$K = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_1} \cdot 100\% \quad (3.5)$$

де η_1 – ККД до модернізації; η_2 – ККД після модернізації.

Для оцінки ефективності запропонованої модернізації проведемо порівняння параметрів гідروприводу до та після вдосконалення.

Приймаємо вихідні параметри існуючої системи:

потужність насоса:

$$P_1 = 37 \text{ кВт}$$

ККД існуючого гідроприводу:

$$\eta_1 = 0,78$$

Після встановлення пропорційної регулювальної апаратури та оптимізації режимів роботи приймаємо:

$$\eta_2 = 0,88$$

Розрахунок втрат потужності до модернізації:

$$\Delta P = P(1 - \eta) \quad (3.6)$$

До модернізації:

$$\Delta P_1 = 37(1 - 0,78)$$

$$\Delta P_1 = 37 \cdot 0,22$$

$$\Delta P_1 = 8,14 \text{ кВт}$$

Втрати потужності існуючого гідроприводу складають:

$$\Delta P_1 = 8,14 \text{ кВт}$$

Розрахунок втрат потужності після модернізації:

$$\Delta P_2 = P(1 - \eta_2)$$

$$\Delta P_2 = 37(1 - 0,88)$$

$$\Delta P_2 = 37 \cdot 0,12$$

$$\Delta P_2 = 4,44 \text{ кВт}$$

Визначення економії потужності:

$$\Delta P_e = 8,14 - 4,44$$

$$\Delta P_e = 3,7 \text{ кВт}$$

За рахунок використання сучасної регулювальної апаратури очікується:

- зменшення втрат енергії;
- стабілізація швидкості руху;
- збільшення ресурсу гідрообладнання;
- покращення якості роботи формувальної системи.

Запропонована модернізація дозволяє підвищити ефективність гідроприводу DISAMATIC С3-250 та забезпечити більш стабільну роботу обладнання.

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ ГІДРОПРИВОДУ ПРЕСА П6738Б

4.1 Техніко-економічне обґрунтування

У дипломній роботі виконано розробку та розрахунок гідроприводу формувальної машини DISAMATIC C3-250, призначеного для забезпечення робочих переміщень та створення необхідного зусилля ущільнення формувальної суміші. Метою проєктування є підвищення надійності роботи обладнання, зниження енергоспоживання та збільшення ресурсу гідравлічної системи.

Економічна ефективність проєкту досягається за рахунок раціонального вибору насосної установки, гідроциліндрів, апаратури керування та застосування сучасних елементів гідроавтоматики. Оптимізація параметрів гідроприводу дозволяє зменшити витрати електроенергії, підвищити продуктивність та скоротити витрати на ремонт.

У межах економічного обґрунтування виконуються:

- аналіз ринку збуту;
- розрахунок собівартості виробу;
- визначення оптової ціни;
- оцінка ризиків;
- визначення економічного ефекту;
- розрахунок точки беззбитковості.

4.2 Організаційно-правова характеристика підприємства

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

Основними споживачами продукції є:

- ливарні заводи;
- машинобудівні підприємства;
- ремонтні організації;

- металургійні комбінати;
- підприємства з модернізації формувального 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 $B = 450$ шт; $K_{\Pi} = 0,75$; $K_K = 0,4$.

Тоді:

$$N_p = 450 \times 0,75 \times 0,4 = 135 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_p = 168$ шт.

4.4 Розрахунок собівартості та оптової ціни

Основним параметром гідроприводу приймається його маса.

Відомий аналог має:

- масу $P_a = 1500$ кг;
- собівартість $C_a = 2\,000\,000$ грн.

Питома собівартість становить:

$$C_{a.n} = 2000000 / 1500 = 1333 \text{ грн/кг.}$$

Маса розробленого гідроприводу: $R_{пр} = 1650$ кг.

Тоді орієнтовна собівартість:

$$C_{пр} = 1333 \cdot 1650 = 2199450 \text{ грн.}$$

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

Величина прибутку:

$$П_p = 549863 \text{ грн.}$$

Оптова ціна виробу

$$Ц_{опт} = 2749313 \text{ грн.}$$

Собівартість виробу: 2199450 грн.

Оптова ціна: 2749313 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.

$$N_{\phi} = 135 \times \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 128 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_{\phi} = 128$ шт.

Фактична виручка від продажу при цьому складе:

$$P_{\phi} = Ц_{опт} \times N_{\phi}$$

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

$$P_{\phi} = 2749313 * 128 = 351912064 \text{ грн.}$$

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

$$P'_{\phi} = \frac{P_{\phi}}{1 + \frac{\gamma}{100}} = \frac{351912064}{1 + \frac{12}{100}} = 314207200 \text{ грн.}$$

Збитки від зниження об'єму продаж та інфляції визначаються:

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

$$Y = 37704864 \text{ грн}$$

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:

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

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

$$P = 351912064 \text{ грн.}$$

Величина B визначається за формулою:

$$B = C_a \times N_p$$

$$B = 3199450 \times 135 = 296925750 \text{ грн.}$$

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:

$$\Pi = P - B$$

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

$$\Pi_p = 9897537 \text{ грн.}$$

Таким чином:

$$E_p = P - B - \Pi_{\text{пр}}$$

$$E_p = 45\,088\,777 \text{ грн}$$

4.7 Розрахунок точки безбитковості

Витрати на виготовлення виробу підрозділяються на умовно-постійні та змінні. До змінних відносяться втрати, 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:

$$V_{\text{од}} = 0,8 \times C_a$$

$$V_{\text{од}} = 0,8 \times 2000\,000 = 1\,759\,560 \text{ грн.}$$

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:

$$\Pi_{\text{од}} = 0,2 \times C_a$$

$$\Pi_{\text{од}} = 439\,890 \text{ грн}$$

Тоді:

$$\Pi_{\text{річ}}=439890 \times 135=59385150\text{грн.}$$

Таким чином:

$$C_{\text{од}}=1416000+\frac{72216000}{450}=1770000\text{грн.}$$

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:

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

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

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

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

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

Величину критичної програми можна визначити за формулою:

$$N_{\text{кр}} = \frac{\Pi_{\text{річ}}}{Ц_{\text{опт}} - V_{\text{од}}}$$

$$N_{кр} = \frac{59385150}{2749313 - 1759560} = 60$$

Приймаємо $N_{кр} = 60$ шт.

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

4.8 Стратегія маркетингу

Для гідроприводу DISAMATIC C3-250 доцільно використовувати стратегію вибіркового маркетингу.

Основними інструментами просування продукції є:

- участь у промислових виставках;
- технічний супровід замовників;
- гарантійне обслуговування;
- постачання запасних частин;
- модернізація існуючого обладнання.

4.9 Висновки

Проведені техніко-економічні розрахунки показали, що розроблений гідропривід формувальної машини DISAMATIC C3-250 є економічно доцільним для впровадження у виробництво. Собівартість одного виробу становить 2 199 450 грн, а оптова ціна реалізації — 2 749 313 грн. Річний економічний ефект складає 45,09 млн грн. Точка беззбитковості дорівнює 60 виробам на рік, що менше прогнозованого обсягу продажів. Це свідчить про високу економічну ефективність та достатній запас фінансової стійкості проєкту.

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 формувальної машини DISAMATIC C3-250. Дана установка належить до високопродуктивного ливарного обладнання та призначена для автоматизованого виготовлення піщаних форм методом вертикального ущільнення. Робота обладнання супроводжується дією значних механічних навантажень, високого тиску в гідросистемі та переміщенням рухомих вузлів, що потребує дотримання підвищених вимог безпеки праці.

Під час експлуатації машини DISAMATIC C3-250 на обслуговуючий персонал можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, серед яких:

- підвищений тиск робочої рідини в гідросистемі;
- рухомі частини формувальної установки;
- підвищений рівень шуму та вібрації;
- небезпека ураження електричним струмом;
- нагріті поверхні обладнання;
- можливі витіки гідравлічної оливи;
- запиленість повітря формувальною сумішшю.

Основними завданнями охорони праці є:

- створення безпечних та комфортних умов праці;
- попередження виробничого травматизму;
- зниження рівня професійних захворювань;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- контроль технічного стану обладнання;

- підвищення рівня промислової безпеки.

Особливу увагу при експлуатації формувальної машини DISAMATIC C3-250 необхідно приділяти безпечній роботі гідравлічної системи, оскільки робочий тиск може досягати 20–25 МПа. Руйнування трубопроводів, рукавів високого тиску або ущільнень може призвести до аварійних ситуацій та травмування персоналу.

Крім того, під час формування ливарних форм виникає підвищене пиловиділення кварцового піску, що потребує застосування ефективної вентиляції та систем очищення повітря.

5.2 Організація управління охороною праці на підприємстві

Управління охороною праці на підприємстві здійснюється відповідно до Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України та інших нормативно-правових актів у сфері промислової безпеки.

Роботодавець зобов'язаний забезпечити функціонування системи управління охороною праці, спрямованої на створення безпечних умов праці та попередження виробничого травматизму.

Основними обов'язками роботодавця є:

- організація навчання та перевірки знань працівників з питань охорони праці;
- проведення вступного, первинного та повторного інструктажів;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- контроль технічного стану гідравлічного та електричного обладнання;
- організація планово-попереджувальних ремонтів;
- проведення медичних оглядів персоналу;
- забезпечення пожежної та електробезпеки.

Працівники, які обслуговують установку DISAMATIC C3-250, повинні проходити спеціальне навчання та допускатися до роботи лише після перевірки знань правил безпечної експлуатації гідравлічного обладнання.

До структури управління охороною праці на підприємстві входять:

- керівник підприємства;
- служба охорони праці;
- головний механік;
- головний енергетик;
- начальник ливарного цеху;
- оператори та ремонтний персонал формувальної лінії.

Ефективне функціонування системи управління охороною праці дозволяє мінімізувати ризик виникнення аварійних ситуацій, забезпечити безперервну роботу обладнання та підвищити загальний рівень виробничої безпеки.



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 5.1 – 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 безпека	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 ІІа.

Оптимальні параметри мікроклімату наведені у таблиці 9.2.

Таблиця 5.2 – 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;
- витіки гідравлічної оливи.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно:

- встановлювати порошкові та вуглекислотні вогнегасники;
- обладнати приміщення пожежною сигналізацією;
- виконувати регулярний контроль стану електромереж;
- своєчасно усувати витoki 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 дослідження гідроприводу формувальної машини DISAMATIC C3-250, призначеної для автоматизованого виготовлення ливарних форм у серійному та масовому виробництві. Проведений аналіз конструкції та принципу роботи установки показав, що ефективність технологічного процесу значною мірою залежить від надійності та енергетичної ефективності гідравлічної системи.

У першому розділі роботи проведено аналіз сучасних формувальних машин та гідравлічних систем ливарного виробництва. Розглянуто конструктивні особливості установки DISAMATIC C3-250, її технічні характеристики та принцип функціонування. Виконано аналіз науково-технічної літератури та сучасних напрямів розвитку гідроприводів промислового обладнання.

У другому розділі розроблено принципову гідравлічну схему установки та виконано розрахунок основних параметрів гідроприводу. Визначено робочий тиск системи, витрату робочої рідини, параметри насосної установки та силового гідроциліндра. Проведено вибір гідроапаратури, розрахунок трубопроводів і втрат тиску в системі. Результати розрахунків підтвердили працездатність розробленої гідросистеми та її відповідність вимогам технологічного процесу.

Під час розрахунку гідроциліндра встановлено, що при робочому тиску 25 МПа максимальне зусилля становить близько 635 кН, що забезпечує необхідні параметри формування. Проведена перевірка на міцність та поздовжню стійкість показала достатній запас надійності основних елементів конструкції. Коефіцієнт запасу стійкості штока перевищує нормативні значення, що гарантує безпечну та довговічну експлуатацію обладнання.

У економічному розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проєкту. Визначено собівартість та оптову ціну гідроприводу, проведено оцінку ринку збуту та виробничих ризиків. Розраховано річний економічний

ефект, який становить 45,09 млн грн, а точка беззбитковості дорівнює 60 виробам на рік. Отримані результати свідчать про економічну доцільність впровадження розробленого гідроприводу у виробництво.

У розділі охорони праці та навколишнього середовища розглянуто небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для експлуатації установки DISAMATIC C3-250. Запропоновано заходи щодо забезпечення безпечних умов праці, пожежної безпеки, електробезпеки та захисту навколишнього середовища. Особливу увагу приділено питанням безпечної експлуатації гідросистем високого тиску та очищення повітря від пилу формувальної суміші.

Таким чином, поставлені у роботі завдання повністю виконані, а мета дослідження досягнута. Розроблений гідропривід формувальної машини DISAMATIC C3-250 забезпечує необхідні силові та експлуатаційні характеристики, відповідає вимогам надійності, безпеки та економічної ефективності. Отримані результати можуть бути використані під час модернізації існуючого обладнання ливарних підприємств та при проектуванні нових автоматизованих формувальних ліній.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Пелевін Л. Є., Міщук Д. О., Рашківський В. П., Горбатюк Є. В., Аржаєв Г. О., Красніков В. Ф. Гідравліка, гідромашини та гідропневмоавтоматика. Київ : КНУБА, 2015. 340 с.
2. Кузнецов С. В. Гідравлічні та пневматичні системи автоматичного керування. Київ : Либідь, 2019. 352 с.
3. Самородов В. Б., Козлов В. Є. Гідравлічні приводи та засоби автоматизації. Харків : НТУ «ХП», 2018. 412 с.
4. Губарев О. П., Ганпанцурова О. С., Д'яконова Н. С., Космина А. Ю. Гідропривод з пружно-гідравлічним дозуванням рідини. Вісник НТУ «ХП». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. 2018. № 17(1293). С. 25–33.
5. Нагорний В. І. Математичне моделювання динаміки пропорційних гідророзподільників. Київ : НТУУ «КП», 2018. 126 с.
6. Гамынин Н. С., Карпенко А. И. Гидравлический привод систем автоматизации. Київ : Техніка, 1986. 248 с.
7. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика : навчальний посібник / за ред. В. О. Федоренка. Київ : Вища школа, 2017. 528 с.
8. Гідравліка і гідропривод машин : навчальний посібник. Львів : Новий Світ–2000, 2020. 384 с.
9. Черкашенко М. В., Гасюк О. І. Гідравлічні системи керування енергетичними установками. Вісник НТУ «ХП». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. 2022. № 1. С. 15–24.
10. ДСТУ ISO 1219-1:2018. Гідроприводи та пневмоприводи. Графічні позначення та схеми. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.
11. Закон України «Про охорону праці» № 2694-ХІІ від 14.10.1992 р.
12. Закон України «Про відходи» № 187/98-ВР від 05.03.1998 р.
13. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

14. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. Харків : Форт, 2017. 760 с.
15. ДСН 3.3.6.037-99 Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Київ : МОЗ України, 1999.
16. Esposito A. Fluid Power with Applications. 7th ed. New Jersey : Pearson Education, 2014. 528 p.
17. Merritt H. E. Hydraulic Control Systems. New York : John Wiley & Sons, 1967. 358 p.
18. Blackburn J. F., Reethof G., Shearer J. L. Fluid Power Control. Cambridge : MIT Press, 1960. 820 p.
19. Rydberg K. E. Hydraulic Servo Systems: Modelling, Identification and Control. Linköping University, 2013. 324 p.
20. Ivantysyn J., Ivantysynova M. Hydrostatic Pumps and Motors: Principles, Design and Control. New Delhi : Academic Books International, 2001. 800 p.
21. Majumdar S. R. Oil Hydraulic Systems: Principles and Maintenance. New Delhi : McGraw-Hill Education, 2017. 384 p.
22. Eaton Corporation. Hydraulic Handbook. Eden Prairie : Eaton, 2021. 784 p.
23. Bosch Rexroth AG. Hydraulic Trainer. Volume 1: Fundamentals of Hydraulics. Lohr am Main : Bosch Rexroth AG, 2022. 612 p.
24. Parker Hannifin Corporation. Hydraulic Technology Handbook. Cleveland : Parker Hannifin, 2021. 568 p.
25. Radu-Iulian Rădoi, Blejan M., Ilie I., Tudor B.-A. Intelligent module for monitoring proportional directional valves in hydraulic drive systems. Mining Machines. 2021. Vol. 39, No. 1. P. 28–35. DOI: 10.32056/KOMAG2021.1.3.
26. Zhang M. Sensor-based feedback systems for high-response hydraulic distributors. Mechanical Systems and Signal Processing. 2023. Vol. 198. P. 110–118.

27. ISO 4413:2010. Hydraulic fluid power – General rules and safety requirements for systems and their components. Geneva : ISO, 2010. 78 p.
28. ISO 5598:2020. Fluid power systems and components – Vocabulary. Geneva : ISO, 2020. 56 p.
29. ISO 10770-1:2009. Hydraulic fluid power – Electrically modulated hydraulic control valves – Part 1: Test methods. Geneva : ISO, 2009. 24 p.
30. DISA Industries A/S. DISAMATIC C3 Vertical Moulding Technology. Taastrup, Denmark : DISA Industries, 2023. 56 p.