

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**ГІДРОПРИВОД МОБІЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ВАНТАЖНО-
РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ**
МКР.08-26.001.00.000.ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи ІПМ-21м
спеціальності 131 – Прикладана механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

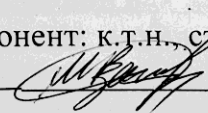

Бакалсйнік Н.Д.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ


Лозінський Д.О.
(прізвище та ініціали)

« 09 » 12 2022 р.


Опонент: к.т.н., ст. викл. каф. АТМ


Митко М.В.
(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ


д.т.н., проф. Козлов Л.Г.
(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2022 р.

Вінниця ВНТУ - 2022 рік

Вінницький національний технічний університет
 Факультет Машинобудування та транспорту
 Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування
 Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
 Галузь знань – 13-Механічна інженерія
 Спеціальність – 131 – Прикладна механіка
 Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

10 жовтня 2022 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бакалейнику Натану Дмитровичу

і(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Гідропривод мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт
керівник роботи Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент
затверджені наказом вищого навчального закладу від 15.09.2022 року № 205-А
2. Строк подання студентом роботи 19 грудня 2022 року
3. Вихідні дані до роботи: Номінальний тиск в гідроприводі 1...15 МПа, забезпечення можливості герметизації порожнин робочих органів, забезпечення можливості пропорційного керування потоками номінальний потік $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
4. Зміст текстової частини: 1 Огляд схем гідроприводів мобільних машин для вантажно - розвантажувальних операцій. 2 Розробка гідравлічної схеми мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт. 3 Розрахункова схема та математична модель гідросистеми. 4 Розрахунок робочих процесів в гідросистемі маніпулятора мобільних машин. 5 Економічна частина. 4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях
5. Перелік ілюстративного матеріалу
мета та задачі роботи; огляд типових мобільних машин для вантажно-розвантажувальних робіт; гідравлічна схема мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт; розрахункова модель мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт; математична модель; дослідження статичних та динамічних характеристик; перехідні процеси в гідроприводі; висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	К.т.н., доц. Лозінський Д.О.,	10.10.22р	08.12.22р.
Економічна частина	К.т.н., проф. Лесько О.І.	14.11.22р	12.12.22р.
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.	14.11.22р	12.12.22р.

7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Пр мп
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	15.10.2022р.	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	22.10.2022р.	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	25.10.2022р.	
4	Розв'язання поставлених задач	02.11.2022р.	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	05.12.2022р.	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	12.12.2022р.	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	12.12.2022р.	
8	Перевірка роботи на плагіат	12.12.2022р.	
9	Попередній захист МКР	14.12.2022р.	
10	Нормоконтроль МКР	16.12.2022р.	
11	Рецензування МКР	16.12.2022р.	
12	Захист МКР		

Студент

(підпис)

Бакалейнік Н.Д.

Керівник роботи

(підпис)

Лозінський Д.О.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	6
ABSTRACT.....	7
ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД СХЕМ ГІДРОПРИВОДІВ МОБІЛЬНИХ МАШИН ДЛЯ ВАНТАЖНО - РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ.....	12
1.1 Огляд схем гідроприводів мобільних машин.....	12
1.2 Висновки до розділу.....	23
2 РОЗРОБКА ГІДРАВЛІЧНОЇ СХЕМИ МОБІЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ.....	25
2.1 Розробка гідравлічної схеми приводу мобільної машини для вантажно- розвантажувальних робіт.....	25
2.2 Висновки до розділу.....	26
3 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГІДРОСИСТЕМИ.....	27
3.1 Розрахункова схема гідроприводу мобільної машини для вантажно- розвантажувальних робіт.....	27
3.2 Математичне моделювання гідроприводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт.....	28
3.3 Висновки до розділу.....	34
4 РОЗРАХУНОК РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ В ГІДРОСИСТЕМІ МАНІПУЛЯТОРА МОБІЛЬНИХ МАШИН.....	35
4.1 Обробка математичної моделі.....	35
4.2 Розрахунок динамічних характеристик гідросистеми маніпулятора мобільних машин.....	35
4.3 Висновки до розділу.....	44
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	45
5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	45
5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	47

	5
5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	50
5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування.....	50
5.5 Виявлення основних конкурентів.....	50
5.6 Обрання методу ціноутворення.....	51
5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	52
5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	54
5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	55
5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки	61
5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності	63
5.12 Висновки до розділу.....	66
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	67
6.1 Технічні рішення з безпечного виконання робіт.....	67
6.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	69
6.3 Склад сил та засобів ЦЗ об'єкта.	75
ВИСНОВКИ.....	79
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	81
ДОДАТКИ.....	84
Додаток А. Ілюстративна частина	
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність	
текстових запозичень	

АНОТАЦІЯ

УДК 621.22

Бакалейнік Н.Д. Гідропривод мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – прикладна механіка. Вінниця ВНТУ, 2022, 83с.

На укр. мові. Бібліограф.: 25 назв; рис. 26; табл. 14.

У магістерській кваліфікаційній роботі представлено розробку гідравлічного приводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних операцій.

В роботі проведено огляд схем гідроприводів та розподільної апаратури та визначити тенденції їх розвитку та напрямки вдосконалення. На основі проведеного аналізу запропоновано принципову схему гідроприводу приводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних операцій. Розроблено розрахункову схему та математичну модель для дослідження перехідних процесів у гідроприводі. Розрахунок математичної моделі виконано на основі програмного засобу MATLAB-Simulink. Проведені дослідження статичних та динамічних характеристик. Розроблено рекомендації щодо вибору конструктивних параметрів для покращення статичних та динамічних характеристик.

В роботі встановлено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на модернізацію ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення. Також розглянуті питання охорони праці, безпеки життєдіяльності та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: гідропривод, мобільна машина, керований зворотний клапан, статичні та динамічні характеристики.

ABSTRACT

UDC 621.22

Bakalieinik N.D. Hydraulic drive of a mobile machine for loading and unloading operations. Master's qualification thesis on specialty 131 - applied mechanics. Vinnytsia VNTU, 2022, 83 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 25 titles; Fig. 26; table 14.

The master's thesis presents the development of a hydraulic drive of a mobile machine for loading and unloading operations.

In the work, an overview of the schemes of hydraulic drives and distribution equipment was carried out and the trends of their development and directions of improvement were determined. Based on the analysis, a schematic diagram of the hydraulic drive of the mobile machine for loading and unloading operations is proposed. A calculation scheme and a mathematical model for the study of transient processes in the hydraulic drive have been developed. The calculation of the mathematical model was performed on the basis of the MATLAB-Simulink software tool. Conducted studies of static and dynamic characteristics. Recommendations for the selection of design parameters to improve static and dynamic characteristics have been developed.

The work establishes the commercial potential of the research and calculates the estimate of capital costs for the modernization of the mechanical processing department, as well as evaluates the economic efficiency of the innovative solution. Issues of labor protection, life safety and safety in emergency situations were also considered.

Key words: hydraulic drive, mobile machine, controlled check valve, static and dynamic characteristics.

ВСТУП

Гідропривод - це невід'ємна ланка виробництва де необхідно працювати з порівняно великими навантаженнями оскільки він забезпечує досить значні показники потужності при невеликих енергетичних та масових витратах.

Гідропривод є складовою частиною багатьох мобільних машин, зокрема тих, які виконують вантано-розвантажувальні роботи. Особливістю таких машин є робота зі значними навантаженнями, необхідність плавного та відносно точного маніпулювання вантажами там можливість їх утримування протягом певного періоду часу [1, 2].

В даний час в багатьох таких машинах, особливо вітчизняного виробництва застосовуються не досить сучасне гідравлічне обладнання, що призводить до погіршення якості роботи таких машин та підвищено витрати енергії. Завдяки покращенню характеристик елементів приводу можна досягти зменшення вищезгаданих недоліків

Актуальність теми.

Тенденція до мінімізації енерговитрат із покращенням робочих характеристик є сучасним трендом розробки будь-якого обладнання. На перших етапах розвитку гідроприводів панували, в розподільні елементи релейного типу, в основному, з ручним керуванням. Основними недоліками таких систем була складність, металоемність, складність точного позиціонування та значні енергетичні втрати в режимах роботи з малими переміщеннями робочих органів, ускладнена процедура контролю параметрів роботи, тощо.

З початком впровадження засобів електроніки та мехатроніки для гідроприводів вдалося забезпечити покращення якісних параметрів роботи, застосовувати дистанційне керування робочими органами, а також виконувати контроль параметрів системи для раціоналізації параметрів її роботи. У ВНТУ завдання розробки та покращення характеристик енергоощадних приводів

присвячені роботи Немировським І.А., Козлова Л.Г., Буреннікова Ю.А., Дерібо О.В. та ін. [3 -5].

Поступовий розвиток мобільних машин на основі гідроприводу, де потрібно забезпечувати надійну фіксацію робочого органу в певному положенні (наприклад в навантажувачах при підніманні вантажу) потребує і розвитку відповідного розподільного та іншого обладнання.

Зв'язок роботи з державними науковими програмами, планами, темами. Магістерську роботу виконано відповідно до науково-дослідної тематики кафедри «Технологія та автоматизація машинобудування» (ТАМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) згідно з науково-дослідною роботою кафедри №17К2/14 «Розробка, дослідження та покращення характеристик енергоощадних гідроприводів технологічних та мобільних машин» (2017-2023 рр.).

Метою роботи є розробка гідравлічного приводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних операцій.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- виконати огляд схем гідроприводів та розподільної апаратури та визначити тенденції їх розвитку та напрямки вдосконалення.
- Запропонувати принципову схему гідроприводу мобільної машини для виконання вантажно-розвантажувальних операцій.
- Розробити математичну модель гідроприводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних операцій.
- Виконати розрахунок математичної моделі на основі програмного засобу MATLAB-Simulink.
- Розрахувати статичні та динамічні характеристики гідроприводу мобільної машини для виконання вантажно-розвантажувальних операцій.
- Розробити рекомендації щодо вибору конструктивних параметрів для покращення статичних та динамічних характеристик
- провести розрахунок та аналіз економічної доцільності виготовлення деталі;

- провести аналіз умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – гідропривод мобільної машини для вантажно-розвантажувальних операцій.

Предмет дослідження – робочі процеси в гідроприводі мобільної машини для вантажно-розвантажувальних операцій.

Методи дослідження. Методи аналітичного та імітаційного моделювання, математичне моделювання перехідних процесів в гідроприводі з урахуванням конструктивних особливостей розподільчої апаратури і режимів роботи на основі нелінійних диференціальних рівнянь з використанням числових методів їх розв'язання за допомогою програми Simulink пакету MatLab для визначення в аналітичній і графічній формі основних динамічних та статичних характеристик.

Наукова новизна одержаних результатів:

- отримала подальший розвиток методика розробки гідроприводів для мобільних машин з відповідними характеристиками за рахунок провадження відповідних схем та вибору раціональних конструктивних параметрів.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблено принципову схему гідроприводу мобільної машини для виконання вантажно-розвантажувальних операцій.

2. Розроблено розрахункову схему гідроприводу мобільної машини для виконання вантажно-розвантажувальних операцій.

3. Розроблено математичну модель гідроприводу мобільної машини для виконання вантажно-розвантажувальних операцій.

4. Сформульовано практичні рекомендації щодо вибору конструктивних параметрів, які дозволяються покращити статичні та динамічні характеристики.

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень по розробленій моделі отримані автором самостійно. Мета та завдання досліджень, схема гідроприводу узгоджені з науковим керівником. В працях, що

опубліковані у співавторстві автору належать: виконано розрахунки основних показників, що характеризують роботу гідроприводу.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи розглядались на науково-технічній конференції "Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023)" у ВНТУ 2023р., м. Вінниця.

Публікації. Матеріал магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано у 1 – тезі доповідей регіональної конференції [7].

1 ОГЛЯД СХЕМ ГІДРОПРИВОДІВ МОБІЛЬНИХ МАШИН ДЛЯ ВАНТАЖНО - РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

1.1 Огляд схем гідроприводів мобільних машин

Мобільні робочі машини є невід'ємною частиною великих та малих підприємств та виконують різноманітні види робіт. У випадках де потрібно працювати з порівняно великими навантаженнями такі мобільні машини оснащуються гідроприводом, оскільки саме гідропривод має порівняно невеликі розміри та забезпечує роботу зі значними навантаженнями [1, 2].

Окремо серед мобільних машин можна виділити машини, які працюють з вантажами: фронтальні навантажувачі, краноманіпуляторні установки, екскаватори з навісним обладнанням для підняття вантажів, тощо (рис. 1.1).



Рисунок 2.1 - Загальний вигляд фронтального навантажувача

Оскільки одними із основних вимог, що висуваються до приводів даних машин є забезпечення керованості вантажу та стійкість його положення під час

виконання маніпуляцій, це зумовлює високі вимоги до герметичності порожнин гідроциліндрів під час утримання вантажу [6].

Гідроприводи таких машин повинні мати можливість працювати декількома робочими органами одночасно, забезпечувати стабільне положення вантажів під час виконання маніпуляцій, утримувати вантаж у вказаному положенні протягом певного періоду часу, тощо. Окрім того бажано забезпечити точність та плавність переміщень робочих органів та мінімізацію енергетичних витрат, що наразі є досить актуальною задачею [7].

Зазначені вимоги в різній степені задовольняються вітчизняними та зарубіжними виробниками.

Розглянемо гідророзподільник фірми BOSCH, гідравлічна схема якого представлена на рис. 1.2. [8]. Схема включає дві секції 1 та 2, переливну секцію 3, та секцію зливу 4. Переливна секція включає запобіжний 5 та переливний 6 клапани. Кожна з робочих 1 та 2 секцій включає розподільні золотники 7 та 8, регулятори потоку 9 та 10, гідро замки 11, 12 та 13, 14 і побічні клапани 15 та 16 відповідно. Зливна секція 4 включає фільтр 17 та реле тиску 18.

Працює схема наступним чином. При відсутності сигналу управління на розподільних золотниках 7 та 8 вони знаходяться в нейтральних позиціях, що показані на рисунку. При цьому робоча рідина від насоса поступає на злив при величині тиску 4 бар.

При підключенні споживачів розподільні золотники переводяться в одну із робочих позицій і робоча рідина від насоса буде поступати до гідродвигунів через регулятори потоків, розподільні золотники та гідрозамки. Система логічних клапанів забезпечує подачу до переливного клапана сигналу тиску, що пропорційний найбільшому з навантажень на гідродвигунах. Схема забезпечує регулювання величини потоку до кожного із гідродвигунів за рахунок подачі сигналу управління на електромагніти розподільних золотників.

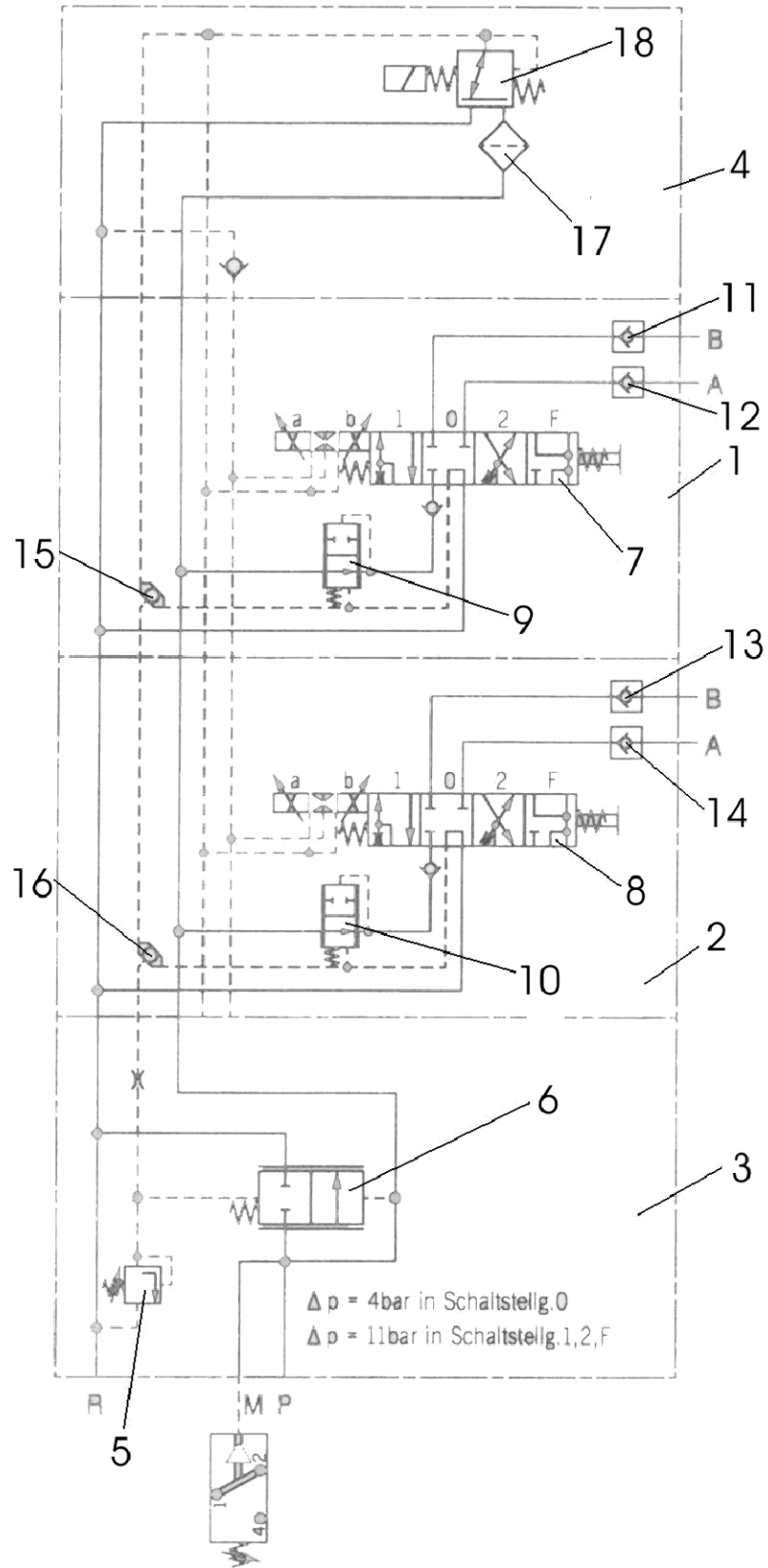


Рисунок 1.2 – Гідрравлічна схема гідророзподільника фірми BOSCH

На рис. 1.3 зображена схема електрогідравлічного розподільника клапанного типу [9]. Він складається пропорційних клапанів 1, 2, 3, 4, які керуються від блоку управління 7. Клапани 1, 2, з'єднані гідролініями із регульованим насосом 8, а пропорційні клапани 3, 4 з'єднані із зливом. Запобіжні клапани 5, 6 служать для захисту системи від перевантажень при різкому збільшенні тиску в гідросистемі. Працює гідро розподільник таким чином: рідина від насоса 8, проходить через логічний клапан 10, далі через клапана 1 або ж 2 до гідроліній, що зв'язані із гідроциліндром. Пропорційні клапана 3, 4 можуть регулювати потік, що буде надходити до гідроциліндра з'єднуючи лінії 9 та 11 із зливом. Перевагою такого розподільника є незалежність роботи клапанів 1, 2, 3, 4, що дозволяє точніше керувати переміщенням виконавчих органів (в даному випадку гідроциліндра). Недоліком є складність виготовлення агрегату через велику кількість управляючих елементів.

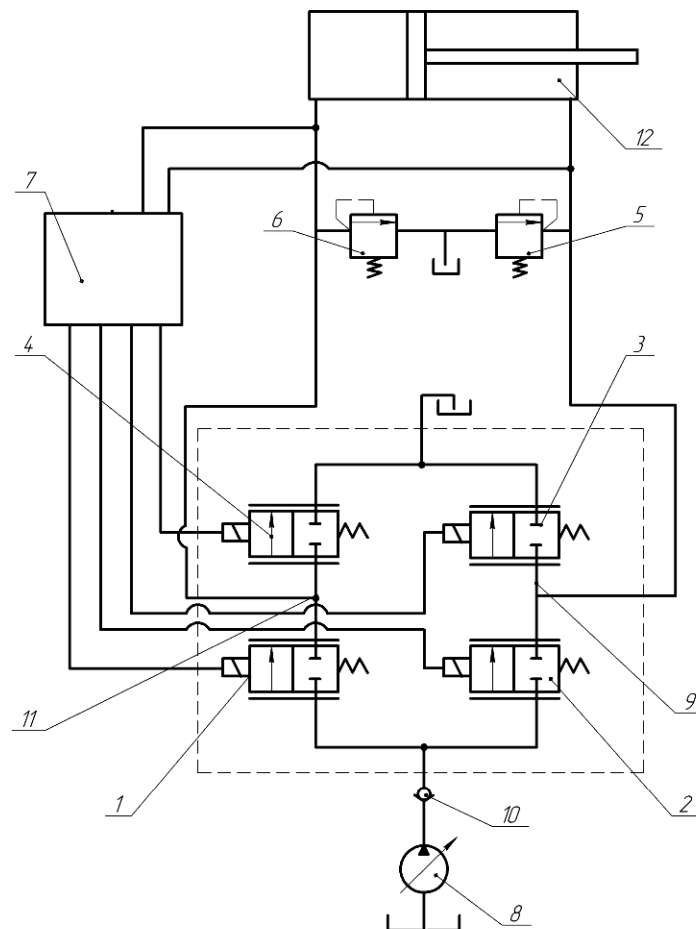


Рисунок 1.3 - Схема електрогідравлічного розподільника клапанного типу

На рис. 1.4 представлена схема двозолотникової електрогідравлічної системи керування [10]. Вона складається із регульованого насоса 1, двох золотників 2, 3, які переміщуються під дією пропорційних електромагнітів 4, 5, логічних клапанів 6, 7 та золотника 8. Дана система працює таким чином: робоча рідина від насоса 1 надходить до гідро циліндра 9 через управляючі золотники 3, 4. Потік робочої рідини надходить до обох торців золотника 8, від якого рідина із більшим тиском поступає до регулятора насоса, таким чином керуючи роботу регулятора насоса. Перевагою даної схеми є порівняно висока герметичність порожнин робочих органів за рахунок використання логічних клапанів 6, 7.

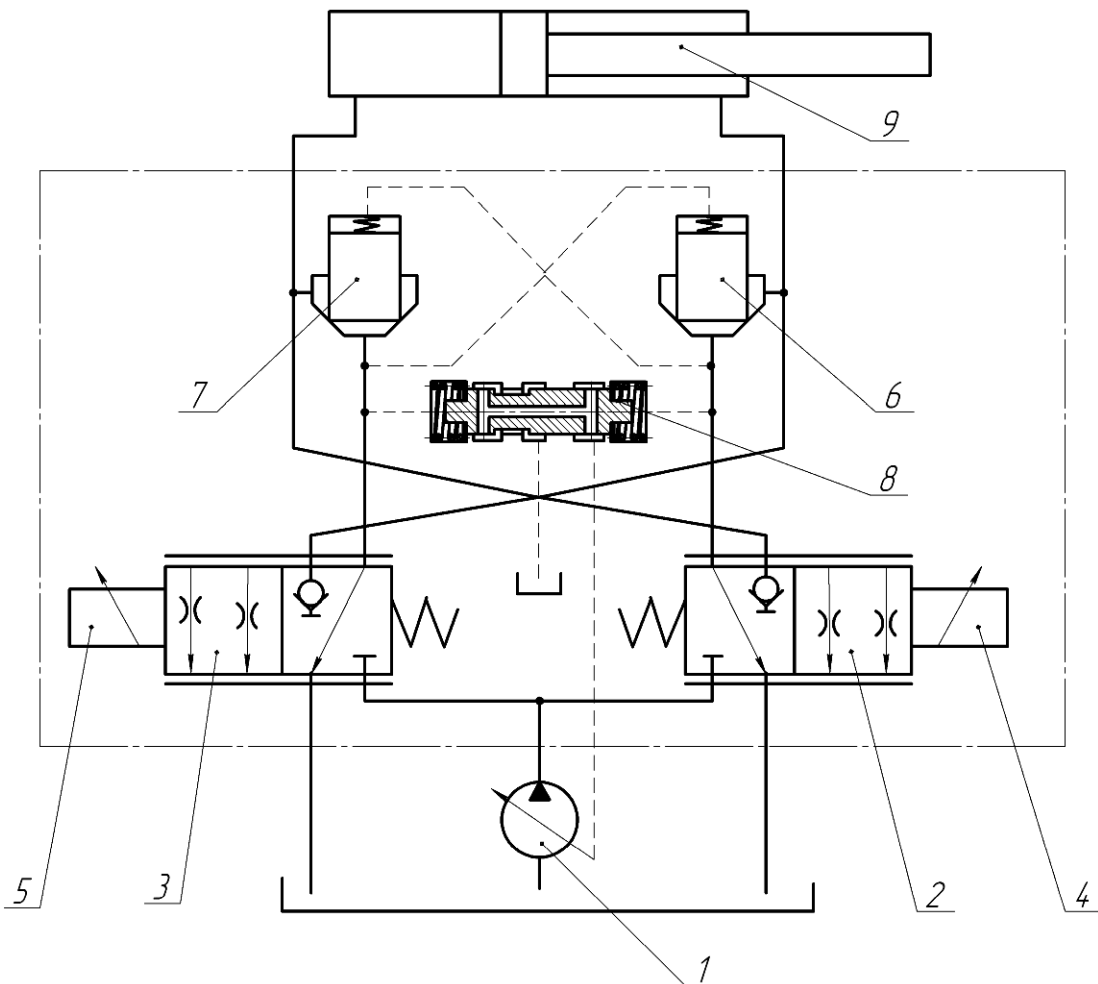


Рисунок 1.4 - Схема двозолотникової електрогідравлічної системи керування

Наявність регуляторів потоку забезпечує стабілізацію величини потоку до кожного з гідро двигунів незалежно від величини навантаження на них.

Конструкція гідророзподільника дозволяє оптимізувати регулювання потоку для роботи с несиметричними виконавчими гідродвигунами.

Застосування вбудованої електронної схеми керування і датчиків положення обох каскадів забезпечує керування от малопотужного сигналу.

На рис. 1.5 представлена схема електрогідравлічного розподільника фірми Hawe Hydraulik для підйомних пристроїв [11].

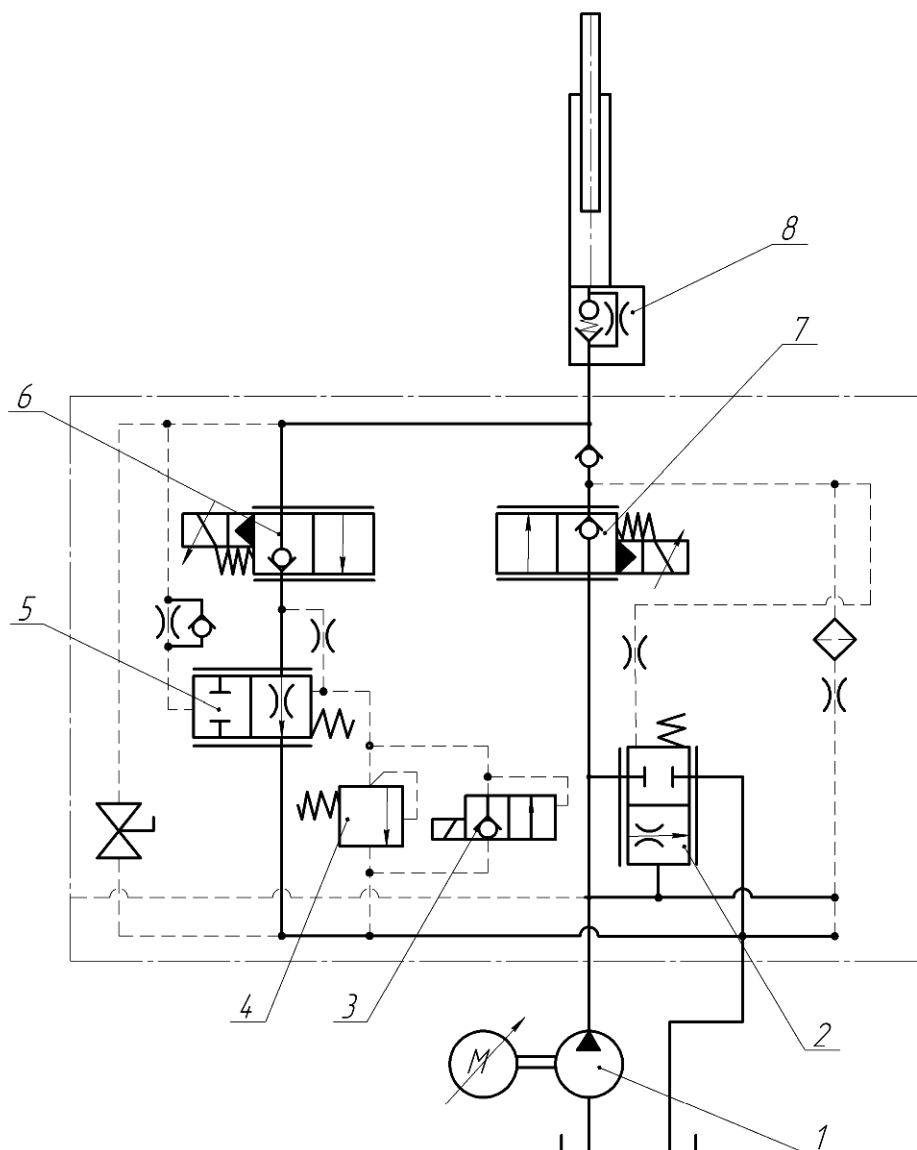


Рисунок 1.5 - Схема електрогідравлічного розподільника фірми Hawe Hydraulik для підйомних пристроїв

Він складається із клапанів управління 2, 3, 5, 6, 7, насосу 1 запобіжного клапана 4 та ін. Особливістю даної схеми є висока герметичність завдяки наявності в ній логічних клапанів та клапанів із логічними елементами. Також одним із важливих плюсів схеми є її велика надійність завдяки дублюванню основних керуючих елементів (це дозволяє зберегти працездатність системи навіть при виході із ладу певного із них)

На рис. 1.6 представлена гідравлічна схема двозолотникового електрогідравлічного розподільника для гідроприводів чутливих до навантаження [12]. Працює він таки чином: робоча рідина від регульованого насоса 1 поступає по гідролініям 10, 11 до золотників 2 та 3 із електромагнітами 7, 9, які в свою чергу керують подальшим рухом рідини в залежності від режиму роботи. Логічні клапани 4, 5 забезпечують герметизацію рідини в робочих порожнинах гідроциліндра 6. Відкриття логічних клапанів для з'єднання робочих порожнин гідроциліндра 6 із зливною лінією 12 відбувається за допомогою ліній управління 13, 14. Перевагою схеми є чутливість до навантаження, яке забезпечується клапанами 9 та лінією управління 16, дана особливість дозволяє значно скоротити непродуктивні витрати енергії насоса 1. Недоліком даного розподільника є відсутність пропорційного управління потоком рідини.

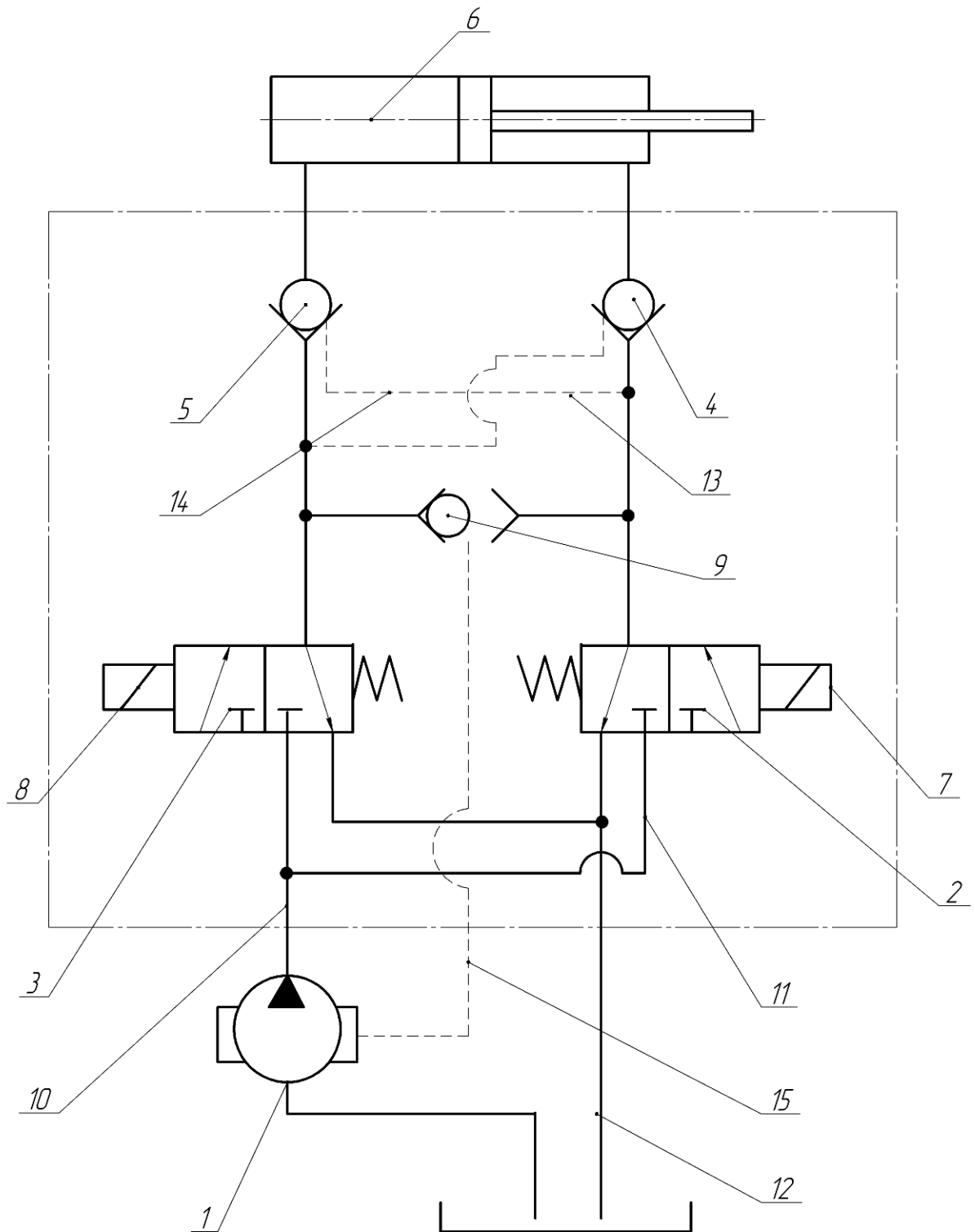


Рисунок 1.6 - Схема двозолотникового електрогідравлічного розподільника для гідроприводів чутливих до навантаження

На рис. 1.7 зображено схему гідророзподільника для кранової установки [13]. Вона складається із насосів 1, 2, основного золотника 3, клапанів 4, 5, логічних клапанів 6, 7 та циліндра 8. Особливістю схеми є наявність логічних клапанів, які

забезпечують герметизацію робочих порожнин гідроциліндра 8, також клапанів 4, 5, що забезпечують роботу системи в «переливному» та «закритому» режимах. Недоліком її є потреба у двох джерелах живлення системи.

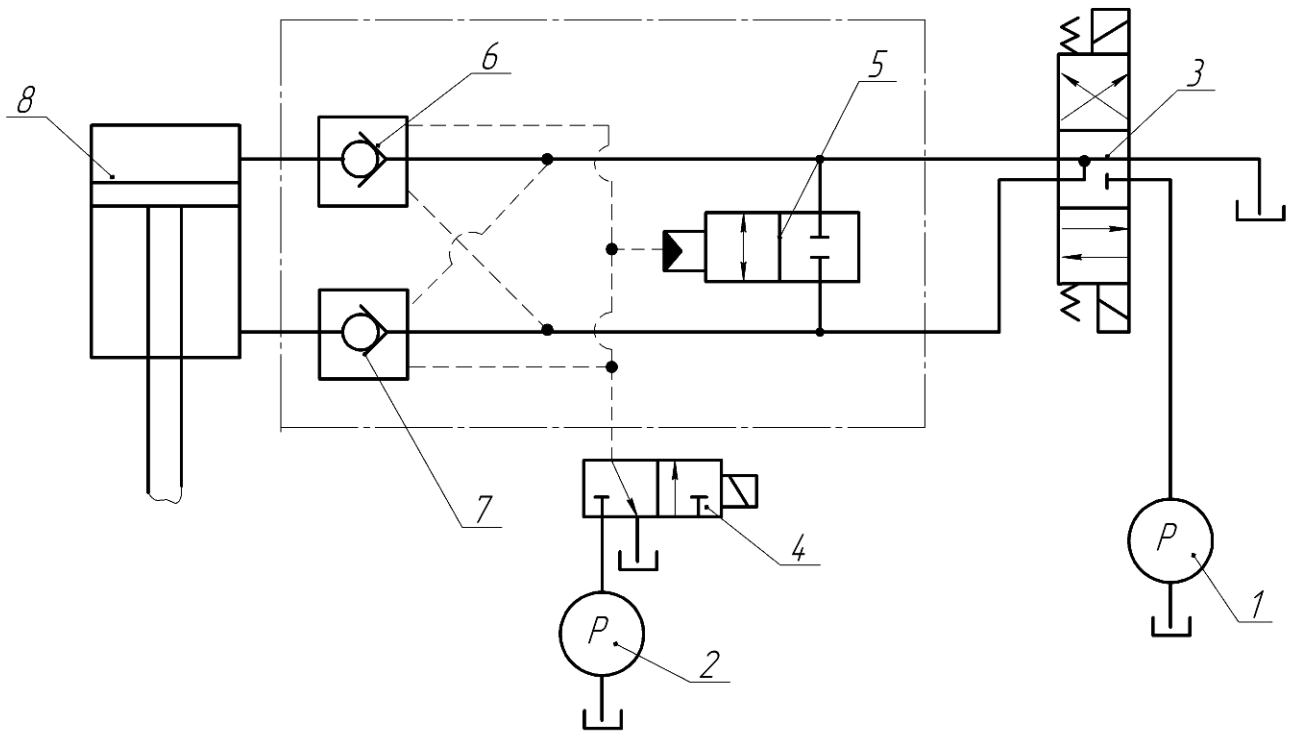


Рисунок 1.7 - Схема гідророзподільника для кранової установки

На рис. 1.8 представлена схема електрогідравлічного розподільника [14]. Вона складається із регульованого насоса 1, клапанів 2, 3 та 4, 5. Гідророзподільник працює таким чином: робоча рідина від насоса 1 надходить через клапан 11 до клапанів 2, 3 та логічних клапанів 7, 6 і далі до гідроциліндра. Клапан 8 забезпечує захист системи від підвищення тиску. Логічні клапани 6, 7 пропускаючи рідину тільки в одному напрямі забезпечують злив рідини через клапани 4, 5. Клапан 9 призначений для отримання сигналу управління, який надходить регульованого насоса 1. Особливістю даної схеми є наявність декількох автономних органів керування, що дозволяє покращити регулювання роботи гідророзподільника. Недоліком схеми є її складність та велика насиченість конструктивними елементами.

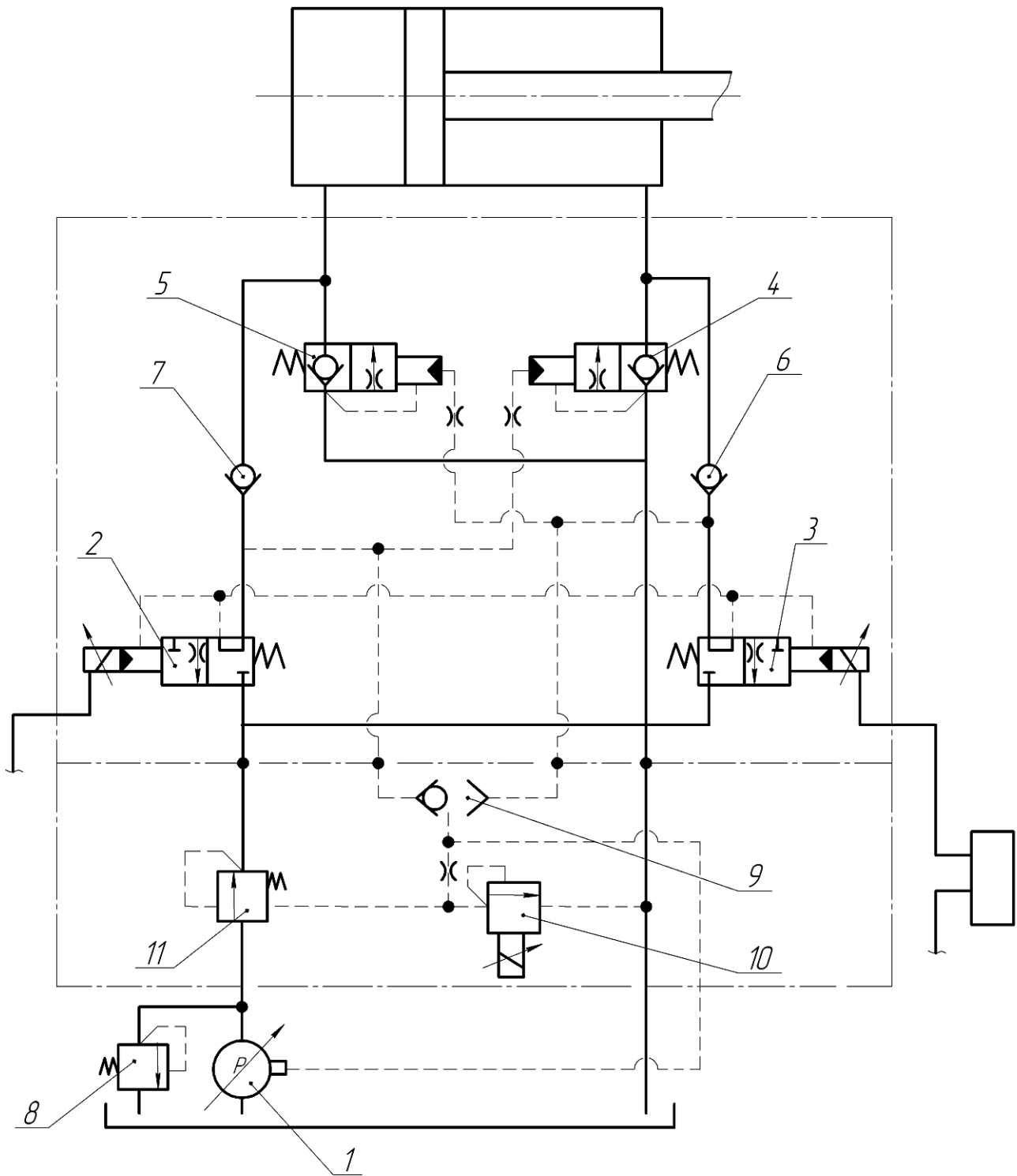


Рисунок 1.8 - Схема електрогідравлічного розподільника

Гідравлічна система зображеного на рисунку 1.9 навантажувача включає: гідравлічні клапани 11, зворотні клапани 12, дроселі зі зворотним клапаном 14, гідравлічний амортизатор 15, гідравлічні замки 16, фільтр із переливним клапаном 19.

Принцип роботи схеми наступний. Нерегульований насос 2 подає робочу рідину з бака 1 до секційного розподільника 3. Утримання робочого органу під навантаженням певний період часу здійснюється за рахунок застосування зворотних клапанів в парі із з дросельними елементами або ж окремо.

Така реалізація забезпечує утримання робочого органу, проте потребує керувального сигналу з іншого циліндру, також одним із основних недоліків даної схеми є відсутність пропорційного керування, що знижує керованість вантажу.

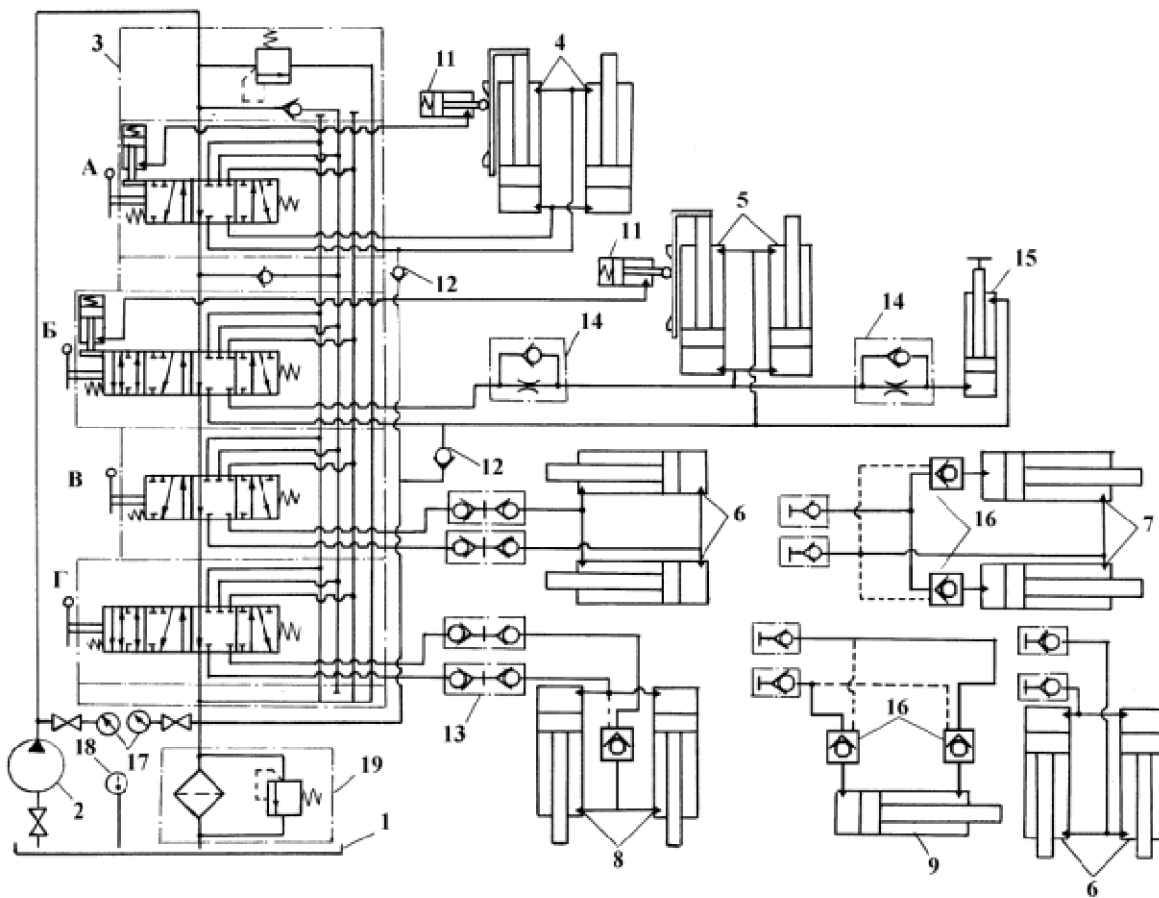


Рисунок 1.9 - Гідравлічна схема фронтального навантажувача

Гідравлічний привід робочого обладнання навантажувача забезпечує піднімання та опускання стрілки та роботу затискача [15]. Гідравлічна схема колісного лісового навантажувача (рис. 1.10) включає: бак 1, подвоєний нерегульований насос 2, секційний розподільник 3, гідравлічні циліндри 4 -7, дроселі 8 зі зворотними клапанами та інші. Принцип роботи наступний: насоси 2 постачають

робочу рідину до розподільчої секції. Розподільники А, Б, В, Г забезпечують контроль переміщень робочих циліндрів. Швидкість опускання стріли забезпечується дроселем 8, тоді як прямий потік може пройти через зворотній клапан дроселя 8.

Схема не забезпечує пропорційного керування та має значні непродуктивні втрати за рахунок того, що переливна секція може повертати рідину в бак під значним перепадом тисків (у випадку невеликих швидкостей руху робочих циліндрів).

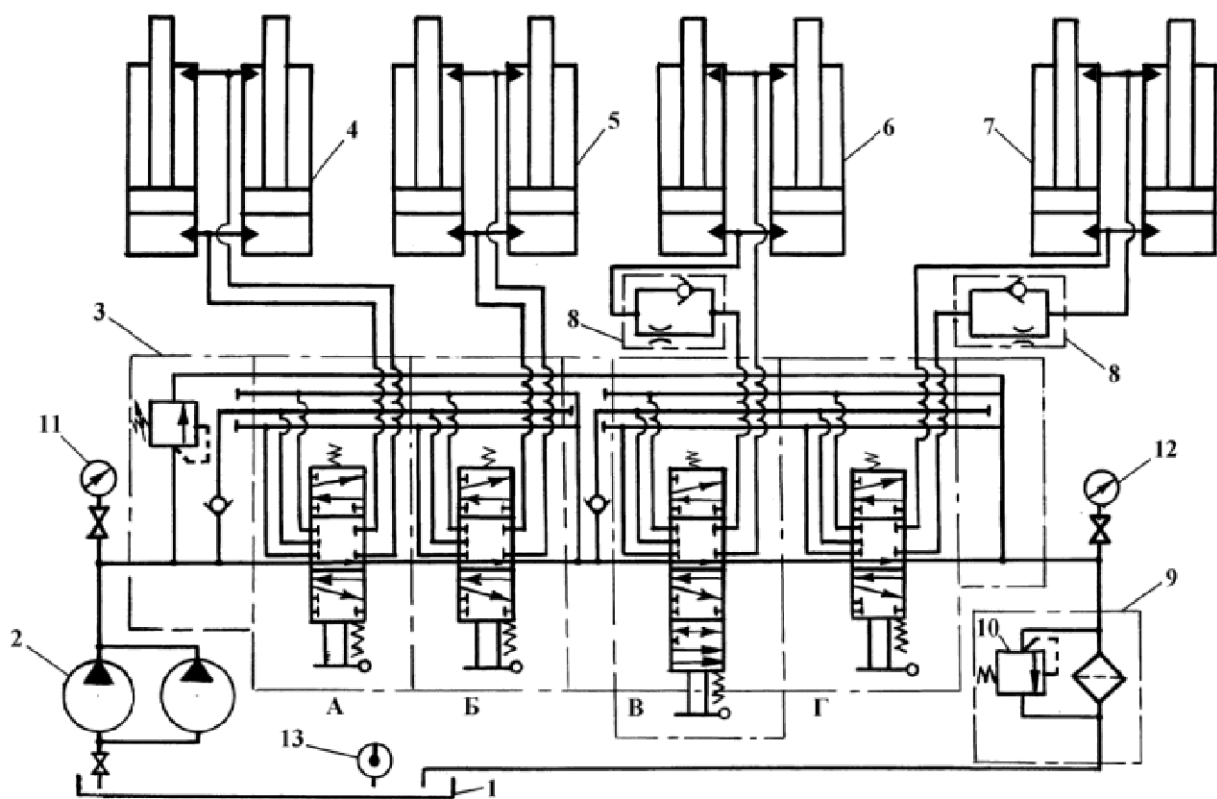


Рисунок 1.10 – Гідравлічна схема колісного лісового навантажувача

1.2 Висновки до розділу

На основі огляду типових гідросхем даних мобільних машин, можна дійти висновку, що гідроприводи машин оснащуються в основному дискретними розподільними елементами, а для регулювання швидкості руху встановлюються

додаткові дросельні елементи, які можуть працювати в парі зі зворотними клапанами з ручним регулюванням пропускної можливості дроселів.

Розглянуті схеми гідроприводів мобільних машин для вантажно-розвантажувальних робіт розроблені за межами нашої держави показують чітку тенденцію, до диференціації елементів керування робочим органом та зменшення енергетичних втрат.

2 РОЗРОБКА ГІДРАВЛІЧНОЇ СХЕМИ МОБІЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ

2.1 Розробка гідравлічної схеми приводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт

На основі аналізу літературних джерел запропоновано загальну концепцію приводу, схема якого зображена на рис. 2. Вона містить лінію нагнітання 1, розподільну частину 2, герметизуючу частину 3 та гідроциліндр 4. Пропонується застосовувати для регулювання переміщення пропорційні розподільчі елементи 5 для покращення керованості вантажем, а також керовані зворотні клапани 6, які забезпечуватимуть герметичність порожнин робочих органів.

Для кожної порожнини робочого органу планується застосувати окремий розподільчий елемент. Такий підхід дозволяє виконувати певні робочі операції за рахунок його власної, накопиченої енергії, для вантажно-розвантажувальних операцій - це потенціальна енергія піднятого вантажу [3, 4].

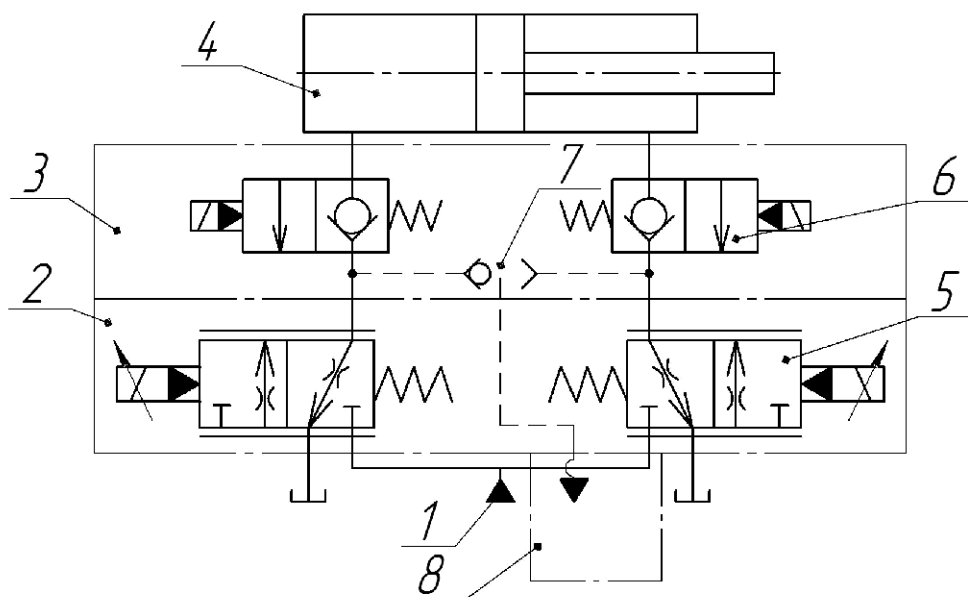


Рисунок 2.1 - Принципова гідравлічна схема

В запропонованому гідроприводі має бути чітка та узгоджена робота усіх елементів, з можливістю, як дистанційного керування, так і задання певних алгоритмів роботи для його елементів у відповідності з умовами роботи чи потребами користувача.

В гідравлічній схемі передбачено провадження лінії керування 7, яка надаватиме гідравлічний сигнал керування до переливної секції розподільника 8, яка зображена схематично (в даній роботі робота секції не розглядається). Наявність даної лінії керування дозволяє забезпечувати переливання рідини в бак з мінімальними перепадами тиску, а отже, і з мінімальними втратами потужності.

2.2 Висновки до розділу

Розроблено принципова схема гідроприводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт з електрогідравлічним керуванням, яка може забезпечити такі основні функції:

- здійснення диференційоване керування потоками робочого органу;
- забезпечення герметизації порожнин робочих органів;
- забезпечення можливості перепуску робочої рідини під незначним тиском у бак при відключених гідродвигунах;
- відбір від кожного гідродвигуна незначного потоку робочої рідини для управління регульованим насосом або переливним клапаном; і
- можливість роботи з промисловим контролером.

На основі розрахункової схеми була створена математична модель гідроприводу зі керованими зворотними клапанами та з електрогідравлічним керуванням.

3.2 Математичне моделювання гідроприводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт

За розрахунковою схемою (рис. 2.2) складено математичну модель для опису процесів у гідроприводів.

Застосовано наступні припущення: розглядаються зосереджені параметри гідросистеми, температура робочої рідини прийнята постійною, хвильові процеси в гідросистемі не враховувались, коефіцієнти потоку через дроселі та золотникові елементи постійні, режими роботи гідросистеми – безкавітаційні, втрати тиску в гідролініях не враховувались, коефіцієнт податливості рідини враховувався як середня величина для розглянутого діапазону тиску, перетікання робочої рідини в елементах гідроприводу розглядались, як пропорційні величини.

Математична модель включає рівняння нерозривності потоків для гідроліній, а також рівняння сил, що діють на рухомі елементи приводу (див. рисунок 3.1).

Потік рідини через золотник розподільника 1 визначається за формулою

$$Q_1 = \mu \cdot \pi \cdot d_x \cdot x \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_N - P_{y1}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_N - P_{y1}) \quad (3.1)$$

Потік рідини через золотник розподільника 2 визначається за формулою

$$Q_2 = \mu \cdot \pi \cdot d_x \cdot x_1 \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{y2}|}{\rho}} \quad (3.2)$$

Потік, що обумовлений стисненням рідини та піддатливістю трубопроводу в точці А:

$$Q_{SA} = \beta \cdot W_A \cdot \frac{dp_{y3}}{dt} \quad (3.3)$$

Потік, що обумовлений стисненням рідини та піддатливістю трубопроводу в точці В:

$$Q_{SB} = \beta \cdot W_B \cdot \frac{dP_C}{dt} \quad (3.4)$$

Потік, що обумовлений стисненням рідини та піддатливістю трубопроводу в точці С:

$$Q_{SC} = \beta \cdot W_C \cdot \frac{dP_{y1}}{dt} \quad (3.5)$$

Потік, що обумовлений стисненням рідини та піддатливістю трубопроводу в точці D:

$$Q_{SD} = \beta \cdot W_D \cdot \frac{dp_{y3}}{dt} \quad (3.6)$$

Потік, що обумовлений стисненням рідини та піддатливістю трубопроводу в точці Е:

$$Q_{SE} = \beta \cdot W_E \cdot \frac{dP_{C1}}{dt} \quad (3.7)$$

Потік, що обумовлений стисненням рідини та піддатливістю трубопроводу в точці F:

$$Q_{SF} = \beta \cdot W_F \cdot \frac{dP_{y2}}{dt} \quad (3.8)$$

Потік рідини через керований зворотний клапан 3 визначається за формулою

$$Q_{y1} = \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y' \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{y1} - P_C|}{\rho}} \times \text{sign}(P_{y1} - P_C) \quad (3.9)$$

Потік рідини через керований зворотний клапан 4 визначається за формулою

$$Q_{y2} = \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y_1 \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y_1 \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{c1} - P_{y3}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_{c1} - P_{y3}) \quad (3.10)$$

Потік рідини через сервоклапан 6 та 8 визначається за формулою

$$Q_{k1} = \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (s \cdot \sin \delta + 2 \cdot d_{y2}) \cdot s \cdot \sin \frac{\delta}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_{y3}}{\rho}} \dots \dots \dots (3.11)$$

Потік рідини в гідроциліндрі 5 визначається за формулою:

$$Q_C = \frac{dl}{dt} \cdot \frac{\pi \cdot D_C^2}{4} \dots \dots \dots (3.12)$$

Потік рідини, що проходить через розподільний елемент 1 розраховується за наступною формулою:

$$\mu \cdot \pi \cdot d_X \cdot x \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_N - P_{y1}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_N - P_{y1}) = \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y' \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{y1} - P_C|}{\rho}} \times \text{sign}(P_{y1} - P_C) + \beta \cdot W_C \cdot \frac{dP_{y1}}{dt} \quad (3.13)$$

Потік рідини, що проходить через керований зворотний клапан 3 розраховується за наступною формулою:

$$\begin{aligned} & \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{y1} - P_C|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_{y1} - P_C) = \frac{dl}{dt} \cdot \frac{\pi \cdot D_C^2}{4} + \\ & + \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_C - p_{y2}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(p_C - p_{y2}) + \beta \cdot W_B \cdot \frac{dP_C}{dt} \end{aligned} \quad (3.14)$$

Потік рідини, що проходить через гідролінії 11 та 13 розраховується за наступною формулою:

$$\begin{aligned} F_{C1} \cdot \frac{du}{dt} = & \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y_1 \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y_1 \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{C1}}{\rho}} + \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_{C1} - p_{y3}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(p_{C1} - p_{y3}) + \\ & + \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_{C1} - p_{y4}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(p_C - p_{y1}) + \beta \cdot W_E \cdot \frac{dP_{C1}}{dt} \end{aligned} \quad (3.15)$$

Потік рідини, що проходить через розподільний елемент 2 розраховується за наступною формулою:

$$\begin{aligned} & \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y_1 \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y_1 \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{C1} - P_{y3}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_{C1} - P_{y3}) = \beta \cdot W_F \cdot \frac{dP_{y2}}{dt} + \\ & + \mu \cdot \pi \cdot d_x \cdot x_1 \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{y2}|}{\rho}} \end{aligned} \quad (3.16)$$

Потік рідини, що проходить через керований зворотній клапан 4 розраховується за наступною формулою:

$$\begin{aligned} & \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_C - p_{y2}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(p_C - p_{y1}) + \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_{C1} - p_{y2}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(p_{C1} - p_{y2}) = \\ & = \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (s \cdot \sin \delta + 2 \cdot d_{y2}) \cdot s \cdot \sin \frac{\delta}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_{y2}}{\rho}} + \beta \cdot W_A \cdot \frac{dp_{y3}}{dt} + \beta \cdot W_D \cdot \frac{dp_{y3}}{dt} \end{aligned} \quad (3.17)$$

Сили, які діють на рухомий елемент керованого зворотного клапана 3 розраховується за наступною формулою:

$$m_y \frac{dV_y}{dt} = P_{y1} \cdot F_{y1} - P_{y2} \cdot F_y + P_c (F_y - F_{y1}) - C_y \cdot (H_y + y) - b_y \frac{dy}{dt} - T_y; \quad (3.18)$$

Сили, які діють на рухомий елемент керованого зворотного клапана 4 розраховується за наступною формулою:

$$m_y \frac{dV_{y1}}{dt} = P_{y3} \cdot F_{y1} - P_{y4} \cdot F_y + P_{c1} (F_y - F_{y1}) - C_y \cdot (H_y + l_y) - b_y \frac{dy_1}{dt} - T_{y1} \cdot \text{sign} \frac{dy_1}{dt}; \quad (3.19)$$

Сили, які діють на шток гідроциліндра 5 розраховується за наступною формулою:

$$m_c \frac{dV_l}{dt} = P_c \cdot F_c - P_{c1} \cdot F_{c1} - P - b_c \frac{dl}{dt} - T_c \cdot \text{sign} \frac{dl}{dt}; \quad (3.20)$$

В математичній моделі позначено:

x, x_1 – координати переміщення золотників розподільників 1 та 2, y, y_1 – координати переміщення клапанних елементів керованих зворотних клапанів 3 та 4, l – координата переміщення штока циліндра 5, s, s_1 – координати переміщення сервоклапанів 6, 7, які керують зворотними клапанами, p_N – тиск лінії нагнітання, p_{y3} – тиск в гідролініях 8 та 14, p_c – тиск в гідролінії 8, p_{c1} – тиск в гідролінії 13, p_{y1}, p_{y3} – тиски в гідролініях 12 та 15, P – сила навантаження, яка діє шток гідроциліндра 5, d_x – діаметр золотників розподільників 1 та 2, d_y – діаметр клапанних елементів керованих зворотних клапанів 3 та 4, d_{y1} – діаметр вхідних каналів керованих зворотних клапанів 3 та 4, d_{y2} – діаметр сервоклапанів 6 та 7, α – кут нахилу робочих кромek золотників розподільників 1 та 2, γ – кут нахилу робочих клапанних елементів керованих зворотних клапанів 3 та 4, δ –

кут нахилу робочої кромки сервоклапанів 6 та 7, f_3 – площа відкриття робочого вікна дроселя 8, F_C – площа безштокової поршня циліндра 5, F_{C1} – площа штока поршня циліндра 5, F_{k1} – площа вхідних каналів керованих зворотних клапанів 3 та 4, c_L – жорсткість пружини 10, H_L – початкове стиснення пружини 10, W_A , W_B , W_C – об’єми рідини в гідролініях 8, 11 та 12, W_E , W_D , W_F – об’єми рідини в гідролініях 13, 14 та 15, m_y – маса золотників гідрозамків 3 та 4, m_C – маса штока гідроциліндра 5, b_y – коефіцієнт в’язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів 3 та 4, b_C – коефіцієнт в’язкого демпфування штока гідроциліндра 5, R_{hy} , R_{hy1} – гідродинамічна сила, що діє на клапанні елементи керованих зворотних клапанів 3 та 4, T_y , T_{y1} – сила тертя, T_C – сила тертя, що діє на шток гідроциліндра 5, ρ – густина робочої рідини, μ – коефіцієнт витрат, β – коефіцієнт, що враховує сумарну деформацію газорідинної суміші та гумометалевих рукавів.

Загальна система рівнянь гідроприводу, що розглядається представлена далі:

$$\begin{aligned} & \mu \cdot \pi \cdot d_x \cdot x \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_N - P_{y1}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_N - P_{y1}) = \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y' \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{y1} - P_C|}{\rho}} \times \\ & \times \text{sign}(P_{y1} - P_C) + \beta \cdot W_C \cdot \frac{dP_{y1}}{dt} \\ & \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{y1} - P_C|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_{y1} - P_C) = \frac{dl}{dt} \cdot \frac{\pi \cdot D_C^2}{4} + \\ & + \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_C - P_{y2}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_C - P_{y2}) + \beta \cdot W_B \cdot \frac{dP_C}{dt} \\ & F_{C1} \cdot \frac{du}{dt} = \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y_1 \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y_1 \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{C1}}{\rho}} + \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{C1} - P_{y3}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_{C1} - P_{y3}) + \\ & + \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{C1} - P_{y4}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_C - P_{y1}) + \beta \cdot W_E \cdot \frac{dP_{C1}}{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y_1 \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y_1 \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{c1} - P_{y3}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_{c1} - P_{y3}) = \beta \cdot W_F \cdot \frac{dP_{y2}}{dt} + \\
& + \mu \cdot \pi \cdot d_x \cdot x_1 \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{y2}|}{\rho}} \\
& \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_c - p_{y1}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(p_c - p_{y1}) + \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_{c1} - p_{y2}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(p_{c1} - p_{y2}) = \\
& = \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (s \cdot \sin \delta + 2 \cdot d_{y2}) \cdot s \cdot \sin \frac{\delta}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_{y2}}{\rho}} + \beta \cdot W_A \cdot \frac{dp_{y3}}{dt} + \beta \cdot W_D \cdot \frac{dp_{y3}}{dt} \\
& m_y \frac{dV_y}{dt} = P_{y1} \cdot F_{y1} - P_{y2} \cdot F_y + P_c (F_y - F_{y1}) - C_y \cdot (H_y + y) - b_y \frac{dy}{dt} - T_y \\
& m_y \frac{dV_{y1}}{dt} = P_{y3} \cdot F_{y1} - P_{y4} \cdot F_y + P_{c1} (F_y - F_{y1}) - C_y \cdot (H_y + l_y) - b_y \frac{dy_1}{dt} - T_{y1} \cdot \text{sign} \frac{dy_1}{dt}; \\
& m_c \frac{dV_l}{dt} = P_c \cdot F_c - P_{c1} \cdot F_{c1} - P - b_c \frac{dl}{dt} - T_c \cdot \text{sign} \frac{dl}{dt};
\end{aligned}$$

3.3 Висновки до розділу

Розроблено розрахункову схему та на основі неї математичну модель гідроприводу, яка включає рівняння нерозривності потоків для гідроліній, а також рівняння сил, що діють на рухомі елементи приводу.

На основі математичної моделі будуть проведені подальші дослідження роботи системи.

4 РОЗРАХУНОК РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ В ГІДРОСИСТЕМІ МАНІПУЛЯТОРА МОБІЛЬНИХ МАШИН

4.1 Обробка математичної моделі

Обробку математичної моделі виконано за допомогою програмного пакета MatLAB Simulink, який є інтерактивним інструментом для моделювання, імітації і аналізу динамічних систем, окрім того в ході моделювання є можливість слідкувати за процесами, що проходять в системі [16, 17].

На основі розв'язаної математичної моделі досліджено робочі процеси в системі в динамічних режимах роботи.

Для забезпечення бажаних характеристик було проаналізовано вплив конструктивних параметрів гідравлічних елементів на його роботу гідроприводу.

Для дослідження процесів у приводі та покращення характеристик було проведено дослідження впливу конструктивних параметрів системи (попереднього стиснення пружин 9 керованих зворотних клапанів – c_L , площі відкриття робочих вікон вікон дроселів $8 - f_3$).

на коливальність та час перехідного процесу координат переміщення клапанних елементів клапанів – y, y_1 в різних режимах роботи агрегату.

В ході розрахунків були використані такі значення постійних величин: $d_x = 20 \cdot 10^{-3}$ м, $d_{s1} = 4 \cdot 10^{-3}$ м, $d_y = 28 \cdot 10^{-3}$ м, $d_{y1} = 20 \cdot 10^{-3}$ м, $d_{y2} = 3 \cdot 10^{-3}$ м, $f_3 = 0,8 \cdot 10^{-6}$ м², $\beta = 1 \cdot 10^{-9}$ м³/с²/кг, $\rho = 900$ кг/м³, $\mu = 0,7$; $c_L = 5 \cdot 10^2$ Нм, $p_N = 10 \dots 100 \cdot 10^5$, Па $1,67 \cdot 10^{-3}$ м³/с та ін.

4.2 Розрахунок динамічних характеристик гідросистеми маніпулятора мобільних машин

Динамічні характеристики є важливим показником, оскільки визначають як змінюються параметри системи в часі. Визначення динамічних характеристик проводитимемо на основі перехідних процесів тисків та переміщень рухомих

елементів системи. В даній роботі основну увагу приділено параметрам керованого зворотного клапану та його впливу на роботу приводу.

Під час проведення досліджень параметри, що характеризують умови роботи гідропривода, змінювались в певних, визначених діапазонах: $H_L = 5..12 \cdot \text{мм}$, $b_y = 10..40 \text{ кг/с}$, $f_3 = 1..8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, $f_3 = 1..2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

P_c , Па

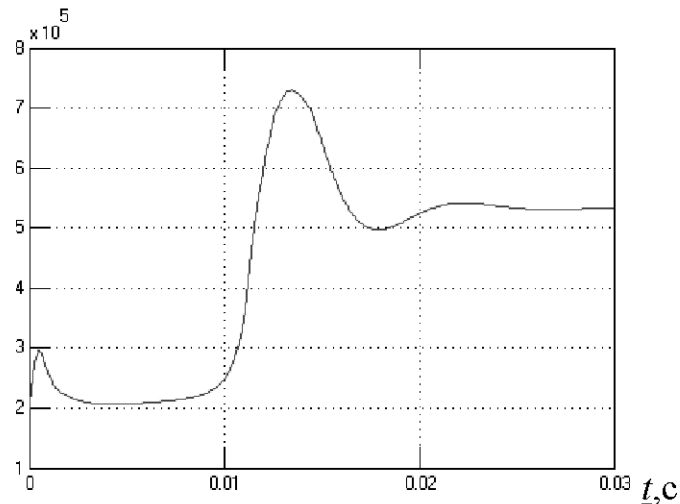


Рисунок 4.1 – Перехідний процес тиску P_c при попередньому стисненні пружини клапана 5 мм

P_c , Па

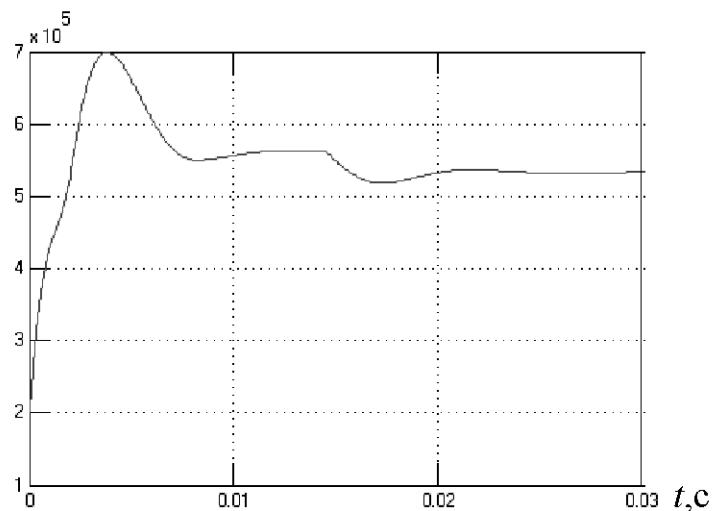


Рисунок 4.2 – Перехідний процес тиску P_c при попередньому стисненні пружини клапана 10 мм

P_c , Па

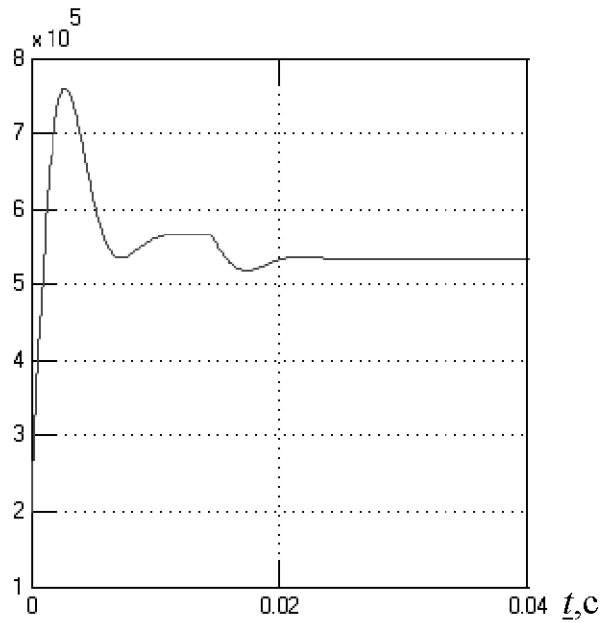


Рисунок 4.3 – Перехідний процес тиску P_c при попередньому стисненні пружини клапана 12 мм

Розглянемо вплив при величині відкриття площі дроселя f_3 .

P_c , Па

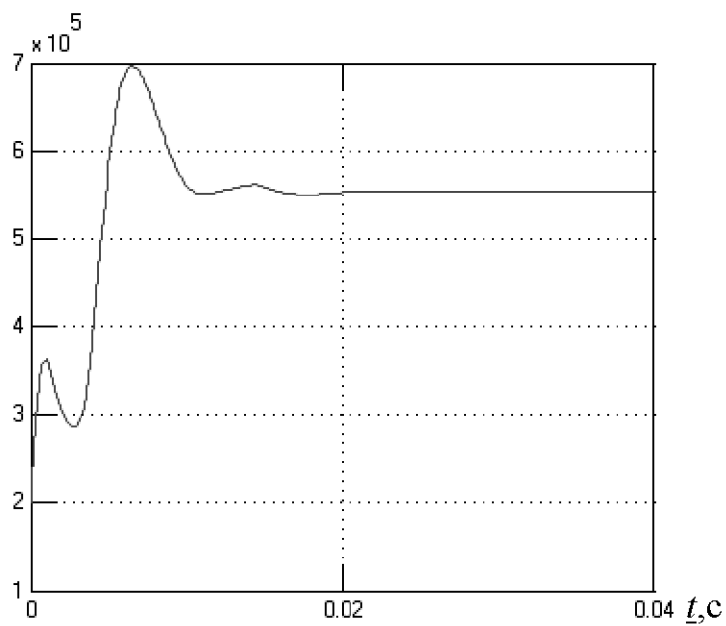


Рисунок 4.4 – Перехідний процес тиску P_c при величині площі відкриття дроселя $f_3 = 1$ мм

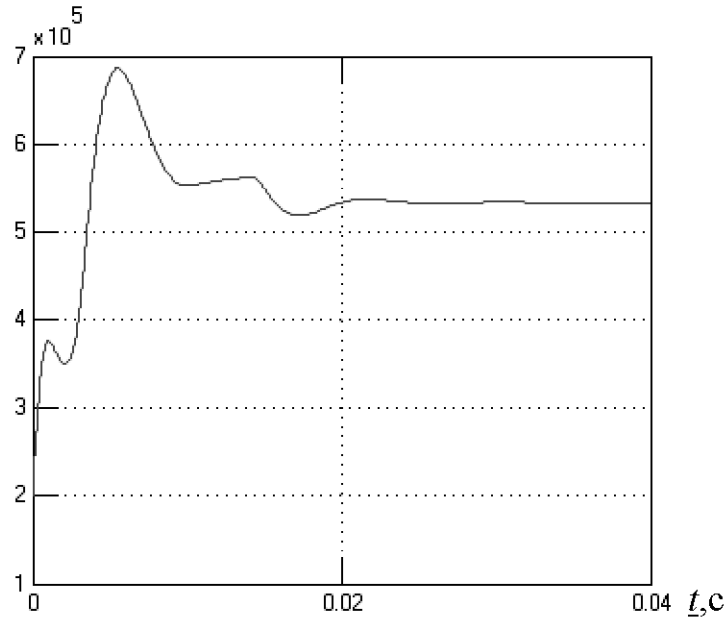
$P_c, \text{Па}$ 

Рисунок 4.5 – Перехідний процес тиску P_c при величині площі відкриття дроселя $f_3 = 4 \text{ мм}$

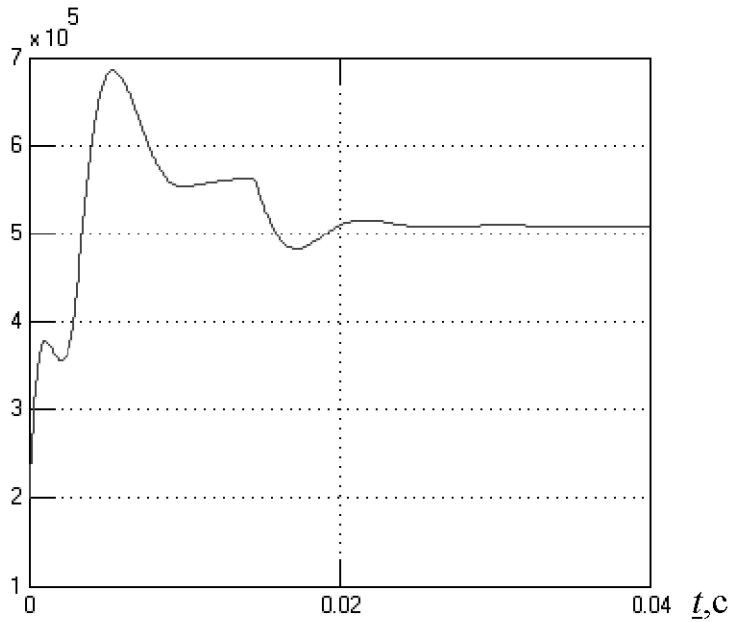
 $P_c, \text{Па}$ 

Рисунок 4.6 – Перехідний процес тиску P_c при величині площі відкриття дроселя $f_3 = 8 \text{ мм}$

Розглянемо вплив величини коефіцієнту в'язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів b_y ,

P_c , Па

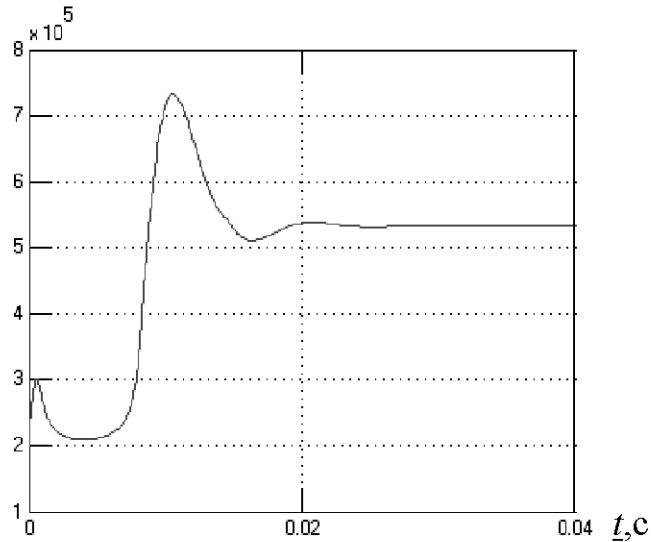


Рисунок 4.7 – Перехідний процес тиску P_c при величині коефіцієнту в'язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів $b_y = 10$ кг/с.

P_c , Па

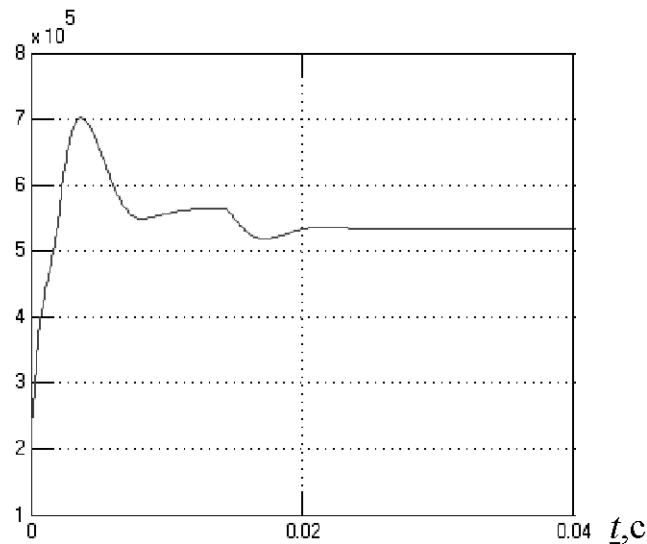


Рисунок 4.8 – Перехідний процес тиску P_c при величині коефіцієнту в'язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів $b_y = 30$ кг/с.

Перехідні процеси в клапанах 3 та 4 (рис. 4.9 та 4.10)

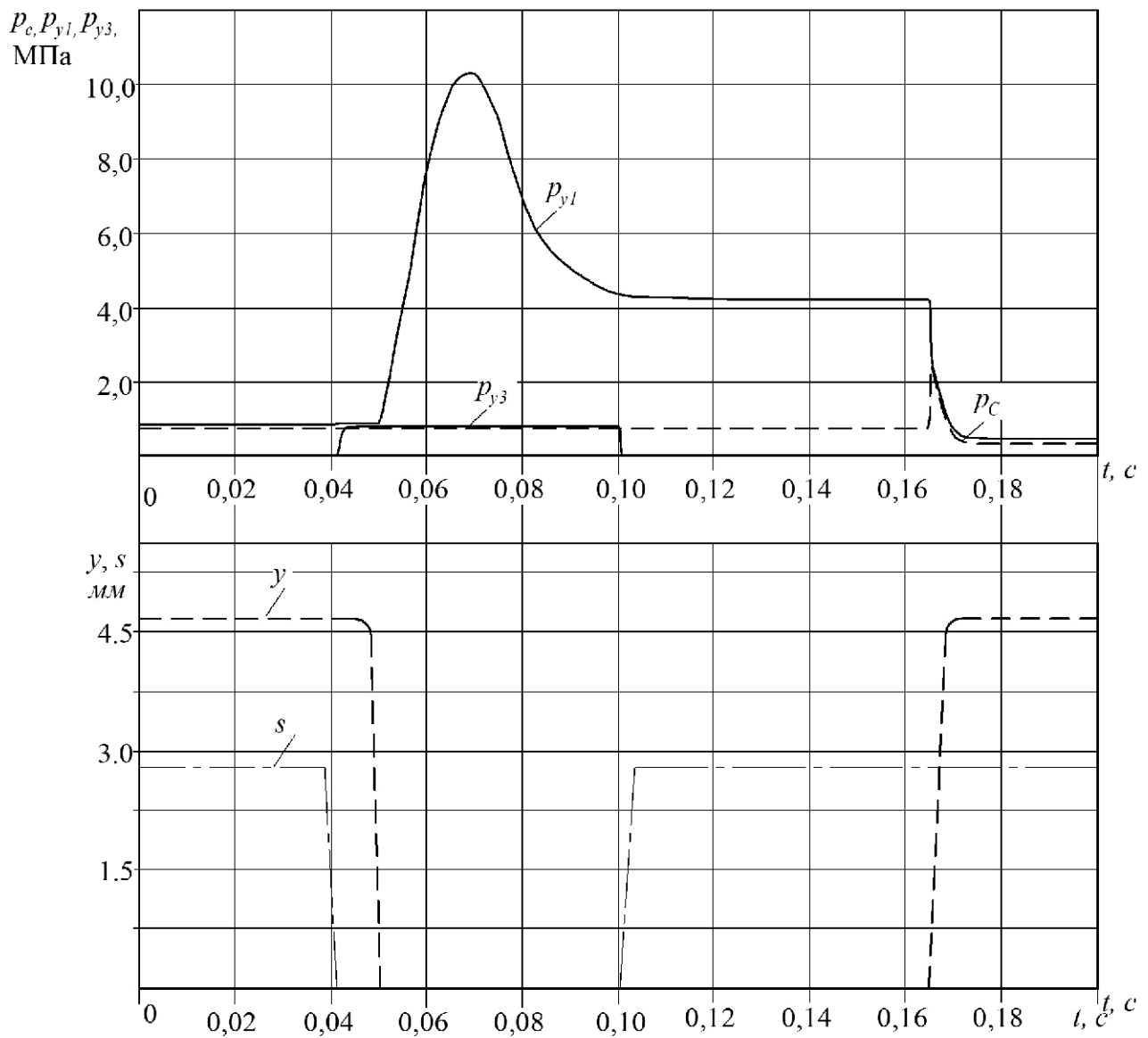


Рисунок 4.9 – Перехідні процеси під час вмикання та вимикання керованого зворотного клапана 3

Швидкість спрацювання керованого зворотного клапана при вмиканні не перевищує $t_{sp} = 0,02-0,03$ с.

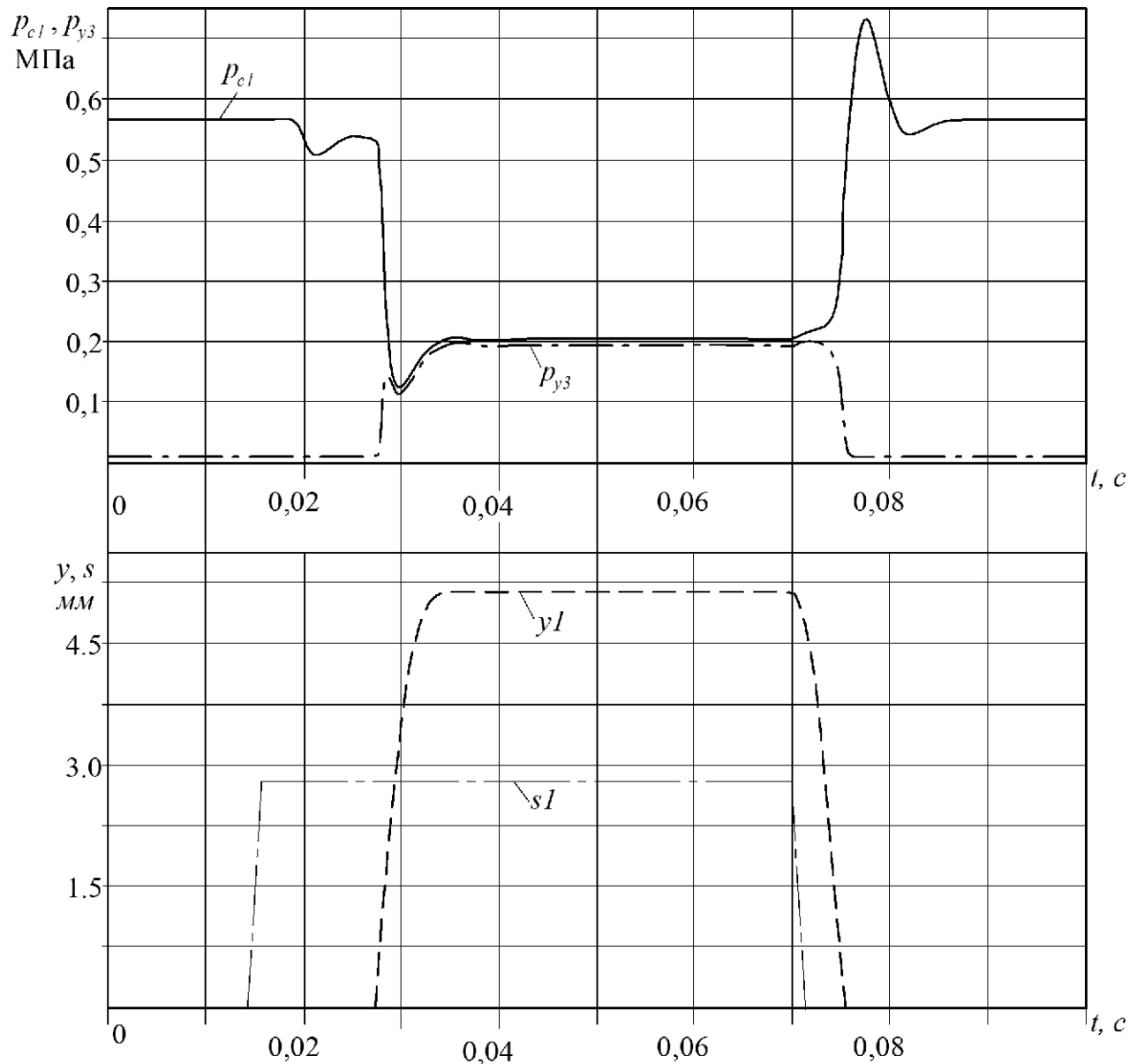


Рисунок. 4.10 – Перехідні процеси в розподільнику під час вмикання та вимикання керованого зворотного клапану 4

Враховавши швидкість спрацювання керованих зворотних клапанів, можна попередньо визначити швидкодію спрацювання усього розподільника.

Проаналізувавши вплив величин на перехідні процеси можна побачити їх неоднозначний. Користуючись залежностями, що представлені на графіках (рис. 4.1 – 4.10) та проаналізувавши вплив даних конструктивних параметрів на перерегулювання, коливальність та час перехідного процесу

можна досягти покращення якості перехідних процесів в порівнянні з початковими та розширити межі стійкості роботи.

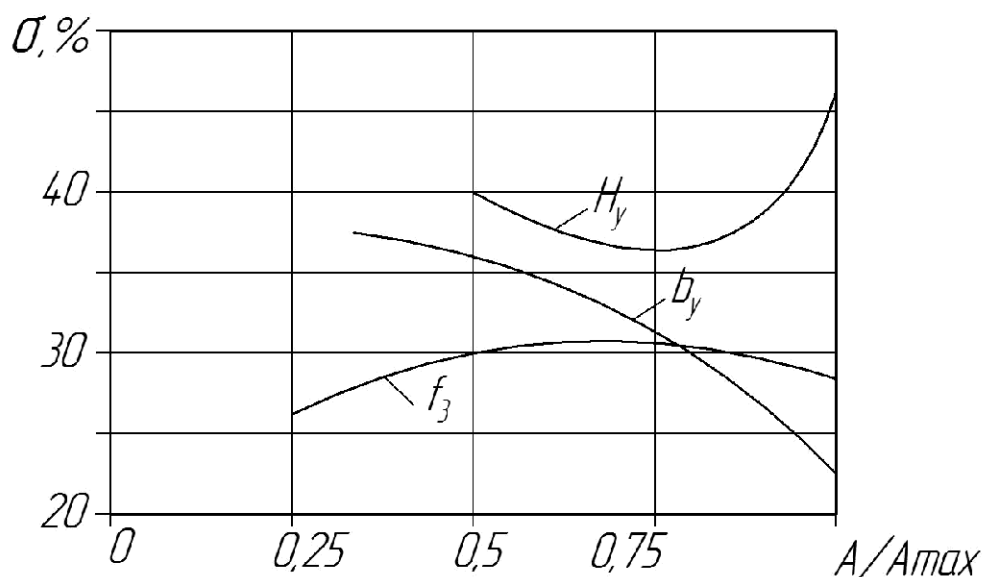


Рисунок 4. 11 – Вплив попереднього стиснення пружини H_L , величини площі відкриття дроселя f_3 та коефіцієнту в'язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів b_y на перерегулювання

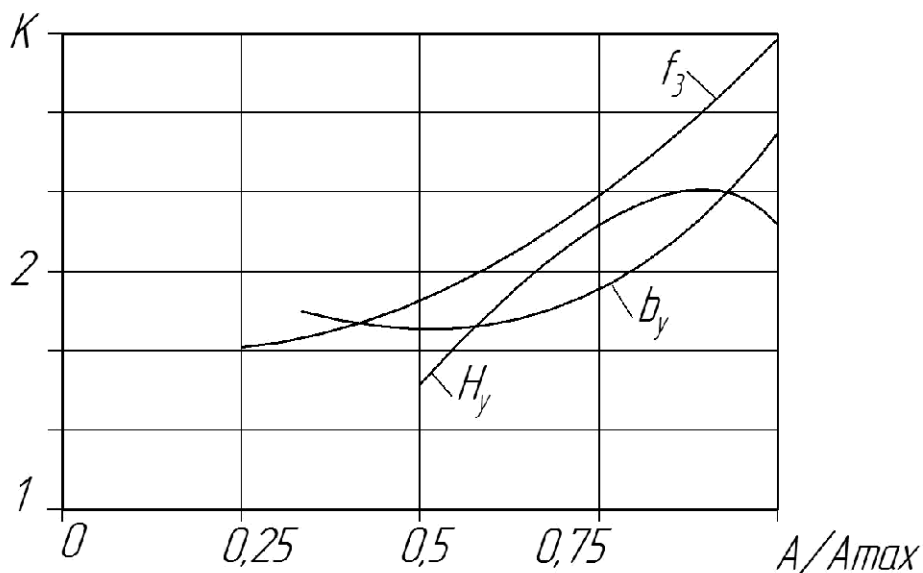


Рисунок 4. 12 – Вплив попереднього стиснення пружини H_L , величини площі відкриття дроселя f_3 та коефіцієнту в'язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів b_y на коливальність

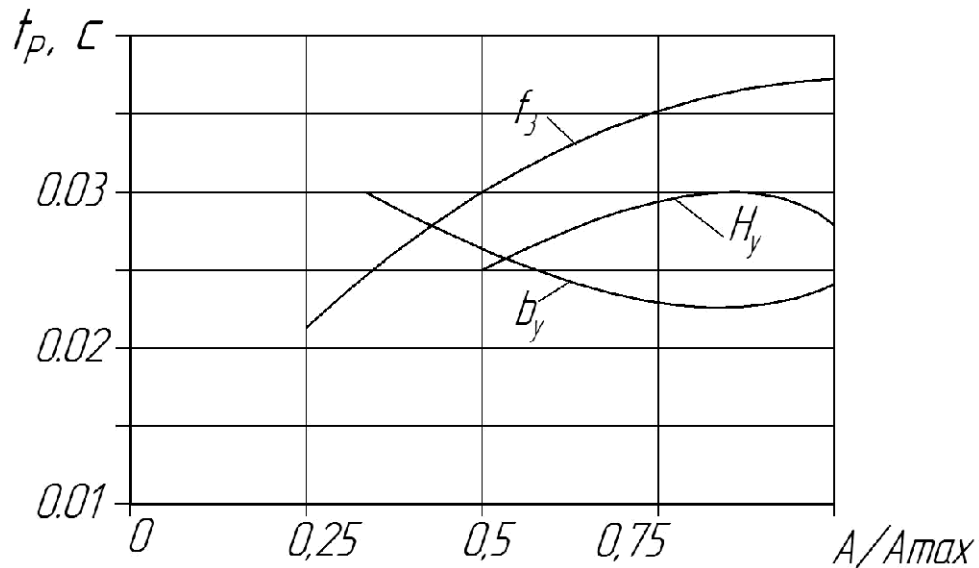


Рисунок 4. 13 – Вплив попереднього стиснення пружини H_L , величини площі відкриття дроселя f_3 та коефіцієнту в'язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів b_y на час регулювання

На основі математичного моделювання та графіків представлених (рис. 4.1 – 4.10) визначено зони стійкої роботи приводу, які зображено на рис 4. 14.

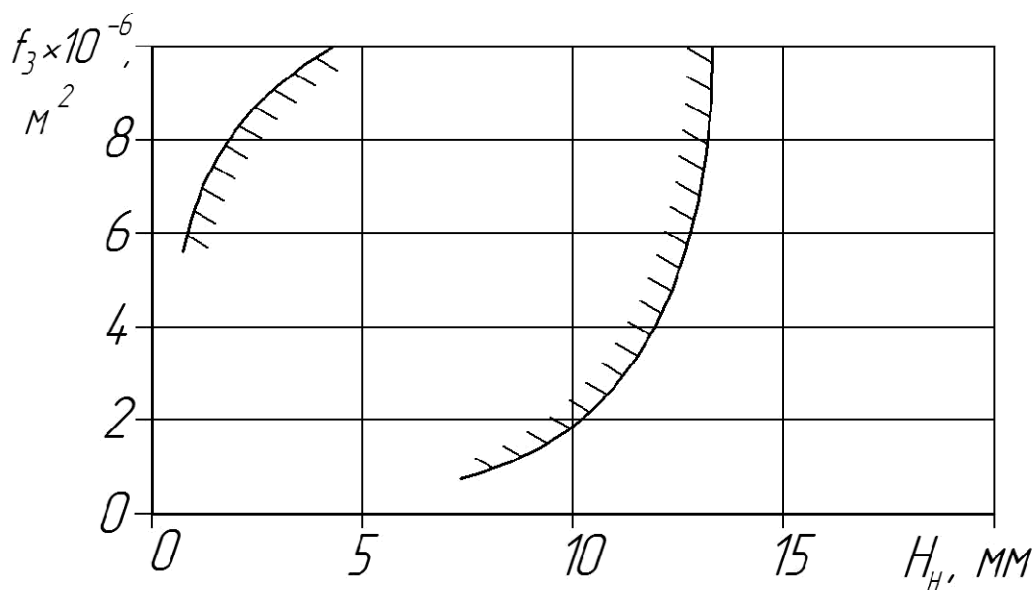


Рисунок 4. 14 – Вплив попереднього стиснення пружини H_L та величини площі відкриття дроселя f_3 на стійкість роботи гідроприводу

Проаналізувавши представлені залежності можна побачити, що збільшення попереднього стиснення пружини пружини керованих зворотних клапанів призводить до збільшення перерегулювання, а найменші значення перерегулювання можна досягти за рахунок використання значень з середнього діапазону. Проте в середньому діапазоні значень спостерігається підвищення коливальності та часу регулювання.

Застосування дроселів з меншою площею відкриття забезпечує покращення часу регулювання, а отже і швидкої роботи елементів приводу та зменшує коливальність, також при мінімальних значеннях зменшується перерегулювання.

Збільшення коефіцієнту в'язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів b_y суттєво зменшує перерегулювання, вплив на інші параметри не такий однозначний і кращі значення коливальності та часу регулювання досягаються за рахунок вибору мінімальних значень даного параметру.

4.3 Висновки до розділу

1. На основі математичної моделі, були проведені дослідження перехідних процесів в гідроприводі.

2. Розглянуто вплив основних конструктивних параметрів керованого зворотного клапана на роботу гідроприводу;

3. Визначено вплив попереднього стиснення пружини H_L , величини площі відкриття дроселя f_3 та коефіцієнту в'язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів b_y на динамічні та статичні характеристики.

4. Визначено вплив попереднього стиснення пружини H_L та величини площі відкриття дроселя f_3 на стійкість роботи.

5. Встановлено, що розглядувані параметри мають неоднозначний вплив на динамічні та статичні характеристики і покращення їх можна досягти за рахунок вибору значень з наступних діапазонів:

$$H_L = 5..7 \text{ мм}, b_y = 30..40 \text{ кг/с}, f_3 = 1..2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

Для наукових і пошукових науково-дослідних робіт зазвичай здійснюють оцінювання наукового ефекту.

Основними ознаками наукового ефекту науково-дослідної роботи є новизна роботи, рівень її теоретичного опрацювання, перспективність, рівень розповсюдження результатів, можливість реалізації. Науковий ефект НДР можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни і рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах наведено в табл. 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення показника ступеня новизни, бали
1	2	3
Принципово нова	Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в цій галузі науки і техніки. Отримано принципово нові факти, закономірності; розроблено нову теорію. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод	60...100
Нова	Отримано нову інформацію, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (по-новому або вперше пояснено відомі факти, закономірності, впроваджено нові поняття, розкрито структуру змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	40...60
Відносно нова	Робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок	10...40

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
Відносно нова	(або знайдено новий зв'язок) між явищами. В принципі, відомі положення поширено на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблено більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведено часткову раціональну модифікацію (з ознаками новизни)	10...40
Традиційна	Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджено або поставлено під сумнів відомі факти та твердження, які потребують перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг порівняно з існуючим	2...10
Не нова	Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі та не був відомий авторам	1...2

Таблиця 5.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали
Відкриття закону, розробка теорії	80...100
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	60...80
Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини	20...60
Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо	6...20
Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо	1...5

Показник, який характеризує науковий ефект, визначається за формулою:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (5.5)$$

де $k_{нов}$, $k_{теор}$ – показники ступенів новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, бали;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

В роботі запропоновано нову принципову схему гідроприводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт та проведено математичне моделювання, тому $k_{нов} = 30$. Розроблено математичну модель та проведені дослідження перехідних процесів в системі, на основі яких запропоновані конструктивні параметри для раціональних режимів роботи, тому $k_{теор} = 40$. Тоді показник, який характеризує науковий ефект дорівнює:

$$E_{нау} = 0,6 \cdot 30 + 0,4 \cdot 40 = 34.$$

5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки по проектуванню та дослідженню гідроприводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни Аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю за зразком таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Дерібо О.В.	Петров О.В.	Сухоруков С.І.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	1	2	2
3	2	2	3
4	2	2	2
5	3	2	3
6	2	3	2
7	2	2	2
8	3	3	3
9	1	3	2
10	2	3	4
11	3	3	3
12	3	4	3
Сума балів	СБ ₁ =25	СБ ₂ =32	СБ ₃ =31
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{25 + 32 + 31}{3} = 29$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Гідропривод є частиною іншого обладнання мобільної машини і реалізується зазвичай разом із нею.

Ринками збуту продукції можуть бути усі регіони України.

Оскільки загальний ресурс роботи гідроприводу може бути досить великий проте вважатимемо, що розроблений привод та запропоновані параметри будуть зберігати свою актуальність протягом 5 років.

5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування

Канали збуту - це сукупність фірм чи окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо реалізації виробів. Мобільні машини для вантажно-розвантажувальних операцій можуть розповсюджуватись як окрема мобільна одиниця, так і як частина більш складних комплексів (наприклад для лісозаготівельних робіт), основними каналами розповсюдження розглядуваних мобільних машин вважатимемо:

- канал нульового рівня, що передбачає реалізацію на підприємства-виробники мобільної техніки;
- канал першого рівня, що передбачає реалізацію оптовим дилерам.

5.5 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день в Україні випуском, наприклад, навантажувачів займається підприємство "Борекс", тоді як окремі агрегати можуть виготовлятися і на інших підприємствах. В таблиці 5.5 наведені основні техніко-економічні показники аналога і розробки. Основним недоліком аналога (тобто обробки

спочатку точінням а потім обкочуванням) є велика собівартість обробки, оскільки значно більше часу затрачається.

Таблиця 5.5 – Співвідношення параметрів аналогу і нової розробки

Показник	Одиниці виміру	Аналог	розробка	Відношення параметрів нової обробки та параметрів аналога
Кількість потоків для керування	шт.	1	2	2
Перепад тиску	МПа	до 100	до 20	5
Час утримання вантажу	хв.	50	80	1,66

Аналізуючи таблицю 5.5 можна зробити висновок, що нова розробка є кращою ніж аналог, вона має кращі експлуатаційні характеристики.

5.6 Обрання методу ціноутворення

При обранні методу ціноутворення на розробку необхідно враховувати ціну основних конкурентів.

Закордонні аналоги можуть скласти конкуренцію, проте вартість їх та вартість їх обслуговування значно вища.

Серед ринкових методів ціноутворення з орієнтацією на конкурентів обираємо метод рівноважної ціни, сутність якого полягає у встановленні цін з врахуванням витрат, попиту і конкуренції.

Зважаючи на кращі параметри розроблюваного приладу ніж у аналога, пропонується реалізувати даний розробку за ціною аналогічною до конкурента, що забезпечить конкурентоспроможність даного пристосування на ринку в нашій країні та подальше завоювання лідерства за показниками обсягів продажу.

5.7 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

Оцінка рівня інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного в технічному відношенні варіанта інженерного рішення. Визначимо абсолютний та відносний рівні якості розроблюваного пристрою.

Таблиця 5.6 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Кількість потоків для керування	8			0,3
Перепад тиску	9			0,4
Час утримання вантажу		7		0,4

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i, \quad (5.1)$$

де P_{Hi} - числове значення i -го параметру інноваційного рішення;

n - кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінки;

α_i - коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap} = 8 \cdot 0,3 + 9 \cdot 0,4 + 7 \cdot 0,4 = 8,8.$$

Далі визначаємо рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості найліпших вітчизняних та зарубіжних аналогів, основних товарів конкурентів.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру та занесемо їх у таблицю 5.6, для цього скористаємося формулами:

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}},$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}},$$

де P_{Hi}, P_{Bi} - числові значення і-го параметра відповідно нового і базового виробів.

Таблиця 5.7 – Основні технічні та економічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	Новий		
Технічні показники				
Кількість потоків для керування	1	2	2	0,3
Перепад тиску	100	20	5	0,4
Час утримання вантажу	50	80	1,33	0,4
Економічні показники				
Собівартість продукції	200000	190000	0,95	0,7
Капітальні вкладення	580000	590000	0,98	0,3

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{ЯВ} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.2)$$

$$K_{ЯВ} = 2 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,4 + 1,33 \cdot 0,4 = 3,13.$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 233% (за рахунок важливих функціональних особливостей, які у аналогу відсутні).

5.8 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашого пристосування є технічні параметри, а також ціна придбання та експлуатаційні витрати при використанні пристрою.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення з урахуванням вищевказаних груп показників можна визначити за формулою:

$$K = I_{mn} / I_{en}, \quad (5.3)$$

де I_{mn} - індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);

I_{en} - індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{en} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{nei}}{\sum_{i=1}^n P_{bei}}, \quad (5.4)$$

де P_{bei} P_{nei} - економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{en} = (190000 \cdot 0,7 + 650000 \cdot 0,3) / (20000 \cdot 0,7 + 580000 \cdot 0,3) = 1,05;$$

$$K = 3,13 / 1,05 = 2,98 > 1.$$

Оскільки показник конкурентоспроможності більший 1, то наш інноваційний продукт є більш конкурентоспроможним, ніж товар конкурент.

5.9 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою [1]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.],} \quad (5.5)$$

де: M – місячний посадовий оклад кожного розробника (дослідника), грн.

T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$,

t – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = \frac{20000}{22} \cdot 20 = 18182 \text{ (грн.)}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог. Результати розрахунків зведено до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Результати розрахунків основної заробітної плати

№ п/п	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату
1.	Керівник проекту	18182	636,36	20	18182
2.	Інженер-дослідник	20000	909	22	20000
4.	Інженер-конструктор	15000	909	22	15000
Всього					53182

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання технологічних операцій по виготовленню одного виробу:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.]}, \quad (5.6)$$

де: t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, годин;

n – число робіт по видах та розрядах;

K_c – коефіцієнт співвідношень, який встановлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками. $K_c=1 \div 5$. Приймаємо $K_c=1,37$;

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію, грн./год. C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_n \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}} \left[\frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (5.7)$$

де: M_n – мінімальна місячна оплата праці, грн. З 1 грудня 2022 року – $M_n=6700$ грн.;

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії;

T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Враховуючи, що мають працювати робітники четвертого та п'ятого розрядів, то погодинна тарифна ставка складатиме:

$$C_4 = 6700 \cdot 1,5 \cdot 1,37 / 22 \cdot 8 = 78,23 \text{ (грн./год.)};$$

Таблиця 5.9 – Витрати на основну заробітну плату

Обладнання	Трудомісткість годин	Розряд роботи	Погодина тарифна ставка	Велечина оплати, грн
Роботи по компоновці елементів	110	4	78,23	8606
Слюсарні роботи	90	4	78,23	7041
Складальні роботи	86	4	78,23	6730
Всього				22337

Додаткова заробітна плата розраховується, як 12 % від основної заробітної плати розробників:

$$З_{д} = (53182+22337) \cdot 12\% = 9067 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату склали 22% від суми основної та допоміжної заробітної плати:

$$(53182+22337+ 9067) \cdot 0,22 = 18609 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування.

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування в цілому можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц}{T_{Н.В.}} \frac{T_{Ф.В.}}{12},$$

де Ц – балансова вартість обладнання, грн;

$T_{фн}$ – строк корисного використання обладнання (міс.);

$T_{нв}$ – нормативний термін використання обладнання, років.

Таблиця 5.10 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Термін нормативного використання, р.	Термін корисного використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Комп'ютер Lenovo	20000	4	1	420
Приміщення	250000	25	1	833
Слюсарне обладнання	150000	5	0,5	1562
Обладнання для досліджень	250000	5	0,5	2083

Відповідно:

$$A = 420 + 833 + 1562 + 2083 = 4898 \text{ (грн.)}$$

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_b \text{ [грн.]}, \quad (5.8)$$

де: H_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг

C_i – вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.,

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$.

B_i – маса відходів i -го найменування, 0,956 кг,

C_b – ціна відходів i -го найменування, 6 грн./кг.

n – кількість видів матеріалів.

В нашому випадку розробка має суто науковий характер і тому вартість матеріалів не враховуємо.

Витрати на силову електроенергію на розробку розраховуються за формулою:

$$B_e = W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni} / \eta_i \text{ [грн.]}, \quad (5.9)$$

де: C – вартість 1 кВт-години електроенергії. На 22 листопада 2021 року для промисловості (2 категорія споживачів) ціна електроенергії становить $C_{\text{опт}} = 3,963$ грн./кВт згідно тарифів оператора ринку, $C_{\text{розп}} = 1,150$ грн./кВт за розподіл електричної енергії згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця" та $C_{\text{пост}} = 1,150$ грн./кВт за постачання електричної енергії до конкретного користувача згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця" .

W – установлена потужність обладнання;

t – фактична кількість годин роботи обладнання при виконанні технологічних операцій, в результаті чого виготовляється один виріб;

K – коефіцієнт використання потужності.

$$C_e = (3,963 + 1,150 + 0,135)(1 + 20\%/100\%) = 6,298 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 5.11 – Результати розрахунків витрат електроенергії

Найменування обладнання	Час роботи, год.	Потужність, кВт.	Коефіцієнт використання
Комп'ютер Lenovo	20 днів = 15·8 = = 120 годин	0,5	1
Приміщення (освітлення)	120	0,9	1
Слюсарне обладнання	100	12	1
Обладнання для досліджень	100	15	0,9

$$C_{e1} = 6,298 \cdot 0,5 \cdot 120 \cdot 1 = 387 \text{ (грн.)},$$

$$C_{e2} = 6,298 \cdot 0,9 \cdot 120 \cdot 1 = 680 \text{ (грн.)},$$

$$C_{e3} = 6,298 \cdot 12 \cdot 100 \cdot 0,9 = 6801 \text{ (грн.)},$$

$$\begin{aligned} \Pi_{e4} &= 6,298 \cdot 15 \cdot 100 \cdot 0,9 = 8502 \text{ (грн.)}, \\ \Pi_e &= 378 + 680 + 6801 + 8502 = 16361 \text{ (грн.)}. \end{aligned}$$

Інші витрати можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати робітників, які виконували дану роботу:

$$\begin{aligned} I_B &= (1 \dots 3) (3_o + 3_p), \\ I_B &= 3 \cdot (53182 + 22337) = 226803 \text{ (грн.)} \end{aligned} \quad (5.10)$$

Усі витрати складають:

$$(53182 + 22337 + 9067) \cdot 0,22 = 18609 \text{ (грн.)}.$$

$$\begin{aligned} B &= 53182 + 22337 + 18609 + 906 + 4898 + \\ &+ 16361 + 226803 = 343096 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями.

Загальна вартість даної роботи визначається за $B_{\text{заг}}$ формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha}, \quad (5.11)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях. Для нашого випадку $\alpha = 0,95$.

Тоді

$$B_{\text{заг}} = 343096 / 0,95 = 361154 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ = B_{заг} / \beta, \quad (5.12)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то $\beta \approx 0,1$; на стадії технічного проектування, то $\beta \approx 0,2$; на стадії розробки конструкторської документації, то $\beta \approx 0,3$; на стадії розробки технологій, то $\beta \approx 0,4$; на стадії розробки дослідного зразка, то $\beta \approx 0,5$; на стадії розробки промислового зразка, $\beta \approx 0,7$; на стадії впровадження, то $\beta \approx 0,8-0,9$.

Для нашого випадку $\beta \approx 0,9$.

Тоді:

$$ЗВ = 361154 / 0,9 = 401282 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 401282 тис. грн.

5.10 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект застосування розробленого обладнання пояснюється декількома важливими аспектами: можливістю незалежного керування потоками гідродвигуна та можливість виконувати операції за рахунок накопиченої енергії вантажів (наприклад опускання вантажу без великих витрат енергії), можливість виконувати перепуск рідини під невеликим тиском в бак при виконанні операцій на невеликих швидкостях чи з, порівняно, невеликими навантаженнями, а також покращення керованості вантажем, що сприяє покращенню продуктивності.

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів нашої розробки складає щороку приблизно 450 шт. Середня ціна подібних виробів 190000 грн. Оскільки собівартість виготовлення втулки за рахунок модернізації скоротилась в нас є можливість

реалізовувати наші вироби приблизно на 5% дешевше, тобто в середньому за 181000 грн. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що запропонована розробка буде користуватися попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження модернізації дільниці механічної обробки. Після цього високою є ймовірність, що конкуренти також проведуть модернізацію свого обладнання, що дозволить їм скоротити собівартість виготовлення масляних насосів.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 травня 2023 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2023-го, 2024-го, 2025-го та 2026-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 450 шт.;

2-й рік після впровадження (2024 р.) – приблизно 300 шт.;

3-й рік після впровадження (2025 р.) – приблизно 300 шт.;

4-й рік після впровадження (2026 р.) – приблизно 240 шт.

У 2027 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

Розрахуємо очікуване збільшення прибутку $\Delta\Pi_i$, що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n \Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100), \quad (5.13)$$

де ΔC_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є зменшення ціни нового виробу, грн.; ми домовилися, що $\Delta C_0 = 8000$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки; було встановлено, що $N = 450$ шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

C_0 – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.; $C_0 = 190000$ грн;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2021 році ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати $\rho = 0,2 \dots 0,3$; візьмемо $\rho = 0,25$;

ϑ – ставка податку на прибуток. У 2023 році $\vartheta = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора $\rho \Pi_1$ протягом першого року від реалізації нашої розробки (2022 р.) складе:

$$\Delta \Pi_1 = (450 \cdot 8000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 614754 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_2 = (300 \cdot 8000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 409836 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_3 = (300 \cdot 8000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 409836 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta \Pi_4 = (240 \cdot 8000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 327870 \text{ (грн.)}$$

5.11 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування нашої розробки потенційним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених в розробку інвестицій та термін їх окупності.

Розраховуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{абс}$. Для цього користуються формулою:

$$E_{абс} = \text{ПП} - \text{PV}, \quad (5.14)$$

де $ПП$ – приведена вартість всіх чистих прибутків від реалізації результатів розробки, грн.;

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків $ПП$ розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (5.15)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої роботи, грн.;

t – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої наукової роботи, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні. Для України приймемо, що $\tau = 0,10$ (або 10%);

t – період часу (в роках) від моменту отримання прибутків до точки „0”. Якщо $E_{abc} > 0$, то результат від впровадження нашої розробки буде збитковим і вкладати кошти в розробку ніхто не буде. Якщо $E_{abc} < 0$, то результат від впровадження нашої розробки принесе прибуток і вкладати кошти в дану розробку в принципі можна.

Тоді приведена вартість всіх можливих чистих прибутків $ПП$, що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$ПП = \frac{614754}{(1+0.1)^2} + \frac{409836}{(1+0.1)^3} + \frac{409836}{(1+0.1)^4} + \frac{327870}{(1+0.1)^5} = 1299474 \text{ (грн.)}$$

Абсолютна ефективність нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) складе:

$$E_{abc} = 1299474 - 401282 = 897646 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів нашої розробки може бути доцільним.

Але це ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлене у фінансуванні даного проекту. Він буде зацікавлений це роботи тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

Для цього розрахуємо відносну ефективність E_e вкладених у розробку коштів. Для цього скористаємося формулою:

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{abc} / PV} - 1, \quad (5.16)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{abc} = 897646$ грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 401282$ грн.;

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + 897646 / 401282} - 1 = 0,27 = 27\%.$$

Далі визначимо ту мінімальну дохідність, нижче за яку кошти в розробку нашого проекту вкладатися не будуть.

У загальному вигляді мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування τ_{\min} визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.17)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2022 році в Україні $d = (0,08...0,16)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,2)$, але може бути і значно більше. Для нашого випадку отримаємо:

$$\tau_{\min} = 0,12 + 0,10 = 0,22 \text{ або } \tau_{\min} = 22\%.$$

Оскільки величина $E_v = 27\% > \tau_{\min} = 22\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій розраховується за формулою:

$$T_{ок} = 1/E_v$$

$$T_{ок} = 1/0,27 = 3,7.$$

Тобто у інвестора, на нашу думку, може виникнути зацікавленість вкладати гроші в дану розробку, оскільки він може отримати більші доходи, ніж якщо просто покладе свої гроші на депозит у комерційному банку.

5.12 Висновки до розділу

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на модернізацію ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 3,7 років.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи – «Гідропривод мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт». Під час дослідження можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори: рухомі частини виробничого обладнання, ріжучі інструменти, пристосування для закріплення оброблюваної деталі, оброблювана деталь, висока температура поверхні оброблюваних деталей та інструменту, стружка, пил і шкідливі аерозолі оброблюваних матеріалів, підвищена напруга або статична електрика, шум та вібрація верстатів, недостатнє освітлення робочої зони, мастильно-охолоджуючі рідини, фізичні перевантаження, перенапруження зору, монотонність праці.

6.1 Технічні рішення з безпечного виконання робіт

6.1.1 Вимоги безпеки до робочого місця та обладнання

Загальні вимоги безпеки, які висуваються до металообробних верстатів, визначені державним стандартом, а додаткові вимоги, викликані особливостями їх конструкції та умов експлуатації, вказуються в нормативно-технічній документації на верстати.

Захисні пристрої, огорожуючі зону обробки, повинні захищати працюючого від стружки і змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР). Конструкція захисних пристроїв не повинна обмежувати технологічних можливостей верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, а при відкриванні — не забруднювати підлогу змащувально-охолоджувальною рідиною. У всіх випадках кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним і не допускати самовідкривання.

Автомати та напіваавтомати обладнають автоматичним блокуванням, що не допускає включення робочого циклу при відкритому захисному кожусі, якщо це може призвести до травмування. Поверхні захисних кожухів, як і самих

верстатів, органів управління, верстатних приладдя і пристосувань, не повинні мати гострих країв і задирок, які можуть травмувати працюючого.

Оглядові вікна в захисних пристроях (екранах) повинні виготовлятися з прозорого спеціального матеріалу в кілька шарів загальною товщиною не менше 10 мм.

Пруткові токарні автомати і пруткові револьверні верстати слід по всій довжині прутків оснащати огороженнями, що мають шумопоглинаючі пристрої.

6.1.2. Електробезпека

Класифікація приміщень за категоріями електробезпеки залежно від мікроклімату виробничих будівель. Допустимими визнаються умови праці у будівлях, де відносна вологість повітря не перевищує 60%, температура повітря не перевищує 35 °С, а пил та хімічно агресивне середовище – відсутні. За таких умов праці мікроклімат вважається сухим. Вологими називаються умови роботи, де відносна вологість повітря становить від 60% до 75%. Сирі – це такі умови, які характеризуються відносною вологістю повітря в будівлі більшою за 75%. Особливо сирі умови – це умови, із майже стовідсотковою відносною вологістю повітря. Гарячими умовами праці є становище, при якому температура повітря перевищує 35 °С. Запиленими визнаються умови, при яких виділяється велика кількість виробничого пилу, внаслідок чого він може залишатись на зовнішніх поверхнях або навіть проникати у середину обладнання чи апаратів. До умов праці з хімічно активним середовищем відносять умови, при яких у повітрі протягом тривалого часу залишаються гази або краплі рідин, які негативно впливають на ізолюючі властивості і струмопровідні елементи електричних інструментів.

Класифікація приміщень за рівнем електробезпеки Відповідно до ПУЕ, усі промислові приміщення (цехи, майстерні, склади) за ступенем ймовірності ураження електричним струмом можна розділити на три категорії: Будівлі з підвищеною небезпекою До цього типу будівель належать споруди, в яких наявний принаймні один із таких факторів: сирі приміщення, відносна вологість

в яких протягом тривалого часу перевищує 75%; приміщення, в яких пил покриває провідники, забивається всередину машин та обладнання; приміщення зі струмопровідними підлогами (металевими, земляними, цегляними, залізобетонними); приміщення, в яких середня температура повітря зазвичай перевищує +30 °С; приміщення, в яких існує ймовірність одночасного торкання співробітника до зовнішніх елементів електричного устаткування і заземлених металевих конструкцій будівель, технологічного обладнання тощо.

Будівлі з особливо небезпечними умовами Ці будівлі характеризуються як дуже сирі приміщення зі стовідсотковою відносною вологістю. Стеля, стіни, підлога, устаткування у таких приміщеннях постійно вкриті тонким шаром крапель чи пліснявою. Слід бути вкрай обережними, оскільки при виконанні робіт з використанням електричної напруги на відкритому повітрі, всередині посудин, всередині непросохлих приміщень ймовірність ураження співробітників чи сторонніх осіб електричним струмом дуже висока. До будівель з особливо небезпечними умовами належать також споруди з хімічно активним середовищем, яке завдяки своїм властивостям завдає шкоду ізоляції та електричним матеріалам. Окрім того, будівлі, які мають одночасно дві або більше ознаки приміщень з підвищеною небезпекою так само належать до будівель із особливо небезпечними умовами.

Будівлі без факторів збільшеної небезпеки До цієї категорії належать будівлі, в яких немає жодної з ознак, властивих приміщенням з підвищеною або особливою небезпекою.

Безпечні умови електробезпеки в робочому приміщенні потрібно підтримувати режимом вологості повітря на рівні 60%, для того щоб приміщення було сухим, та температуру повітря не вище 35°C. Виконати необхідні заходи у вигляді захисного занулення і заземлення.

6.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Метеорологічні умови виробничих приміщень (санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042–99) можна оцінювати за сукупністю таких факторів, як температура (t , °C), відносна вологість (ϕ , %), швидкість руху повітря (V , м/с) та величина інтенсивності теплового опромінення (E , Вт/м²).

За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичної умови поділяють на оптимальні та допустимі. Оптимальні мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності [20-22]. Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні теплові відчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності [22].

Категорія робіт – розмежування робіт за важкістю на основі загальних енерговитрат організму [22]. Легкі фізичні роботи (категорія І) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 105–140 Вт (90–120 ккал/год.) – категорія Іа та 141–175 Вт (121–150 ккал/год.) – категорія Іб. До категорії Іа належать роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження. До категорії Іб належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням.

Визначаємо категорію робіт, як Іб. Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [23, 24].

Допустимі параметри мікроклімату наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість	Швидкість руху, X
		Верхня межа	Нижня межа		
		Верхня межа	Нижня межа	Допустима	Допустима
Холодний	Іб	20-24	17-25	75	не більше 0,2
Теплий		21-28	19-30	55 при 27 °С	0,1-0,3

Необхідно обладнати виробниче приміщення необхідними кліматичним приладами. Вжити заходів з енергоефективності будівлі.

6.2.2. Склад повітря робочої зони

При виконанні даного виду робіт існує небезпека виділення шкідливих речовин у повітря та надлишку пилу, тому потрібен контроль за складом повітря робочої зони та при збільшенні допустимих норм проводити заходи, щодо усунення надлишку шкідливих речовин.

Необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні; застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану; не нехтувати регулярним прибиранням робочого приміщення. Обов'язково проводити роботи в засобах індивідуального захисту.

6.2.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 [25] Система природного освітлення відноситься до бокової. Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 6.2:

Таблиця 6.2 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, Лк		КПО, %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0	IV	б	середній	середній	200	500	4	1,5	2,4	0,9

Необхідно вчасно замінювати лампи та світильники, що вийшли з ладу та слідкувати за чистотою скла вікна.

6.2.4 Виробничий шум

Звук або шум виникає при механічних коливаннях у твердих, рідких та газоподібних середовищах. Звуки, що передаються будівельними конструкціями, називаються структурними, а ті що поширюються у повітряному середовищі, прийнято називати повітряним шумом. Будь-який небажаний звук називають шумом. Шум шкідливий для здоров'я, зменшує працездатність, підвищує рівень небезпеки. Тому необхідно передбачати заходи захисту від шуму. А для цього потрібно володіти відповідними знаннями. Як правило, шум нас дратує: заважає працювати, відпочивати, думати. Але шум може впливати і позитивно. Такий вплив на людину чинить, наприклад, шелест листя дерев, помірний стукіт дощових крапель, рокіт морського прибою. Позитивний вплив спокійної приємної музики відомий з давніх часів. Тому різноманітні оздоровчі процедури супроводжуються спокійною симфонічною або блюзовою музикою.

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є ДСН 3.3.6.037-99 [26, 27]. За цими нормами рівень шуму не може перевищувати 65 Дб.

Оскільки при виконанні робіт шум може перевищувати нормовані значення в 2 рази, пропонуються такі способи боротьби з шумом механічного походження та вібрацією: зменшення шуму та вібрації безпосередньо в джерелах їх виникнення, застосовуючи обладнання, що не утворює шуму, замінюючи ударні технологічні процеси безударними, застосовуючи деталі із матеріалів з високим коефіцієнтом внутрішнього тертя (пластмаса, гума, деревина та ін), підшипники ковзання замість кочення, косозубі та шевронні зубчасті передачі замість прямозубих, проводячи своєчасне обслуговування та ремонт елементів, що створюють шум та ін.; зменшення шуму та вібрації на шляхах їх розповсюдження заходами звуко- та віброізоляції, а також вібро- та звукопоглинання; зменшення шкідливої дії шуму та вібрації, застосовуючи індивідуальні засоби захисту та запроваджуючи раціональні режими праці та відпочинку.

6.2.5. Електромагнітні випромінювання

Електромагнітні поля мають потужний вплив на людський організм. Вони негативно впливають майже на усі системи організму. Тому треба створювати певні методи захисту від їх дії. Найпоширенішими з таких методів є такі:

- зменшення щільності потоку енергії, якщо дозволяє даний технологічний процес або обладнання.
- захист часом (тобто обмеження часу знаходження у зоні джерела ЕМП).
- захист відстанню.
- екранування робочого місця чи джерела.
- раціональне планування робочого місця.
- застосування засобів попереджувальної сигналізації.
- застосування засобів особистого захисту.

Для зменшення впливу електромагнітних полів на персонал, який знаходиться у зоні дії деяких радіоелектронних засобів необхідним є ряд захисних заходів: організаційні, інженерно-технічні та лікувально-профілактичні.

На етапі проектування взаємне розміщення об'єктів має бути забезпечено таким чином, щоб інтенсивність опромінення була мінімальною. Також треба заздалегідь попіклуватися про зменшення часу перебування персоналу у зоні опромінення. Потужність джерел випромінювання повинна бути найменшою з можливих.

6.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори небезпеки – чинники, обумовлені особливостями фізіології та психології людини, що можуть завдати їй шкоди за певних обставин.

Небезпечні та шкідливі психофізіологічні виробничі чинники залежно від характеру дії поділяють на такі групи:

- фізичні перевантаження (статичні, динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (розумові перевантаження, перевантаження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження)

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [27].

Оптимальні умови праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

Зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом;

Сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій;

Розподіл функцій за ступенем складності завдання - обробка, контроль, перевірка завдання.

Сенсорні навантаження:

Зосередження (%за зміну) – до 50%;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 150;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;

Навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25%.

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці:

Тривалість робочого дня – більше 8 год;

Змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

6.3 Склад сил та засобів ЦЗ об'єкта.

Організація виконання завдань ЦЗ покладається на начальника ЦЗ об'єкта, яким призначається її керівник. Він несе особисту відповідальність за постійну готовність об'єкта до стійкого функціонування в умовах мирного і воєнного часу, за забезпеченість засобами колективного й індивідуального захисту працівників, а також за їх підготовку до захисту та дій в умовах НС. За обсягом покладених функцій начальник ЦЗ приймає рішення щодо їх безумовного виконання.

Для планування заходів ЦЗ, підтримки в готовності до дій сил та засобів ЦЗ, працівників, керівництва формуваннями ЦЗ під час підготовки і виконання завдань на кожному об'єкті створюються органи управління ЦЗ на правах уповноважених структурних підрозділів або призначаються окремі штатні працівники. До їх складу входять: штаб, комісія з питань НС, евакуаційна

комісія. Штаб цивільного захисту об'єкта – це уповноважений начальником ЦЗ структурний підрозділ, який є постійним органом управління, діяльність якого спрямована на вирішення завдань у сфері запобігання НС, захисту від них працівників. Штаб здійснює своєчасне планування, організацію всебічної підготовки і контроль стану ЦЗ.

Начальником штабу призначається перший заступник керівника. Начальник штабу відповідає за своєчасне планування підготовки ЦЗ, контролює виконання планових і поточних завдань ЦЗ, своєчасне доведення до виконавців рішень начальника ЦЗ та здійснює контроль за їх виконанням. Він також несе особисту відповідальність за постійну готовність об'єкта до виконання заходів запобігання та реагування на НС. Комісія з надзвичайних ситуацій (КНС) є координуючим органом управління ЦЗ об'єкта. Вона розробляє рекомендації та пропозиції начальнику ЦЗ щодо складу сил і засобів, їх підготовки і застосування в НС. КНС у ході підготовки і виконання заходів формуваннями ЦЗ координує їх діяльність і організує взаємодію з органами місцевої влади та іншими об'єктами ЦЗ.

Головою КНС призначається один із заступників керівника. Евакуаційна комісія (евакокомісія) є органом управління ЦЗ об'єкта, який створюється з метою проведення заходів щодо організованого вивезення (виведення) працівників та майна з району постійного розташування об'єкта у разі прийняття рішення про його евакуацію у безпечний район розміщення у НС мирного часу та в особливий період. Головою евакокомісії призначається один із заступників керівника об'єкта. За наказом керівника об'єкта на базі існуючих спеціалізованих служб і підрозділів (будівельних, медичних, ремонтних, інформаційних та ін.) створюються служби і невоєнізовані формування ЦЗ (сили і засоби ЦЗ), з якими проводяться спеціальні навчання і тренування. Служби ЦЗ – це спеціалізовані служби, які виконують функції з організації і забезпечення заходів щодо запобігання НС, недопущення їх розповсюдження та мінімізації наслідків впливу їх уражаючих факторів.

До служб ЦЗ належать: служби оповіщення й зв'язку, оперативно-диспетчерського чергування, протипожежні, енергетичні, інженерні, комунально-технічні, матеріального забезпечення, медичні, технічні, транспортного забезпечення тощо. На них покладається виконання спеціальних заходів і забезпечення дій формувань під час евакуації, проведення рятувальних та інших невідкладних робіт. Керівництво службами здійснюється їх начальниками, що призначаються із числа керівників відділів, цехів, на базі яких існують ці служби. Невоєнізовані формування ЦЗ створюються для проведення конкретних видів невідкладних робіт у процесі запобігання і реагування на НС. Це групи людей, які об'єднані в підрозділи (загони, команди, групи, ланки, пости) та оснащені спеціальним обладнанням і майном, що функціонують як об'єктові формування без відриву від основної роботи. До роботи у складі невоєнізованих формувань об'єкта залучаються працездатні особи за винятком жінок, які мають дітей віком до 8 років, жінок-медиків, які мають дітей віком до 3 років, або осіб, що мають мобілізаційні приписи.

Кількість формувань за призначенням і чисельність їх особового складу визначаються рішенням начальника ЦЗ об'єкта з урахуванням: техногенних, природних та екологічних характеристик території, на якій розташований об'єкт ЦЗ; можливості виникнення і ймовірного характеру розвитку притаманних даному району НС; можливого обсягу ро- 19 біт; для даного об'єкта завдань та специфіки об'єкта ЦЗ. На об'єкті створюється загін невоєнізованих формувань ЦЗ. Цей загін призначений, як правило, для виконання завдань ЦЗ у різних режимах функціонування ЄСЦЗ. Наказом начальника ЦЗ командиром загону невоєнізованих формувань об'єкта призначається один із заступників керівника.

До невоєнізованих формувань ЦЗ об'єкта належать: розвідувальні, зв'язку, медичні, протирадіаційного і протихімічного захисту, матеріально-технічного забезпечення, протипожежні, інженерні, аварійно-технічні, автомобільні, охорони громадського порядку, зберігання і видачі засобів індивідуального захисту, утримання пунктів управління та засобів колективного захисту тощо. Ці формування готуються до виконання завдань ЦЗ на об'єкті, як правило, без

звільнення від основної роботи. Вони проходять спеціальне навчання і можуть періодично залучатися до участі у практичному відпрацюванні дій з ліквідації наслідків НС разом із територіальними формуваннями постійної готовності загального призначення та АРС. Командири невоєнізованих формувань призначаються наказом начальника ЦЗ.

ВИСНОВКИ

1. Виконано огляд схем гідроприводів та розподільної апаратури та визначити тенденції їх розвитку та напрямки вдосконалення.

2. На основі огляду типових гідросхем даних мобільних машин визначено, що гідроприводи машин оснащуються в основному дискретними розподільними елементами, а для регулювання швидкості руху встановлюються додаткові дросельні елементи, які можуть працювати в парі зі зворотними клапанами з ручним регулюванням пропускної можливості дроселів.

3. Розглянуті схеми гідроприводів мобільних машин для вантажно-розвантажувальних робіт розроблені за межами нашої держави показують чітку тенденцію, до диференціації елементів керування робочим органом та зменшення енергетичних втрат.

4. Запропонована принципова схема гідроприводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт з електрогідравлічним керуванням, яка може забезпечити такі основні функції:

- здійснення диференційоване керування потоками робочого органу;
- забезпечення герметизації порожнин робочих органів;
- забезпечення можливості перепуску робочої рідини під незначним тиском у бак при відключених гідродвигунах;
- відбір від кожного гідродвигуна незначного потоку робочої рідини для управління регульованим насосом або переливним клапаном; і
- можливість роботи з промисловим контролером.

5. Розроблено розрахункову схему та на основі неї математичну модель гідроприводу, яка включає рівняння нерозривності потоків для гідроліній, а також рівняння сил, що діють на рухомі елементи приводу.

6. На основі математичної моделі, були проведені дослідження перехідних процесів в гідроприводі.

7. Розглянуто вплив основних конструктивних параметрів керованого зворотного клапана на роботу гідроприводу;

8. Визначено вплив попереднього стиснення пружини H_L , величини площі відкриття дроселя f_3 та коефіцієнту в'язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів b_y на динамічні та статичні характеристики.

9. Визначено вплив попереднього стиснення пружини H_L та величини площі відкриття дроселя f_3 на стійкість роботи.

10. Встановлено, що розглядувані параметри мають неоднозначний вплив на динамічні та статичні характеристики і покращення їх можна досягти за рахунок вибору значень з наступних діапазонів:

$$H_L = 5..7 \cdot \text{мм}, b_y = 30..40 \text{ кг/с}, f_3 = 1..2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

11. При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на модернізацію ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 3,7 років.

12. Проведено аналіз умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ремарчук М.П. Зниження енерговитрат в механізмах переміщення мобільних машин / М.П. Ремарчук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – №17. – С. 86–92.
2. Скворчевский Е.А. Исследование функциональных возможностей гидроаппаратуры с электрическим пропорциональным управлением и областей ее применения в приводах /Е.А. Скворчевский // Вестник машиностроения. – 1988. – № 6. – С. 26-30.
3. Козлов Л.Г., Лозінський Д.О. Моделювання робочих процесів в гідроприводі із клапанно-золотниковим розподільником з пропорційним електрогідравлічним управлінням // Вісник донецького університету, Сер. А: Природничі науки– 2008.– № 2.– С. 156-161.
4. Заявка №U200900907 МПК₈ F15B 11/08. Гідропривод з пропорційним електрогідравлічним управлінням / Л.Г. Козлов, Д.О. Лозінський; заявл. 06.02.09.
5. Козлов Л.Г. Вдосконалення системи керування гідроприводів з LS-регулюванням: дис. ...канд. тех. наук: 05.02.02/Козлов Леонід Геннадійович.– Вінниця, 2000р. – 320 с.
6. Буренніков Ю.А. Оптимізація системи управління гідророзподільником з електрогідравлічним регулюванням / Ю.А. Буренніков, Л.Г. Козлов, Д.О. Лозінський // Вісник Вінницького політехнічного інституту.–2005. – № 6.– С.225-229.
7. Лозінський Д.О. Гідропривод мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт / Д.О. Лозінський, Н.Д. Бакалейнік, О.І. Кавецький // Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023) м. Вінниці (вересень 2022 р.). Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/paper/download/16844/14035>
8. Пат. 6.588.187 В2 США, А01D 75/28. Harvester row unit height control with electrohydraulic proportional valve structure / Jonathan Lee Engelstad (США), Robert

Carl Blad (США), James William Riesterer (США); Deer and Company (США). – Оpubл. 07.08.2003; Приоритет 12.05.2002 (США). – 7 с.

9. Пат. 4.569.273 США, F16B 9/32. Three-way proportional valve / Gerald C. Anderson, Kenneth F. Frank; Dynex/Rivett Inc. – Оpubл. 02.11.1986. – 7 с.

10. - Пат. RE38.355 E США, F16D 31/02. Electrohydraulic control device for double-acting consumer / Hartmut Sandau (Германия); Robert Bosch GmbH (Німеччина). – Оpubл. 12.23.2003; Приоритет 06.22.1995 (Німеччина). – 17 с

11. Jones J. C. Developments in design of electrohydraulic control valves from their initial design concept to present day design and applications /J. C. Jones, BE (Hons) Monash // Technical Services Manager, Moog Australia PTY LTD. –Workshop on Proportional and Servovalves –Melbourne, Australia.–1997.– 19p.

12. Пат. 6.837.045 США, F16D 31/02. Electrohydraulic lifting control device for industrial trucks / Martin Heusser (Німеччина); Hawe Hydraulic GmbH and Co. KG (Німеччина). – Оpubл. 01.04.2005; Приоритет 06.03.2002 (Німеччина). – 10 с.

13. Andersson B. Entwicklung eines lastdruckkompensirtem Load-Sensing Wwgeventils mit stetig wirkenden 2-Wege-Einbauventilen / B. Andersson // Aachener Fluidtechnisches Kollokvium.– 1984.– P.255 – 250.

14. - Rong Zhang, Andrew G Alleyne Performance limitations of class of two-stage electro-hydraulic flow valves / Rong Zhang, Andrew G Alleyne // International Journal of Fluid Power. – 2002. – P.21 – 27.

15. Пат. 4.290.447 США, F15B 13/043. Electrohydraulic proportional valve / Dale Knutson; Dynex/Rivett Inc. – Оpubл. 09.22.1981. – 11 с..

16. Л.Г. Козлов, Д.О. Лозінський Використання інтегрованого комплексу пакетів MATLAB та КОМПАС для оптимізації електрогідравлічного розподільника // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія – 2005.– № 2. – С. 95–100.

17. Черных И.В. Simulink: среда создания инженерных приложений. – Диалог-МИФИ, 2003.

18. Економіка та організація виробничої діяльності підприємства. Частина І. Економіка підприємства-Небава М.І., Адлер О.О., Лесько О.Й.-НП-Вінниця, ВНТУ, 2011-117 с.

19. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

20. НАКАЗ від 16.10.2013 № 749 Про затвердження Правил охорони праці під час холодного оброблення металів. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1871-13#Text>

21. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

22. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

23. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

25. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**ГІДРОПРИВОД МОБІЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ВАНТАЖНО-
РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ**

(Назва магістерської кваліфікаційної роботи)

Мета та задачі роботи

Метою роботи є розробка гідравлічного приводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних операцій.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

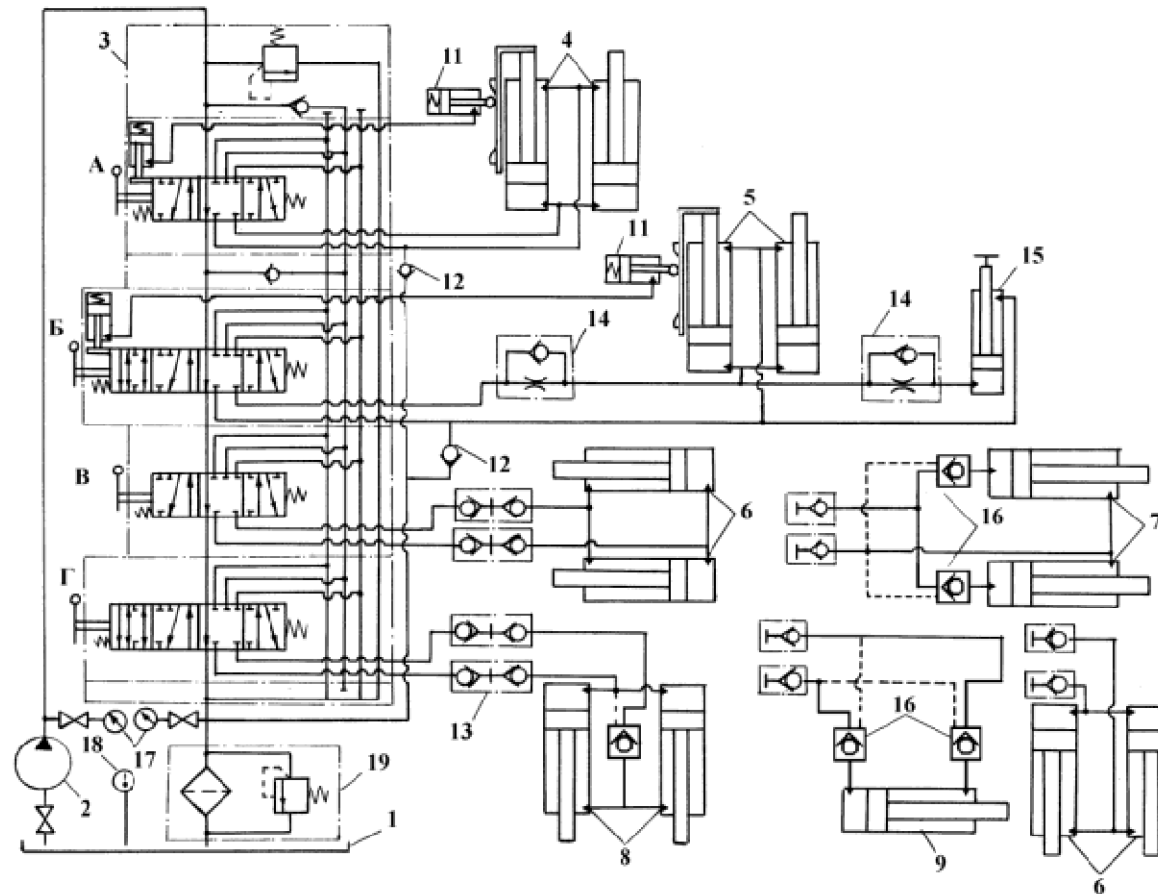
- виконати огляд схем гідроприводів та розподільної апаратури та визначити тенденції їх розвитку та напрямки вдосконалення.
- Запропонувати принципову схему гідроприводу мобільної машини для виконання вантажно-розвантажувальних операцій.
- Розробити математичну модель гідроприводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних операцій.
- Виконати розрахунок математичної моделі на основі програмного засобу MATLAB-Simulink.
- Розрахувати статичні та динамічні характеристики гідроприводу мобільної машини для виконання вантажно-розвантажувальних операцій.
- Розробити рекомендації щодо вибору конструктивних параметрів для покращення статичних та динамічних характеристик
- провести розрахунок та аналіз економічної доцільності виготовлення деталі;
- провести аналіз умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – гідропривод мобільної машини для вантажно-розвантажувальних операцій.

Предмет дослідження – робочі процеси в гідроприводі мобільної машини для вантажно-розвантажувальних операцій



Мобільні машини для вантажно-розвантажувальних робіт



Гідравлічна схема фронтального навантажувача

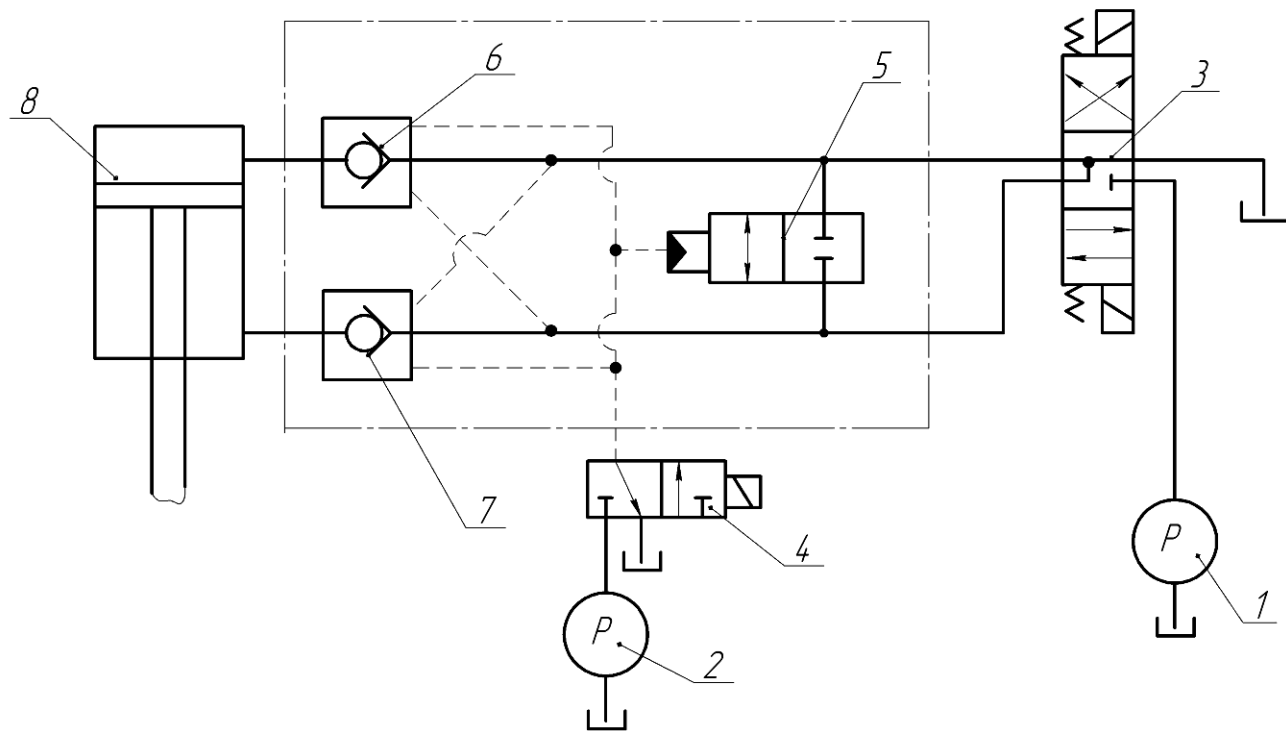
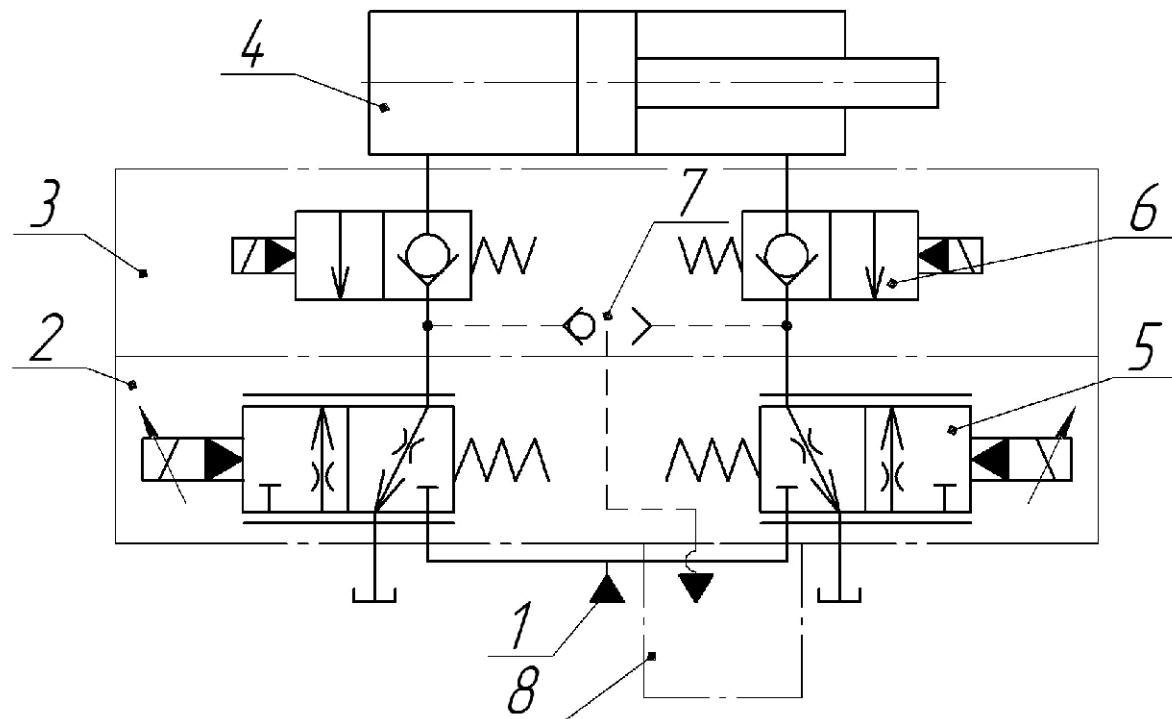
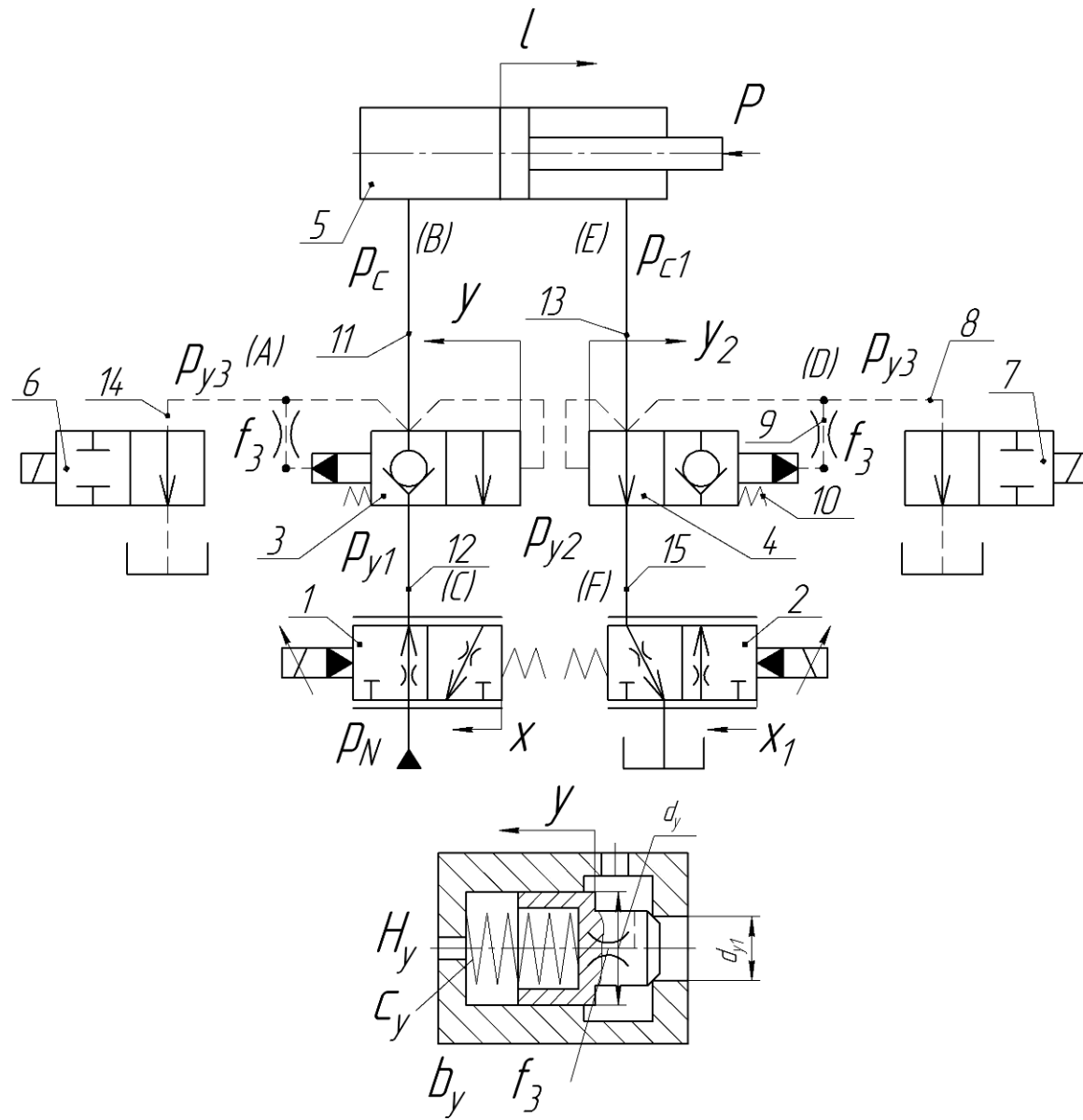


Схема гідроприводу для крано-маніпуляторної установки



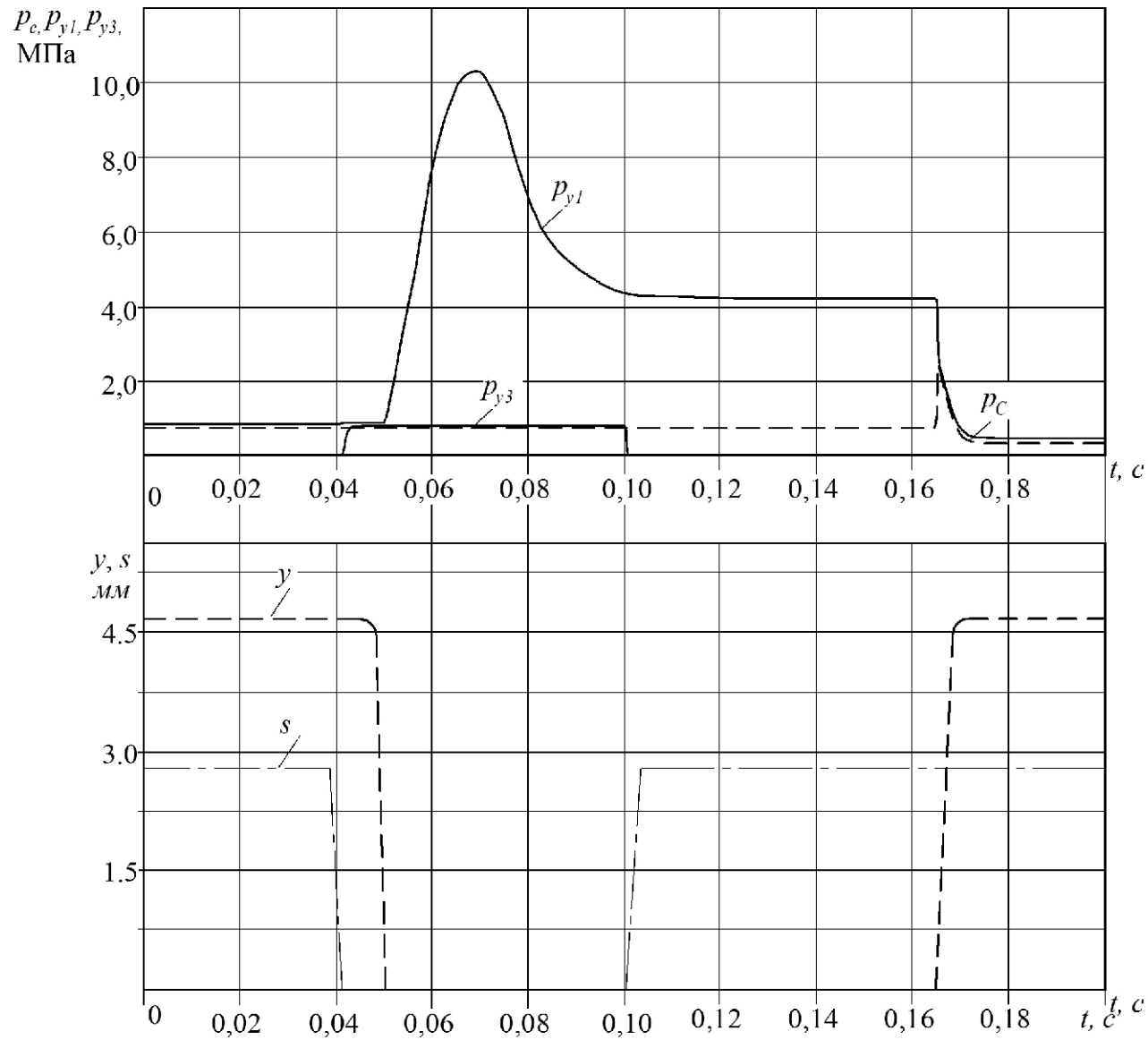
Принципова гідравлічна схема



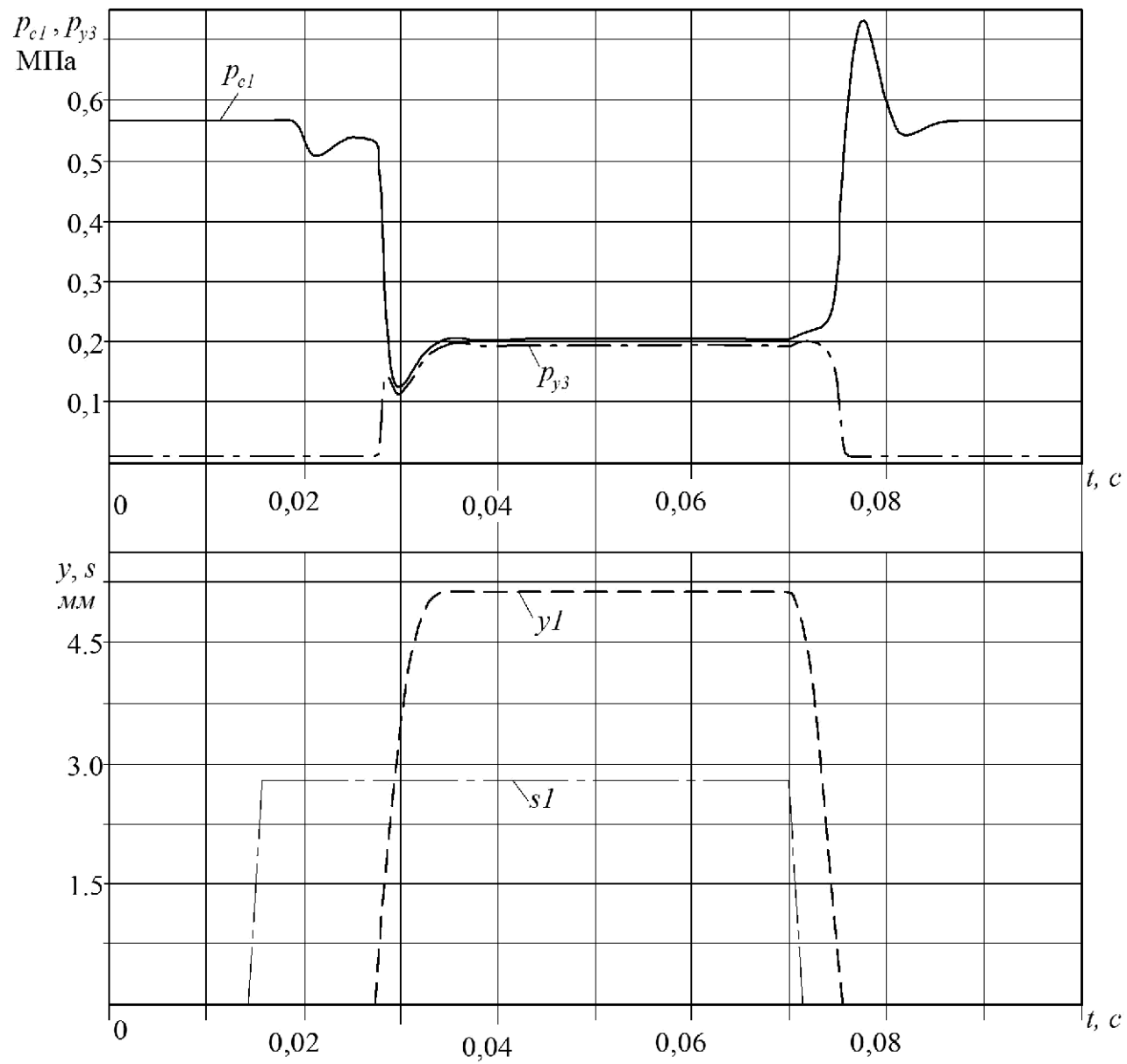
Розрахункова схема гідроприводу

$$\begin{aligned}
& \mu \cdot \pi \cdot d_x \cdot x \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_N - P_{y1}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_N - P_{y1}) = \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y' \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{y1} - P_C|}{\rho}} \times \\
& \times \text{sign}(P_{y1} - P_C) + \beta \cdot W_C \cdot \frac{dP_{y1}}{dt} \\
& \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{y1} - P_C|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_{y1} - P_C) = \frac{dl}{dt} \cdot \frac{\pi \cdot D_C^2}{4} + \\
& + \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_C - P_{y2}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_C - P_{y2}) + \beta \cdot W_B \cdot \frac{dP_C}{dt} \\
& F_{C1} \cdot \frac{du}{dt} = \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y_1 \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y_1 \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{C1}}{\rho}} + \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{C1} - P_{y3}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_{C1} - P_{y3}) + \\
& + \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{C1} - P_{y4}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_C - P_{y1}) + \beta \cdot W_E \cdot \frac{dP_{C1}}{dt} \\
& \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (y_1 \cdot \sin \gamma + 2 \cdot d_{y1}) \cdot y_1 \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{C1} - P_{y3}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_{C1} - P_{y3}) = \beta \cdot W_F \cdot \frac{dP_{y2}}{dt} + \\
& + \mu \cdot \pi \cdot d_x \cdot x_1 \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{y2}|}{\rho}} \\
& \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_C - P_{y2}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_C - P_{y1}) + \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |P_{C1} - P_{y2}|}{\rho}} \cdot \text{sign}(P_{C1} - P_{y2}) = \\
& = \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot (s \cdot \sin \delta + 2 \cdot d_{y2}) \cdot s \cdot \sin \frac{\delta}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{y2}}{\rho}} + \beta \cdot W_A \cdot \frac{dP_{y3}}{dt} + \beta \cdot W_D \cdot \frac{dP_{y3}}{dt} \\
& m_y \frac{dV_y}{dt} = P_{y1} \cdot F_{y1} - P_{y2} \cdot F_y + P_C (F_y - F_{y1}) - C_y \cdot (H_y + y) - b_y \frac{dy}{dt} - T_y \\
& m_y \frac{dV_{y1}}{dt} = P_{y3} \cdot F_{y1} - P_{y4} \cdot F_y + P_{C1} (F_y - F_{y1}) - C_y \cdot (H_y + l_y) - b_y \frac{dy_1}{dt} - T_{y1} \cdot \text{sign} \frac{dy_1}{dt} \\
& m_c \frac{dV_l}{dt} = P_C \cdot F_C - P_{C1} \cdot F_{C1} - P - b_c \frac{dl}{dt} - T_C \cdot \text{sign} \frac{dl}{dt}
\end{aligned}$$

Система рівнянь математичної моделі

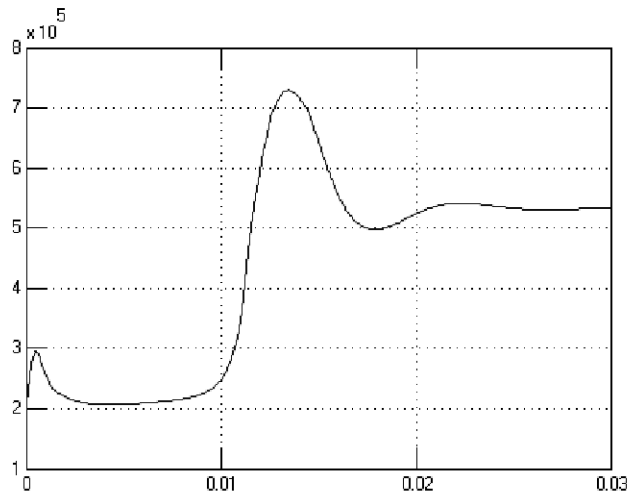


Перехідні процеси під час вмикання та вимикання керованого зворотного клапана 3

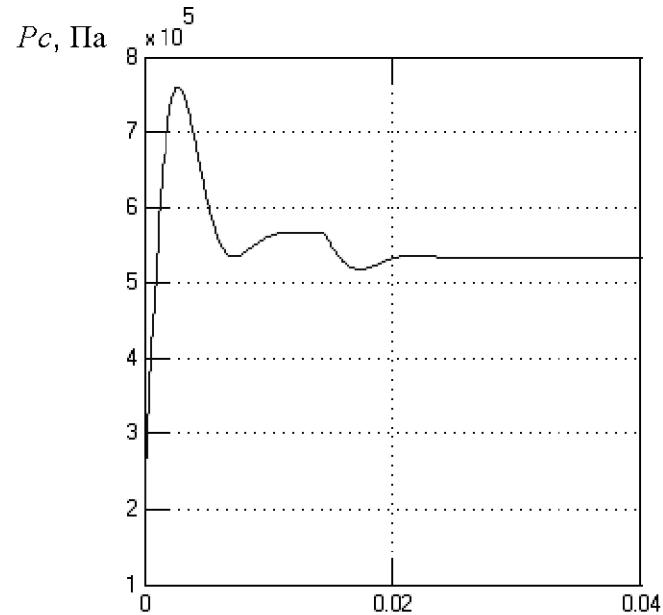


Перехідні процеси в розподільнику під час вмикання та вимикання керованого зворотного клапану 4

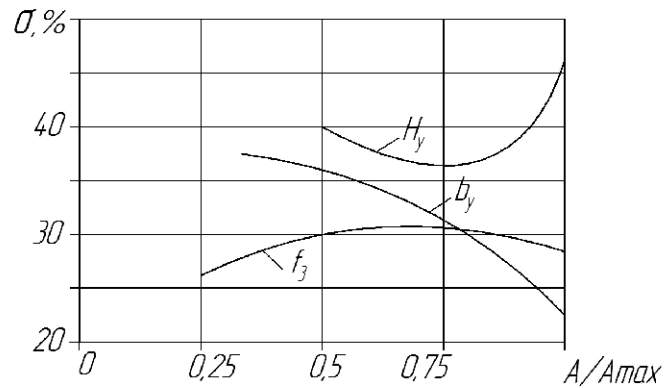
P_c , Па



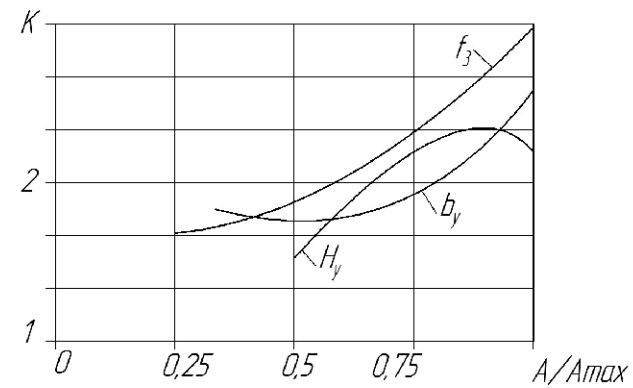
Перехідний процес тиску P_c при попередньому стисненні пружини клапана 5 мм



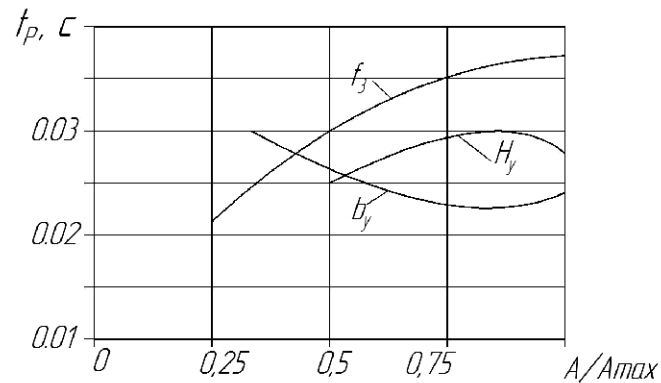
процес тиску P_c при попередньому стисненні пружини клапана 12 мм



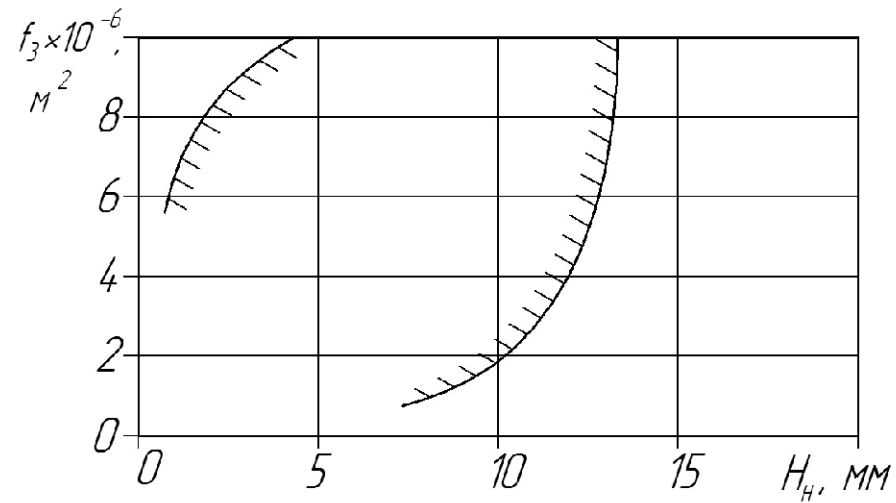
Вплив попереднього стиснення пружини H_L , величини площі відкриття дроселя f_3 та коефіцієнту в'язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів b_y на перерегулювання



Вплив попереднього стиснення пружини H_L , величини площі відкриття дроселя f_3 та коефіцієнту в'язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів b_y на коливальність



Вплив попереднього стиснення пружини H_L , величини площі відкриття дроселя f_3 та коефіцієнту в'язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів b_y на час регулювання



Вплив попереднього стиснення пружини H_L та величини площі відкриття дроселя f_3 на стійкість роботи гідроприводу

ВИСНОВКИ

1. Виконано огляд схем гідроприводів та розподільної апаратури та визначити тенденції їх розвитку та напрямки вдосконалення.
2. На основі огляду типових гідросхем даних мобільних машин визначено, що гідроприводи машин оснащуються в основному дискретними розподільними елементами, а для регулювання швидкості руху встановлюються додаткові дросельні елементи, які можуть працювати в парі зі зворотними клапанами з ручним регулюванням пропускної можливості дроселів.
3. Розглянуті схеми гідроприводів мобільних машин для вантажно-розвантажувальних робіт розроблені за межами нашої держави показують чітку тенденцію, до диференціації елементів керування робочим органом та зменшення енергетичних втрат.
4. Запропонована принципова схема гідроприводу мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт з електрогідролічним керуванням, яка може забезпечити такі основні функції:
 - здійснення диференційоване керування потоками робочого органу;
 - забезпечення герметизації порожнин робочих органів;
 - забезпечення можливості перепуску робочої рідини під незначним тиском у бак при відключених гідродвигунах;
 - відбір від кожного гідродвигуна незначного потоку робочої рідини для управління регульованим насосом або переливним клапаном; і
 - можливість роботи з промисловим контролером.
5. Розроблено розрахункову схему та на основі неї математичну модель гідроприводу, яка включає рівняння нерозривності потоків для гідроліній, а також рівняння сил, що діють на рухомі елементи приводу.
6. На основі математичної моделі, були проведені дослідження перехідних процесів в гідроприводі.
7. Розглянуто вплив основних конструктивних параметрів керованого зворотного клапана на роботу гідроприводу;
8. Визначено вплив попереднього стиснення пружини HL , величини площі відкриття дроселя f_3 та коефіцієнту в'язкого демпфування клапанних елементів керованих зворотних клапанів b_y на динамічні та статичні характеристики.
9. Визначено вплив попереднього стиснення пружини HL та величини площі відкриття дроселя f_3 на стійкість роботи.
10. Встановлено, що розглядувані параметри мають неоднозначний вплив на динамічні та статичні характеристики і покращення їх можна досягти за рахунок вибору значень з наступних діапазонів:
 $HL = 5..7 \cdot \text{мм}$, $b_y = 30..40 \text{ кг/с}$, $f_3 = 1..2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.
11. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 1,3 років.
12. Проведено аналіз умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Гідропривод мобільної машини для вантажно-розвантажувальних робіт»

Тип роботи: МКР
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 99,6% Схожість 1,4%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Сердюк О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____ Бакалейнік Н.Д.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Лозінський Д.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)